

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Hamma Lakhdar d'El-Oued

Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique & de Génie Civil



MEMOIRE

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme du Master professionnel
en Hydraulique**

Option: *Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement*

**THEME : Protection des Agglomérations de la Commune de STILL Contre
les Inondations de l'OUED ITTEL Wilaya d'ELOUED**

Présenté par:

**-KELLAL MED KHALIFA
-AMAMRA ALI**

Jury:

**D_r. ALI GHOMRI.....Président
Abderrahmane chelbi Examineur
ZAIZ ISSAMPromoteur**

PROMOTION 2017

ملخص

في عملنا هذا قمنا بدراسة من أجل حماية تجمعات بلدية سطيل من الفيضانات . مكنتنا هيدرولوجية بدراسة قمنا مناخية، و طبوغرافية، هيدروغرافية معطيات و دراسات أساس على من بلدية سطيل لحماية الموجهة الري منشآت تسمح بتصميم التي الخصائص معظم اقتناء من وأخيرا قمنا بإنجاز المشروع مع كافة المنشآت الأساسية والثانوية فتحصلنا على مشروع . الفيضانات قابل للإنجاز وملائم لحماية منطقة الدراسة من الفيضانات
كلمات مفتاحية : فيضانات، طوفان، مياه الأمطار، حماية، سطيل.

Résumé :

Notre travail a pour objet de faire une étude de Protection contre les inondations des agglomérations de la commune de STILL.

Sur la base des données du milieu physique topographique, morpho-métriques et climatiques, une étude hydrologique a été engagée et a permis de déterminer l'ensemble des paramètres servant à la conception et aux dimensionnements des ouvrages de protection de la commune de Still contre les Inondations . A l'issue de ce travail nous avons abouti à un projet réalisable qui paraît être le plus adapté pour garantir la protection de la zone d'étude contre les inondations.

Mots clés : Inondations, crues, eaux pluviales, protection, Still.

Abstract:

Our work has the aim of making a study of Protection against the floods of the agglomerations of the municipality of STILL.

Based on studies in the physical, topographic, morphometric and climatic , an hydrological study have been initiated, and have allowed to determine all of the parameters for the design and dimensioning of the protection works of the municipality of Still against the Floods.

In the end of this work we ended to a realizable project which appears more to be adapted to guarantee the protection of the study area of Still against the floods.

Keywords: Flood, Flooding, Rainwaters, Protection, Still.c

Remerciements

Nous commençons par remercier dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Nous remercions également nos professeurs pour la qualité de l'enseignement qu'ils m'ont prodigué au cours de l'année à l'université d'échahid Hamma lakhdar à El oued.

Nous remercions tout particulièrement monsieur le chef du département Mr. Dr khachana salim et tous le staff administratif .

Nos plus vifs remerciements vont à notre encadreur ZAIZ ISSAM pour avoir accepté de nous encadrer et nous diriger tout au long de la réalisation de ce projet, et pour Tous les conseils instructifs et judicieux et leur disponibilité.

A tous les enseignants du département d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.

Amamra Ali

Kellal Med Khalifa

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

- *A l'esprit de ma mère : Fatma et l'esprit de mon père : Tedjani pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard;*
- *A ma femme : Leila ;*
- *A mes fils et mes filles : Younes, Oussama, Amina, Akram, Tasnim et Rahile ;*
- *A tous mes frères et mes sœurs ;*
- *A tous mes amis, sans exception.*

Amamra Ali

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

- *A ma mère et l'esprit de mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard;*
- *A ma femme : hafsa ;*
- *A toute Mes fils ;*
- *A tous mes amis, et collègues sans exception.*

Kellal Med Khalifa

Liste des figures

Figure I.1 : Lit mineur d'un cours d'eau	03
Figure I.2 : Lit moyen d'un cours d'eau (Ledoux, 2006).	04
Figure I.3 : Lit majeur d'un cours d'eau (Ledoux, 2006)	04
Figure I.4 : Inondation du 10/11/2001 à Bab El-Oued (Alger).	09
Figure I.5 : Inondations en Algérie (Alger, 11/2001)	09
Figure I.6 : Inondations en Ghardaïa (10/2008).	09
Figure I.7 délimitée administrativement	16
Figure II-1 : zone touché par la levée topographique	17
Figure II-2 : représentation de la zone après le traitement « Mapinfo »	18
Figure II-3 : représentation en 3D de la zone après le traitement « Vertical mapper »	19
Figure II- 4 :L'érosion au niveau des berges,	22
Figure IV-1 Ouvrages gabions à gradins externes.....	99
Figure IV-2 Ouvrages gabions à gradins internes (ou à parement aval droit)	99
Figure IV-3 Ouvrages gabions à gradins internes (ou à parement aval droit)	100
Figure IV-4 Ouvrages gabions à gradins mixtes.....	100
Figure IV-5 Ouvrages gabions à semelle amont débordante.....	101
Figure IV-6 Epaulement de talus.....	101
Figure IV-7 Les murs en remblais renforcés	102
Figure IV-8 Vérification au glissement	102
Figure IV-9 Vérification au renversement/basculement.....	103
Figure IV-10 Vérification au poinçonnement.....	103
Figure IV-11 Stabilité générale.....	104
Figure IV-12 Rupture interne de l'ouvrage.....	104
Figure IV-13-poussée due à une surcharge uniforme.....	106
Figure IV-14 poussé de terre (caquot / kerisel)	107

Figure IV-15 Renforcement par le gabion.....	108
Figure IV-16 Mur en béton.....	108
Figure V-1 préparation des gabions.....	116
Figure V-2/ fil de ligature.....	118
Figure V-3 mur de soutènement	119

Liste des tableaux

Tableau n° :II-1 Composant de l'ère de Silurien.	27
Tableau n° :II-2 Composant de l'ère de Dévonien.	28
Tableau n° :II-3 les températures moyennes mensuelles enregistrées.....	33
Tableau n°:II-4Données d'observations des autres paramètres climatiques station de Biskra.	34
Tableau n° :II-5 les précipitations moyennes mensuelles enregistrées.....	35
Tableau n° :II-6 Les précipitations journalières extrêmes à la station de Biskra « ONM ».....	36
Tableau n° :II-7 Température moyennes mensuelles et précipitations moyennes.....	37
Tableau n° :II-8 Coefficient correctif " Kr ".....	39.
Tableau n° :II-9 Evolution du coefficient correctif mensuel " Km".....	39
Tableau n° :II-10 résultats de la méthode dite ANRH Penman.	39
Tableau n° :III-1 Superficie du bassin versant de l'oued Ittel.....	44
Tableau n° :III-2 La répartition altimétrique du bassin de « l'oued Fahama »	45
Tableau n° :III-3 La répartition altimétrique du bassin de « l'oued Zerba »	46
Tableau n° :III-4 La répartition altimétrique du bassin de « l'oued Besbas »	47
Tableau n° :III-5 La répartition altimétrique du bassin de « l'oued Ittel »	48
Tableau n° :III-6 Altitudes caractéristiques des bassins élémentaires d'oued ittel.....	51
Tableau n° :III-7 Altitudes caractéristiques des bassins élémentaires d'oued ittel.....	51
Tableau n° :III-8 Indices de compacité pour les bassins élémentaires d'oued ittel.....	57
Tableau n° :III-9 Indices des pentes pour les bassins élémentaires d'oued ittel.....	59
Tableau n° :III-10 Le réseau hydrographique en chiffres d'oued ittel.....	61
Tableau n° :III-11 Classification, longueur et nombre des cours d'eau du bassin.....	62
Tableau n° :III-12 Densité de drainage pour les bassins élémentaires d'oued ittel.....	63
Tableau n° :III-13 Temps de concentration pour les bassins élémentaires d'oued ittel.....	65
Tableau III-14: caractéristiques morphométrique des bassins versants :	67
Tableau n° III-15 les précipitations moyennes mensuelles enregistrées à la station de Biskra (1971-2004).(ANRH.Biskra in BOUMESSENEGHI 2006).	68

Tableau III-16 les précipitations journalières maximales enregistrées à la station de Biskra.....	69
Tableau.III.17 : Caractéristiques de la série avec N=20ans :	70
Tableau .III.18: résultat de l'ajustement a la loi de Gauss.	72
Tableau III.19. Pluies maximales de durée t (h) et de période retour.....	73
Tableau III.20. Apport moyen interannuel (A0) par la formule de l' ANRH.....	77
Tableau III.21. Evaluation des apports solides Formule de TIXERONT.....	77
Tableau III.22 : tableau renseigne la valeur du coefficient de forme F.	80
Tableau III.23 : Débits de crues par les différentes formules.....	80
Tableau n° :IV-1 Paramètres géométriques d'un canal à section rectangulaire.....	85
Tableau n° :IV-2 nature du lit /rugosité.....	85
Tableau n° :IV-3: Tronçons concernés par le curage	87
Tableau n° :IV-4: abaques et tableaux de dimensionnement	90
Tableau n° :IV-5 quelques techniques végétales en matériaux inertes.....	96
Tableau n° :IV-6: Quelques ordres de grandeur pour des sols non saturés en eau :	105
Tableau n° :IV-7: Pour comparaison, le poids volumique de certaines roches* :	106
Tableau n° : IV-8 Types d'aménagement.....	108
Tableau n° : V-9: Nature des Travaux à réaliser	111
Tableau n° : V-2: caractéristiques des structures du gabion.....	115

Liste des cartes

CARTE N°1 Les unités géologique d'Algérie.	25
CARTE N°2 carte géologique d'Algérie.....	26
CARTE N3 Les unités hydrogéologiques du Sahara algérien.	29
CARTE N4 carte des stations météorologiques.....	32
CARTE N5 Le réseau hydrographique principale et secondaire de oued ittel	40
CARTE N6 Le réseau hydrographique principale et secondaire de oued ittel	44
CARTE N°7 carte hypsométrique du sous bassin versant du oued ittel	49

Liste des courbes

Courbe 01 courbe hypsométrique des fréquences altimétriques du bassin versant de oued ittel.....	52
Courbe 2 courbe hypsométrique des fréquences altimétriques du bassin versant de OUED DE FAHAMA.....	53
Courbe 3 courbe hypsométrique des fréquences altimétriques du bassin versant de OUED DE ZERBA.....	54
Courbe 4 courbe hypsométrique des fréquences altimétriques du bassin	

versant de OUED DE BESBES..... 55

COURBE 5 : Profil en long des bassins versants élémentaires de oued ittel..... 66

COURBE 6: Coupe en profil de la zone concernée par les éventuels travaux d'aménagement**..... 88

Liste des planches

Planche 1: plan de situation..... XI

Planche 2: plan d'aménagement d'oued XII

Planche3: plan de curage d'oued XIII.

Planche 4: profil en long d'oued XIV

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE..... 01

CHAP I : Généralités sur les inondations

I-1)- Introduction : 02

I-2)- Les inondations : 02

 I-2-1)- Définitions : 02

 I-2-2)- Paramètres fondamentaux du cours d'eau : 03

 I-2-3)- Types d'inondations : 06

 I-2-4)- Causes des inondations..... 07

I-3)- Les inondations en Algérie : 07

I-4)- Gestion des inondations : 10

 I.4.1. La réglementation : 10

 I.4.2. La prévision : 10

 I.4.3. L'aménagement du bassin versant : 12

I-5)- Conséquences des inondations : 13

CHAP II. Données de base

II.1) - Introduction: 14

II -2) : Données naturelles du site : 14

 II.2.1) - Situation géographique : 14

 II.2.2)- Limitrophe : 14

 II.2.3)- Situation Topographie: 16

 a) le traitement des données : 17

 b) L'analyse des résultats : 20

 c)-Principales causes de la dégradation des berges..... 20

c-1)-Introduction.....	20
c-2)- Processus conduisant à la dégradation des berges.....	21
c-2-1)- Le pouvoir érosif de l'eau	21
c-2-2)- L'effet gravitaire	23
c-2-3)- La boulangerie.....	24
II.2.4)-Géologie du site	25
II.2.5)- Hydrogéologie de la région :	28
II-3) – Données climatiques :	31
II-3-1) – Choix de la station météorologique :	31
II-3-2) – Température:	33
II-3-3) – Autres facteurs climatiques :	34
II-4) – Pluviométrie :	35
II-5) – le régime climatique du bassin... ..	37
II-6) – L'évapotranspiration:	38
II-6-1) – Formule dite ANRH (1997) :	38
II-7) -Réseau hydrographique :	39

CHAP III : Etude hydrologique

III.1) - Introduction :	42
III.2) - Caractéristiques morpho métriques des bassins versants:.....	42
III.2-1) - Définition du bassin versant :	42
III.2-2) - La superficie du bassin :	43
III.2-3) - Caractéristiques des altitudes (hypsométrie)	45
III.2-4) - La forme des bassins : Indice de compacité.....	56
III.2-5) - Le système des pentes :	58
III.3) - Le réseau hydrographique :	59
III.3.1) - Présentation :	60

III.3.2) - Hiérarchisation du réseau	62
III.3.3) - Densité de drainage :	62
III.3.4) - Le temps de concentration :	63
a) Formule de GIANDOTTI :	64
b) Formule de CALIFORNIA:	64
c) Formule de KIRPICH :	64
d) Formule de VENTURA :	64
III.4)- Analyse des données pluviométriques :	68
III.4.1)- Pluie moyenne annuelle :	68
III.4.2)-Pluies maximales journalières	68
III. 4.3)- Caractéristiques de la série	69
III.4.4) :Choix de la loi d'ajustement :	70
III.4.5)- Pluies de courte durée :	72
III.5)-Les apports :	75
III.5.1)- Apports liquides :	75
III.5.1.1)- Apport moyen interannuel (A0) :	75
a). Formule de SAMIE:	75
b). Formule de DERY II:	75
c). Formule de MEDINGER:	75
d). Formule de CHAUMONT:	76
e). Formule de COUTAGNE:	76
f). Formule de TURC:	76
i). Formule de l' ANRH:	76
III.5.2)- Evaluation des apports solides	76
III.6)-Etude de crues	77
III.6.1)-Différentes méthodes d'évaluation des crues	77

a) Méthodes historiques	78
b) Méthodes empiriques :	78
c) Courbes enveloppes :	78
d) Méthodes probabilistes :	78
e) Méthodes déterministes :	78
f) Méthode de l'hydro gramme unitaire :	79
III.6.2)- Application sur le bassin versant :	79
III.6.2.1)- Formule de Turazza :	79
III.6.2.2) -Formule de Giandotti :	79
III.6.2.3) - Formule de Sokolovsky :	79
III.6.3)- Hydro grammes des crues :	81
III.7)- Conclusion :	82

CHAP IV: Méthodes de Protection

IV.1)- Introduction :	83
IV.2) - Calcul hydraulique :	83
IV.2.1)- Les conditions de l'écoulement uniforme :	83
IV.2.2) -Les formules principales de calcul :	83
IV.2.3)-Détermination de coefficient de Chézy :	83
1-formule de PAVLOVSKI :	84
2-formule d'AGROSKINE :	84
3- La formule de MANING-STRICKLER :	84
IV.3) - Méthodes proposées pour la protection	86
IV.3.1)-Curage du lit de l'Oued :	87
IV.3.2)-Reconstruction et protection des berges détruites:	89
IV.3.2.1)- Techniques lourdes	89

IV.3.2.2)- Techniques douces	94
IV.3.2.3)- Les différents types d'ouvrages de soutènement en gabions.....	99
IV.3.2.4)- Vérifications usuelles des ouvrages en gabions.....	102
IV.3.2.5)- Critères à prendre en compte dans le dimensionnement des gabions.	105
IV.3.2.6)- Actions proposées.....	108
IV.3.3)- Réaménagement des rejets de drainage agricole :	109
IV.3.4)- Adaptation des infrastructures existantes :	109

CHAP V : organisation de chantier

V.1)-Introduction :	110
V.2)-Installations du chantier :	110
V.2.1)- Installations destinées au personnel :	110
V.2.2)- Installations destinées au stockage des matériaux :	110
V.2.3)- Installations destinées à la réparation des engins :	110
V.2.4)- Installations pour la préfabrication :	110
V.3)- Technologie des principaux travaux :	111
V.4)- Mode d'exécution des travaux :	111
V.4.1)- Excavation	111
V.4.1.1)- Nature des travaux	111
V.4.1.2)- Profils et surfaces des excavations à ciel ouvert.....	112
V.4.1.3)- Mesures à prendre pendant les travaux de fouille :	112
V.4.1.4)- Les déblais.	112
V.4.2)- Remblais	113
V.4.2.1)- Domaine d'application	113
V.4.2.2)- Contrôles et essais	113
V.4.2.3)- Prescriptions générales applicables à l'ensemble des remblais	113
V.4.3)- Décapage	114

V.4.3.1)-Le décapage superficiel (déblais, herbes,)	114
V.4.3.2)- Excavation de déblai ordinaire en plein masse	114
V.4.3.3)- Mise à teneur en eau pour le compactage	114
V.4.4)- Gabionnage	115
V.4.4.1)- Définition	115
V.4.4.2)- Installation :	116
1.Préparation du site :	116
2.Dépliage de la cage :	116
3. Mise en place des cages :	116
4.Remplissage des cages :	117
5.Fermeture des gabions :	117
6.Fil de tissage :	117
7.Fil de lisière :	117
8.Fil de renforcement :	117
9.Fil de ligature :	118
V.4.4.3)- Moyens de mise en œuvre	118
V.4.5)- ouvrages en béton	118
V.4.5.1)- Eléments concernés	118
V.4.5.2)- Les murs de soutènement	118
1.Exécution des fouilles	118
2.Collage du béton	119
3.Preparation du mélange	120
4.Transport et mise en œuvre :	120
5.Reprise de bétonnage :	120
6.Protection et le traitement	121
7.Le coffrage :	121

8.Le recouvrement et le façonnage d'acier :	122
8-1-Le façonnage	122
8-2-le recouvrement :	122
9.Le décoffrage :	122
10.Etat des surfaces :	122
10-1- Défauts de planéité	122
10-2- Défauts de ségrégation :	122
V.5)-Calcul des volumes des travaux :	123
V.6)- Estimation financière des travaux :	125
V.7)- Conclusion :	126
Conclusion générale	127
BIBLIOGRAPHIE	129
ANNEXES	I
Table de loi Normal.....	II
Les précipitations journalières maximales enregistrées à la station de Biskra.....	III
Planning d'exécution des travaux.....	IV
Photos sur site.....	V
Planches d'exécution des travaux.....	XI

INTRODUCTION GENERALE

L'inondation est une catastrophe naturelle dans le monde total qui détruit les constructions, les périmètres agricole et le plus grave de ça est la vie humaine, d'après une statistique international, les inondations sont responsables de plus de 60% de mortalité totale. Selon l'institut international de *Stockholm (SIWI)*, pour la période 1996-2005, environ 80% des catastrophes naturelles étaient d'origine météorologique ou hydraulique.

L'Algérie est une des pays confronter aux phénomène de crues et d'inondation qui se manifestant de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeur pour la développement économique et social.

Plusieurs régions du pays menacées par ces catastrophes hydrologiques dont les effets sont souvent intensifie par une urbanisation anarchique impliquant une occupation des terres inondées et même les rives des oueds

Les risques d'inondation sont due a l'interaction complexe de plusieurs composantes c'est la produite de la concomitance de facteur topographique, géologique, hydrologique et météorologique.

L'examen des événements catastrophiques survenus dans notre pays montre que sur l'ensemble des bassins versant algérienne, des superficies important des terres agricoles, des plaines et des agglomérations sont fréquemment envahies par les eaux des oueds en crue

L'objectif de notre travail est d'étudier l'inondation de **still**, et de traiter les moyens de protection contre ce phénomène par un aménagement hydraulique de protection ,qu'on va dimensionner selon les données de bases et l'étude hydrologique qu'on doit faire .

CHAP I : GENERALITES SUR LES INONDATIONS

I-1)- Introduction :

L'Algérie est confrontée aux phénomènes de crues et d'inondations qui sont plus fréquents que les séismes. Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels.

Il n'existe pas de régions susceptibles d'être prémunir contre de tels risques en raison de leur caractère imprévisible.

En attendant, les analyses faites à propos des crues et des inondations dans notre pays mettent en évidence leur violence et leur spontanéité ainsi que leur survenance brutale après une période de sécheresse.

I-2)- Les inondations :

I-2-1)- Définitions :

a)-L'inondation :

Une inondation est un débordement d'un cours d'eau, le plus souvent en crue, qui submerge les terrains voisins. Le terme est souvent étendu aux débordements d'ouvrages artificiels tels que retenues ou réseaux d'assainissement. Des inondations peuvent aussi se produire en amont des cours d'eau, suite à la génération de quantités importantes de ruissellement au niveau de terres cultivées par exemple. Ce ruissellement donne alors lieu à une inondation boueuse.

On distingue deux grands types de crues :

- **Les crues océaniques :** sont provoquées par des précipitations réparties sur plusieurs jours ou semaines, mais d'intensité modeste, et/ou parfois par la fonte des neiges. La montée des eaux et la décrue sont lentes, progressives et donc facilement prévisibles. La durée des hautes eaux varie de plusieurs jours à quelques semaines selon la taille du bassin d'alimentation du cours d'eau et la durée des précipitations.
- **Les crues torrentielles :** résultent des précipitations de type orageux. Elles durent entre quelques heures et deux journées, et se produisent très vite après les pluies (moins de 24 h). Ces crues, plus fréquentes dans les zones de relief accidenté et dans les régions à climat méditerranéen ou tropical.

I-2-2)- Paramètres fondamentaux du cours d'eau :

a) Lits du cours d'eau :

Le lit d'une rivière étant façonné par les eaux qu'il transporte on conçoit que ses dimensions

soient fortement liées aux régimes hydrologiques

❖ **Lit mineur** : qui est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage ou pour les crues fréquentes (crues annuelles comprise entre un an a deux ans) (Merabet, 2006).



Figure I.1 : Lit mineur d'un cours d'eau (Ledoux, 2006).

❖ **Lit moyen** : Il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la ripisylve.



Figure I.2 : Lit moyen d'un cours d'eau (Ledoux, 2006).

❖ **Lit majeur** : comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles dont la période de retour est de l'ordre de cent ans.

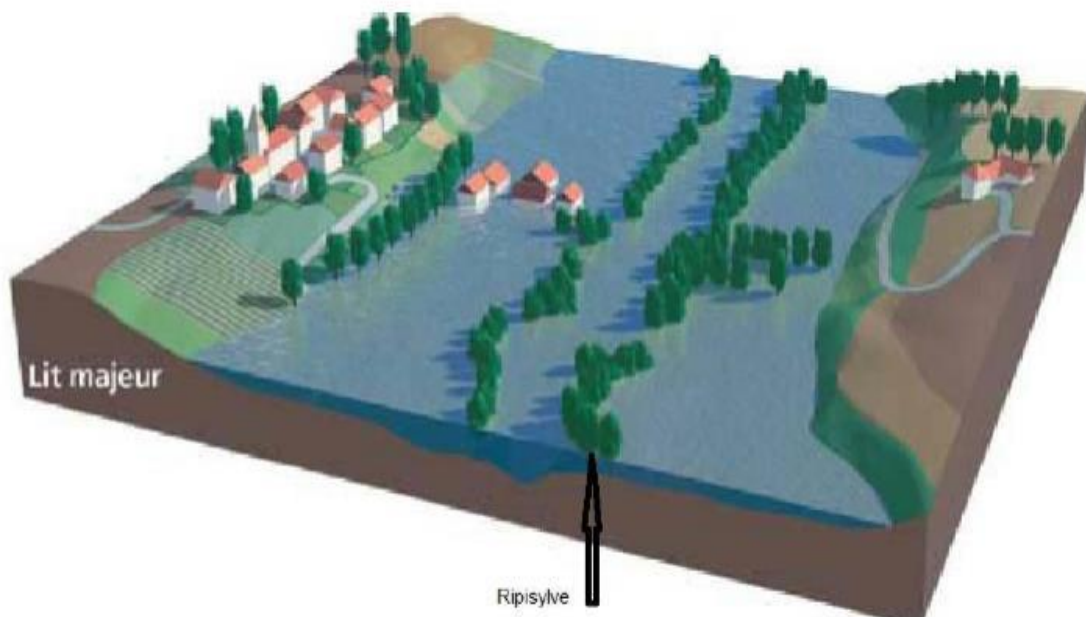


Figure I.3 : Lit majeur d'un cours d'eau (Ledoux, 2006)

Le lit majeur alors fait partie intégrante de la rivière ; si en s'y implantant, on s'installe donc dans la rivière elle-même. Cet espace (lit majeur) occupé par un cours d'eau lors d'une inondation peut -être partagé en deux zones :

- ❖ Une zone d'écoulement, au voisinage du lit mineur, où le courant.
- ❖ Une zone de stockage des eaux, où la vitesse est faible. Ce stockage est fondamental, car il permet le laminage de la crue, c'est -à-dire la réduction du débit et de la vitesse de montée des eaux à l'aval (Merabet, 2006).

b) Rive – berge :

La berge est le talus incliné qui sépare le lit mineur et le lit majeur. Tandis que la rive est le milieu géographique qui sépare les milieux aquatique et terrestre. Elle démarre au sommet de la berge et constitue une partie plate plus ou moins étendue qui reste sous l'influence du milieu.

c) Ripisylve :

C'est la formation végétale naturelle située sur la rive. Elle peut être une véritable forêt alluviale s'étendant sur plusieurs dizaines ou centaines de mètres de part et d'autre du lit mineur. Le rôle de la Ripisylve sur les crues peut être important ; lorsqu'elle occupe une part significative du lit majeur,

elle augmente notablement la rugosité du lit, d'où deux conséquences de nature hydraulique

- ✓ Une diminution des vitesses dans le lit majeur, et donc une réduction des effets érosifs du courant.
- ✓ Un écrêtement des crues pour l'aval (Merabet,2006).

d) Alluvions et substratum :

Les alluvions sont les grains fins ou grossiers alternativement déposés ou repris par le courant.

Elles recouvrent le substratum qui est une couche formée d'une roche dure ou plus ou moins tendre (schistes, grés, marnes...) (Benmia, 2012).

e) Le bassin versant :

l'aire géographique d'alimentation du cours d'eau.

I-2-3)- Types d'inondations :

On distingue plusieurs types d'inondations selon la nature de la crue qui les occasionne :

- **Par débordement direct** : Le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur, les sites en bordure de cours d'eau sont le plus souvent inondés par un débordement direct. En fait, une rivière a deux lits : le lit mineur où les eaux s'écoulent en temps ordinaire, et le lit majeur incluant les zones basses situées de part et d'autre du cours d'eau. Après des pluies fortes ou persistantes, les rivières peuvent déborder et s'écouler à la fois en lit mineur et en lit majeur.
- **Par débordement indirect** : Les eaux remontent par effet de siphon à travers les nappes alluviales, les réseaux d'assainissement ...
- **Par stagnation d'eaux pluviales ou ruissellement** : Liée à une capacité insuffisante d'infiltration, d'évacuation des sols ou du réseau de drainage lors de pluies anormales. Ces inondations peuvent se produire en zone urbanisée, en dehors du lit des cours d'eau proprement dit, lorsque l'imperméabilisation des sols et la conception de l'urbanisation et des réseaux d'assainissement font obstacle à l'écoulement normal des pluies intenses (orages, en particulier de type cévenol).
- **Inondation par rupture d'une protection** : L'inondation consécutive à une rupture de digue est un phénomène très brutal et d'autant plus dommageable que le site étudié est proche de la digue. Une rupture peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut. Il est très difficile de prévoir la rupture d'un ouvrage de protection, ce qui rend la prévention de ce type d'accident particulièrement incertaine.
- **Inondations marines** : Elles se traduisent par l'invasion par des eaux salées particulièrement agressives. Elles se manifestent soit lors d'un raz de marée ou de tsunami (occurrence très faible, mais phénomène dévastateur), soit lors d'une tempête (surcote marine, vents et précipitations importants) ou en cas de rupture des défenses contre la mer (dans ce cas, les risques se concentrent le long du boulevard de littoral dans les secteurs dépressionnaires) (Spppi, 2004).

I-2-4)- Causes des inondations

Elles peuvent avoir de nombreuses causes cumulables :

- ✓ Causes naturelles, liées aux aléas climatiques et phénomènes météorologiques attendus ou à un événement naturel (glissement de terrain) qui empêche l'écoulement habituel de l'eau ;
- ✓ Causes anthropiques directes : le drainage, l'irrigation, l'imperméabilisation et la dégradation des sols, certaines pratiques agricoles intensives peuvent accélérer le ruissellement de l'eau et en limiter l'infiltration vidéo ;
- ✓ Causes humaines directes : établissements d'écluses, de barrages permettant certes la navigation et le transport fluvial, mais diminuant la pente naturelle du cours d'eau, absence de gestion et de coordination des barrages à l'approche des crues, et pour la même raison avec les mêmes effets, retenue importante du dernier bief avant évacuation vers la mer.
- ✓ Causes humaines indirectes liées aux modifications climatiques globales (émissions de gaz à effet de serre qui entraînent la fonte des glaciers et qui provoquent une montée du niveau des océans, des cours d'eau, ou encore cela pourrait entraîner des cyclones plus intenses.

Parmi les causes fondamentales, on peut citer encore:

- une défaillance des réseaux d'évacuation ;
- des gonflements d'oueds par des décombres et détritiques ;
- des constructions qui dévient le cours naturel des oueds ;
- l'extension urbanistique des villes dont certaines se sont développées près et au flanc des montagnes, telles que Ain Défla, Batna, Médéa, et d'autres qui se trouvent actuellement traversées par des oueds telles que Sidi Bel Abbés et Bordj Bou-Argeridj.

I-3)- Les inondations en Algérie :

Au cours de la décennie écoulée, nous avons pu avoir les données de quelques inondations

parmi lesquelles :

- Inondations de la zone de still et oued righ par l'averse de 1969
- Le 20 octobre 1993 (ouest algérien) : 22 décès et 14 blessés à QUEDRHIOU (à chlef).

- Mois d'octobre 1994, des inondations ont été signalées dans plusieurs régions du pays, bilan 60 décès et des dizaines de disparus au cours de dix jours d'inondations.
- Le 22 octobre 2000 : des inondations à l'ouest algérien, plus de 24 décès.
- Les 10 et 11 novembre 2001 : à BAB EL OUED (Alger), les pluies diluviennes ont fait 733 victimes, 30 000 personnes sans-abris et d'importants dégâts matériels.
- Le 1er octobre 2008 : des pluies diluviennes s'étaient abattues sur la région de Ghardaïa, faisant dangereusement monter les cours d'eau. Au moins 33 personnes sont mortes, quatre-vingt-quatre personnes ont été blessées et près de 600 maisons détruites dans des inondations très importantes.
- Le 09 octobre 2008 : dans la wilaya D'AÏN DEFLA, les intempéries ont causé six décès et huit autres blessés parmi la population, suite à une inondation qui a surpris la région.
- La nuit du 12 octobre 2008 a été fortement pluvieuse, de 20h45mn à 23h35 mn, de pluie ont été enregistrées, surtout dans les localités de KHEMIS MILIANA et Sidi Lakhdar où la force de l'averse a fait que le revêtement bitumeux de la chaussée en certains endroits a été endommagé, de même que des habitations noyées par des eaux chargées de terre argileuse et de gravier. Des torrents de boue provenant des collines surplombant la ville de KHEMIS MILIANA ont envahi la majorité des quartiers. Même la voie ferrée n'a pas été épargnée par ces inondations.
- Durant ce mois d'Octobre 2008, d'autres crues et inondations sont signalées à Batna (450 km au sud-est d'Alger) où deux personnes ont été emportées par les eaux d'oueds en crue. A Bechar, région habituellement désertique et aride, situé à plus de 1.000 km au sud-ouest d'Alger, au moins huit personnes sont mortes noyées dans des inondations qui l'ont frappé mercredi et jeudi 15 et 16 octobre 2008.
- Le soir du 01 octobre 2011 a été fortement pluvieuse de P=60 mm à la ville d'EL BAYADH, de 17h à 18h30 mn, Au moins 11 personnes sont mortes, et près de 170 maisons détruites, et deux ponts dans des inondations très importantes **(Boudjerda et al, 2005).**



Figure I.4 : Inondation du 10/11/2001 à Bab El-Oued (Alger).



Figure I.5 : Inondations en Algérie (Alger, 11/2001)



Figure I.6 : Inondations en Ghardaïa (10/2008).

I-4)- Gestion des inondations :

Les inondations du début des années 80 auront eu le mérite de susciter une prise de conscience préalable à l'élaboration d'une politique de prévention des risques naturels dans plusieurs pays, les actions qui s'y réfèrent peuvent être résumées comme suit :

I.4.1. La réglementation :

Celle-ci ancienne, variante, souvent incomplète parfois mal adoptée, elle devrait systématiquement prendre en compte les actions anthropiques aboutissant à une modification substantielle du relief (travaux d'aplanissement, extraction de gravier et carrière etc...) à l'édification de toute construction en zone inondable, mais très souvent la réglementation n'est pas respectée ce qui amené souvent, à des situations très dangereuses (**Benmechernane, 2013**).

I.4.2. La prévision :

La première démarche à entreprendre est de procéder à un inventaire des observations de terrain, la seconde est de mettre en place un service d'annonce de crue.

a) Les observations de terrains :

Il s'agit d'analyser, aux différents endroits des bassins versants susceptibles de subir une crue

ou une inondation, les paramètres suivants :

- ❖ La délimitation précise des secteurs inondables et ce, pour chaque type de crue ;
- ❖ La typologie des inondations (pointe, durée, récurrence, intensité) ;
- ❖ L'ampleur de l'inondation possible ;
- ❖ La période de retour ;
- ❖ L'évaluation des dommages à craindre, sur les plans matériels et humain. (**Lobled et al, 1987**).

b) La mise en place d'un service d'annonce de crues :

La prévision porte sur la collecte et la transmission des données pluviométriques et hydrologiques. Bien entendu, l'efficacité des systèmes d'alerte

dépend de leur qualité et donc des moyens mis à la disposition des spécialistes mais aussi de l'ancienneté des chroniques disponibles.

Il est très important de multiplier et d'accumuler des données dans la plupart des cas. Les délais, souvent, pour alerter les populations se réduisent à quelques heures voir moins. Cependant l'apparition de capteurs et des systèmes de transmission a permis d'améliorer l'annonce des crues (**Lobled et al, 1987**).

Deux aspects de la prévision peuvent être distingués :

➤ **La prévision immédiate :**

Avec l'alerte des populations quelques heures avant que la crue n'intervienne. Ce rôle était joué par des observateurs chargés de suivre la montée des eaux et de transmettre les informations par les moyens de communication. Les mesures sont progressivement automatisées et les services ont même la possibilité d'interroger les stations en cas de besoins que ce soit sur la pluie, les débits, les volumes d'eau des retenues, l'onde de crue, etc... L'implantation d'un réseau de radar météorologique qui mesure la pluie tombée, avant son accumulation au sol, permet d'anticiper au mieux et peut représenter un véritable outil d'aide à la décision. Cependant la prévision notamment pour les phénomènes brutaux, n'est pas facile, car même le recours aux documents, radars et satellitaires, ne permet ni de localiser avec précision les points d'impacts majeurs des phénomènes de grande ampleur, ni d'évaluer leur importance réelle (**Yahiaoui, 2012**).

➤ **La prévision à long terme :**

Elle peut se faire en utilisant les documents historiques et les cartes à risques. L'analyse sur réseau hydrographique peut être d'un grand intérêt quand la prévention. Un "chevelu" dense concentré, des pentes fortes sur terrain imperméables, une incision importante, l'absence d'une couverture végétale dense, sont autant de facteurs favorables à la production d'une crue importante. Aussi, la cartographie de l'occupation du sol, base d'une analyse de vulnérabilité des biens, obtenus par traitement des données multiples, permet d'évaluer la densité du couvert végétal et d'estimer la proportion du ruissellement des différentes parcelles. La pertinence d'une cartographie géomorphologique spécialisée est largement démontrée (Lambert, 1996). Elle permet de situer les ouvrages et travaux susceptibles de modifier le fonctionnement hydro Morphologique de base (freinage ou d'accélération de l'écoulement des eaux, amplification des crues etc...). A partir des analyses effectuées, l'action devrait se tourner prioritairement vers l'aménagement du bassin versant (**Yahiaoui, 2012**).

I.4.3. L'aménagement du bassin versant :

Du point de vue de la prévention des crues, l'aménagement du bassin versant apparaît comme fondamental tant au niveau des versants que du lit proprement dit.

a) Au niveau des versants :

Le reboisement apparaît comme la première solution envisageable pour la protection des versants, car la forêt intercepte la pluie (réduction ou anéantissement de l'effet "Splash"), et retarde la fonte des neiges sous son couvert, accroît l'évapotranspiration (en particulier en été ou la transpiration des arbres contribue à l'assèchement des sols et l'abaissement du niveau des nappes phréatiques, au bénéfice de la rétention). L'humus forestier qui est relativement abondant, est capable d'absorber jusqu'à 10 fois son poids d'eau. Inversement, la destruction d'une forêt provoque un accroissement annuel de l'écoulement, mais aussi l'apparition de ravins. En cas d'absence de couverture végétale, l'érosion (depuis l'effet Splash jusqu'à l'écoulement concentré) se développe (Salomon,1997)

b) Au niveau du lit :

La correction des lits est souvent la solution proposée par les ingénieurs qui cherchent à accroître la section mouillée en élargissant les lits ou encore à les approfondir par des dérochements, tous ces travaux ont pour but de minorer les niveaux, encore il faut que ces interventions soient précédées d'une connaissance préalable de la crue maximale probable. Le recalibrage qui consiste à rectifier la section d'écoulement et à augmenter le débit, permet d'évacuer plus rapidement la crue, mais déplace le risque sur le secteur aval, sur des zones intermédiaires ne permettant pas de stocker une partie des eaux.

Le mieux est de chercher à étaler la crue que la contenir, un bon aménagement devrait donc examiner avec soin la solution des retenues de ralentissement, dans toutes les variantes axiales ou latérales selon les configurations locales et non pas seulement celle des barrages réservoirs.

Pour le lit des cours d'eau, il convient de cesser tout dragage, et d'interdire toute gravière de basse terrasse, notamment dans les zones amont des agglomérations (Salomon, 1997).

c) Pendant et après la crise :

En dépit de toutes les mesures de protection et/ou de prévention que l'homme peut arrêter, les crues et les inondations imprévues seront toujours probables. Aussi, il importe d'envisager des scénarii tenant compte de l'inévitable.

Les plans d'organisation des secours, sont des dispositifs d'urgence, destinés à faire face à tout événement calamiteux, d'ordre exceptionnel, dépassant les possibilités opérationnelles de secours locaux. Les dispositions législatives et réglementaires confient à l'état la responsabilité de la prévention et de la réponse aux besoins des populations en cas de catastrophes naturelles. Cependant, il est à signaler que le choc de la phase d'urgence ne représente en fait que le début des difficultés rencontrées, pour les familles sinistrées. Le règlement ou l'indemnisation sont accompagnés d'une série de vicissitude. Les aides immédiates (évacuation, hébergement : distribution de vivres, sanitaires et habillements) sont généralement correctement effectuées et largement médiatisées. Les aides postérieures, à la crise (collectivités locales, mouvement association, état) sont plus aléatoires, généralement longues à intervenir et toujours jugées insuffisantes par ceux qui ont été affectés. (Salomon, 1997).

I-5)- Conséquences des inondations :

Les inondations, notamment dans les pays pauvres, font souvent beaucoup de victimes et de dégât matériels. Elles sont responsables de 40 % des accidents mortels dus aux catastrophes naturelles dans le monde. Mais, dans certaines régions du globe, les inondations font partie du cycle naturel des saisons. Durant plus de deux millénaires, les crues du Nil ont fait prospérer la civilisation égyptienne et de nombreuses zones tropicales sont encore tributaires des crues annuelles et des moussons qui fertilisent et irriguent les cultures, en reconstituant des réserves d'eau pour la saison sèche.

Les effets des inondations ne se limitent pas aux dommages matériels et humains directs ou indirects à la suite des épidémies provoquées par le manque d'eau potable. Les eaux de ruissellement rapides entraînent l'érosion du sol ainsi que des problèmes de dépôts de sédiments

Lorsqu'elles se prolongent, les inondations retardent la circulation, endommagent les systèmes de drainage et compromettent les pratiques agricoles. Les culées de ponts, les rives, les embouchures d'égouts sont endommagées.

CHAP II. Données de base

II.1) - Introduction:

Avant tout projet de protection contre les inondations, l'étude du site est nécessaire pour connaître les caractéristiques physiques du lieu et les facteurs influençant sur la conception du projet, qui peuvent se répartir en (04) classes:

- Les données relatives à l'agglomération;
- Les données naturelles du site;
- Les données relatives au développement futur de l'agglomération;
- Les données propres des Oueds.

II –2) : Données naturelles du site :

II.2.1) - Situation géographique :

La commune de « Still » est située au nord ouest de la wilaya d'El Oued, au pied du versant orient des monts du Zeb, Elle appartient administrativement à la wilaya d'El Oued d'où elle représente son front nord (R.N :03)

Sa situation géographique est définie par les coordonnées UTM (Universal Transverse Mercator) suivantes :

- $X = 768700 \text{ m}$
- $Y = 3794600 \text{ m}$
- $Z = 10 \text{ m}$

II.2.2)- Limitrophe :

La commune de « Still » couvre une superficie globale de 905 km², elle est délimitée administrativement par :

- ⊗ Au nord : par la Wilaya de Biskra
- ⊗ A l'ouest : par El bâadj commune d'Om tiour
- ⊗ Au sud : par la commune d'Om tiour
- ⊗ A l'est : par Lemguibra commune d'El hamraia

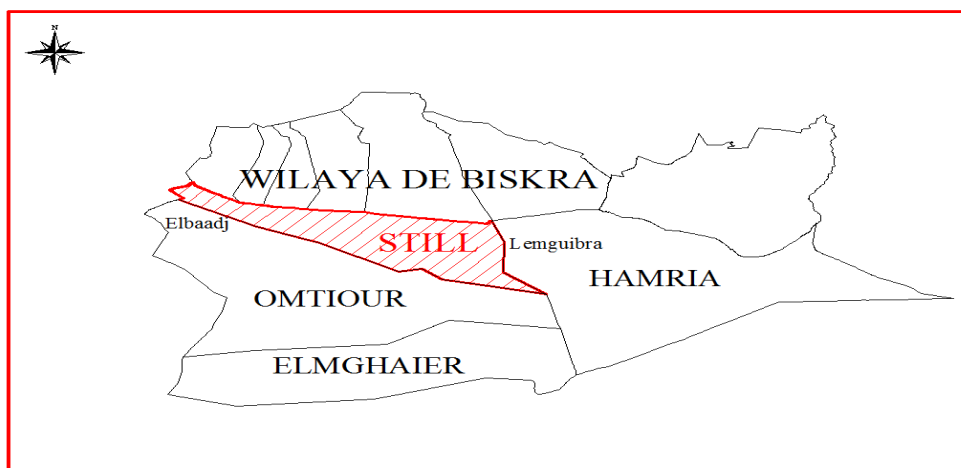


Figure I-7 délimitée administrativement

II.2.3)- Situation Topographie:

Les premières remarques à prendre après la constatation du levé topographique de la zone d'étude sont :

- Le sens de l'écoulement de : Oued Ittel est « ouest-est ».
- Oued Ittel traverse la R.N : 03 sur une distance dépasse les 800 m.
- L'agglomération principale de Still se trouve à une distance de 700 m au nord de la rivière.
- L'apparition des exploitations agricoles aux rives d'oued Ittel.
- Une déviation de la R.N 03 au niveau croisement d'oued Ittel.
- Localisation des formations (accumulations sableuses) au lit de l'oued au niveau de la traversée de route et la déviation routière.
- Destructions de la déviation routière probablement due au débordement de l'oued.
- Le cheminement naturel du cours d'eau est influencé par des ouvrages installés au niveau de la RN03
- Disparition des berges aux contours de la déviation routière.

a) le traitement des données :

Le levé topographique touche les huit kilomètres de la rivière et suivant les buts tracé pour cette étude on doit toucher l'ossature de l'oued, ses berges, les infrastructures, et bien sure les agglomérations.

Image de la ville de still

zone touché par la levée topographique

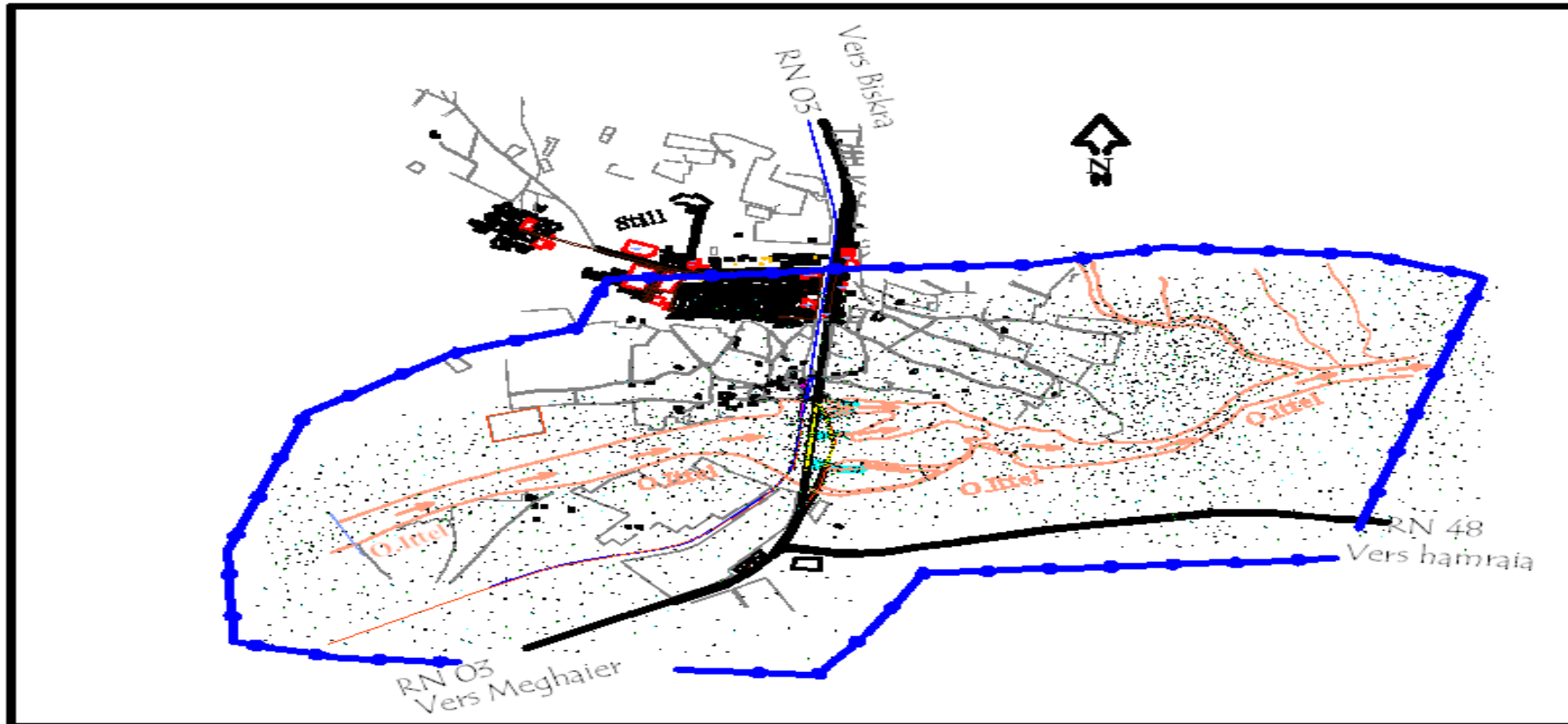


Figure II-1 : zone touchée par la levée topographique

Le levé montre que l'altimétrie de l'assiette varie de $Z= 19.123\text{m}$ à $Z= -5.596\text{m}$
L'analyse des ces données topographiques nécessite la mobilisation d'un autre logiciel, il s'agit de Mapinfo.
Après le traitement de ces données avec cet outil informatique on a obtenu les résultats suivants :

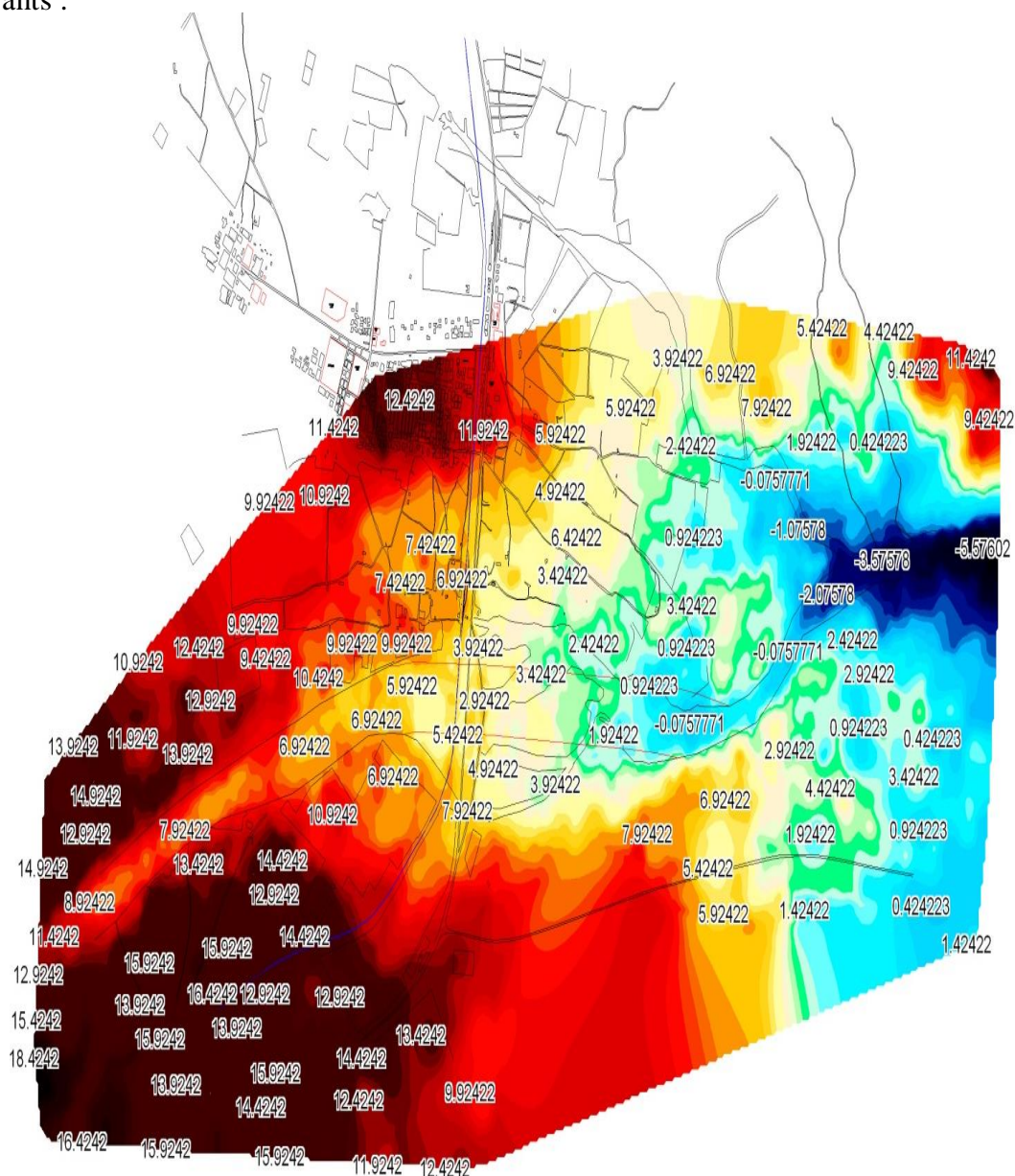


Figure II-2 : représentation de la zone après le traitement « Mapinfo »

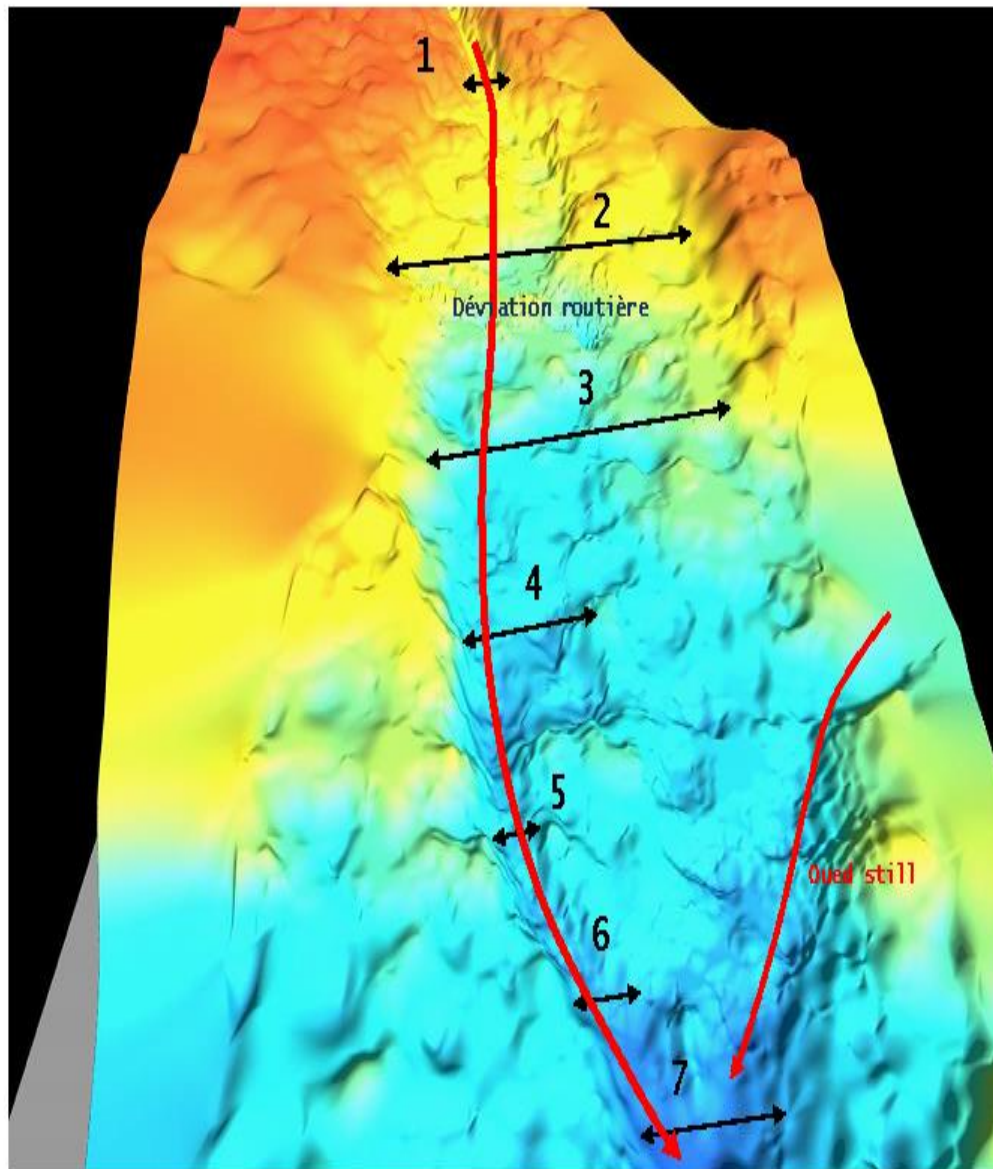


Figure II-3 : représentation en 3D de la zone après le traitement « Vertical mapper »
1-2-3-4-5-6-7 les largeurs de l'oued ittel le long de la zone d'étude.

b) L'analyse des résultats :

Après l'étape de traitement des données et l'obtention des résultats on arrive finalement à l'étape d'analyse d'où on va essayer de faire un diagnostic morphologique de l'oued.

- ☞ Le premier constat est celle qui l'apparaît sur la figure n° :II-3 d'où l'agglomération principale Still se trouve dans un étage de dix (10) mètre de différence par rapport au lit de l'oued.
- ☞ Deuxièmement, un élargissement remarquable du lit majeur de l'oued, toute en dirigeant vers l'est. Le lit et a partir du niveau 02 [figure II-3] vas subir une réduction de largeur et il prend sa forme initiale (niveau : 01).
- ☞ Suite à cette déformation au niveau 02 [figure II-3] les berges de l'oued vont presque disparaître.
- ☞ Comme nous avons signalé avant des formations sableuses se localise au niveau 02 [figure II-3]

c)-Principales causes de la dégradation des berges**c-1)-Introduction**

Les berges de plusieurs cours d'eau en Algérie présentent des phénomènes de dégradation accélérée. L'amélioration du réseau de drainage, le redressement des branches des cours d'eau agricoles, l'accroissement des superficies en cultures annuelles et l'augmentation des événements climatiques extrêmes ont favorisé l'augmentation des débits de pointe et des vitesses d'écoulement.

Et, de ce fait, l'érosion des rives des cours d'eau. La pente du lit, la direction du courant, l'ampleur du débit de pointe, la présence d'obstacles dans le lit du cours d'eau, la forme des talus, la couverture végétale et la résistance du sol en rive sont autant des facteurs qui doivent être pris en compte dans le cadre d'un diagnostic complet de dégradation des berges.

On va essayer de décrire les problèmes d'érosion des berges fréquemment observés et recommande des aménagements pour corriger chaque situation.

c-2)- Processus conduisant à la dégradation des berges

La dégradation des berges se produit généralement selon un processus qui combine à la fois le pouvoir érosif de l'eau et l'effet gravitaire. Dans certains cas s'ajoute un phénomène plus particulier : la boulangerie.

c-2-1)- Le pouvoir érosif de l'eau

Lorsque la vitesse du courant et la turbulence arrivent à vaincre le poids des particules et leur force de cohésion, il y a érosion. De ce fait, les sols cohésifs (comme les sols argileux) résistent mieux à l'érosion que les sols pulvérulents (comme les sols sableux). Il est à noter que la force d'arrachement est plus forte lorsque la direction du courant forme un angle avec la surface du sol.

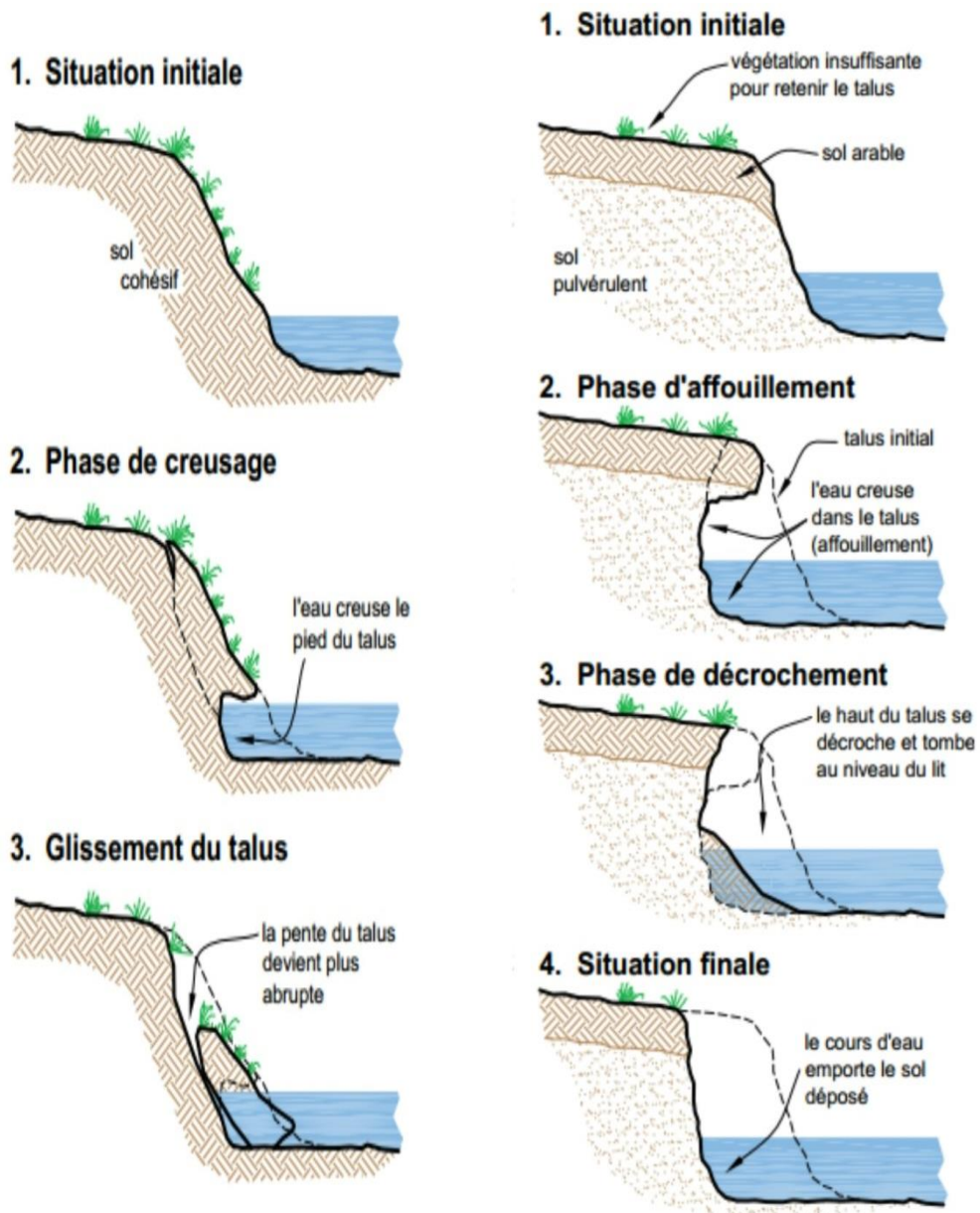
Tout ce qui modifie la direction de l'eau et augmente sa vitesse peut créer des foyers d'érosion.

Ainsi, les obstacles dans le cours d'eau, le rétrécissement de la section du cours d'eau, les sorties de drain mal installées, la force centrifuge sur la rive extérieure d'une courbe et la pente forte du cours d'eau sont autant de facteurs qui peuvent contribuer à changer la direction de l'eau ou à augmenter sa vitesse.

De plus, les surfaces de sol à nu résistent moins bien à l'action érosive de l'eau que les surfaces recouvertes de végétation

L'érosion peut survenir au niveau des berges, mais également dans le lit du cours d'eau; on parle alors de régression de fond. La régression du fond abaisse l'élévation du lit, accentue l'angle du talus et affaiblit sa base. En sol cohésif, elle engendre presque systématiquement un glissement de talus (voir la figure :.....).

Figure II- 4 :L'érosion au niveau des berges,



c-2-2)- L'effet gravitaire

Le glissement des talus survient lorsque les matériaux composant la berge ne peuvent plus résister aux forces gravitationnelles.

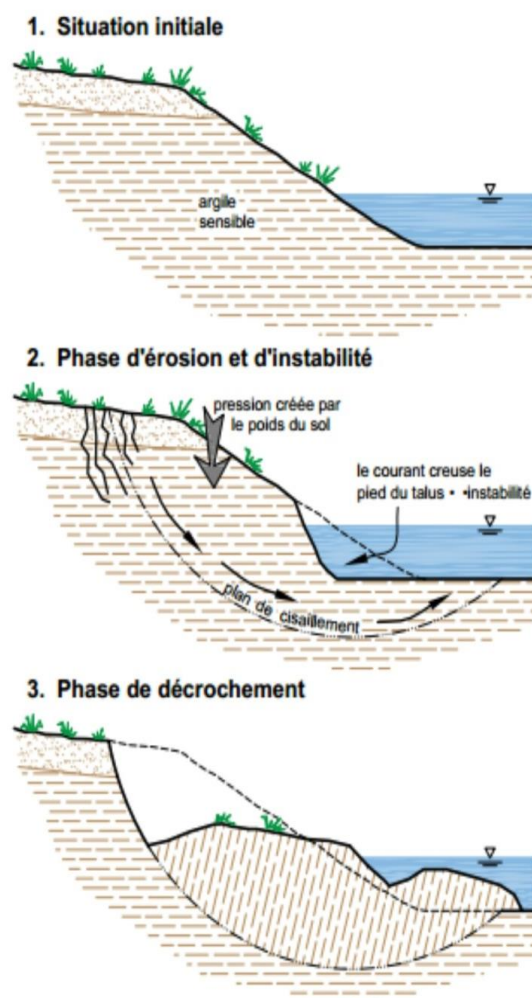
Ce mécanisme survient plutôt dans des sols cohésifs qui sont capables de retenir de grandes quantités d'eau, ce qui ajoute du poids à la berge et réduit les forces de cohésion entre les particules (phénomène de lubrification).

Résultat : le talus devient encore plus sensible au décrochement.

Lorsqu'on augmente la pente ou la hauteur d'un talus, le poids du sol excède éventuellement les forces de cohésion qui le retiennent, le sommet de la berge se fissure et le sol glisse en plaques. Dans les sols cohésifs, la surface de rupture présente une forme en arc de cercle caractéristique. Moins les sols sont cohésifs, plus la surface de rupture est droite.

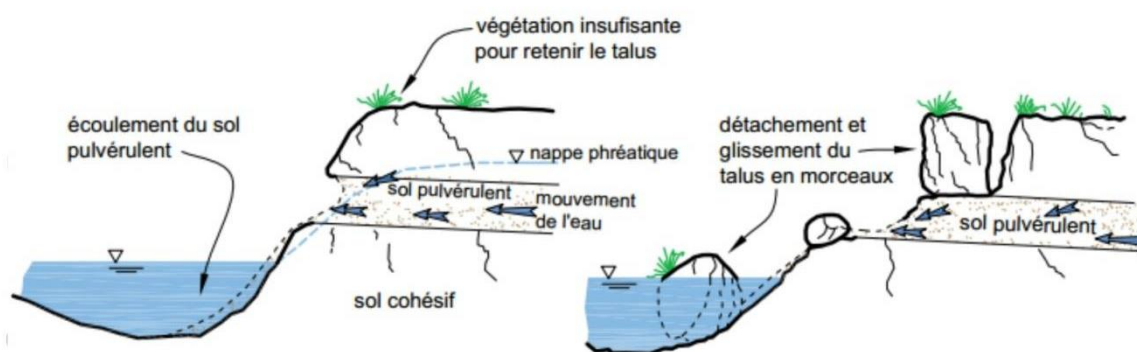
Les glissements ont généralement lieu après des pluies abondantes ou lors d'une décrue rapide alors que les berges sont saturées.

Toutefois, d'autres circonstances favorisent aussi les glissements, comme les cycles de gel et de dégel ou de saturation et d'assèchement dans certains sols, les vibrations causées par le passage de machinerie trop près de la berge, l'ajout d'une charge sur la rive (remblais, arbres de forte taille), l'accumulation d'eau le long de la berge due à une raie de curage faite par un labour, etc.



c-2-3)- La boullance

Le glissement s'observe aussi fréquemment lorsqu'il y a résurgence de la nappe phréatique dans le talus. Les sols stratifiés où un horizon de sol pulvérulent se trouve sur un horizon de sol cohésif sont les plus sensibles à ce type d'érosion. Le phénomène résulte de la pression de la nappe phréatique sur la berge lorsque le niveau de celle-ci est supérieur au niveau de l'eau dans le cours d'eau. Ce phénomène se nomme « boullance »



La topographie de la zone d'étude nous a conduit à enregistrer ce qui suit:

1- Une forte dégradation des berges :

Cette dégradation est enregistrée dans la zone voisine aux exploitations agricoles et ceci est dû à l'activité agricole (irrigation-travaux agricoles, drainage) par son influence directe sur la structure du sol. Cette dégradation va subir un régression dans la zone où l'activité agricole diminue. (L'intersection de oued ittel et oued still)

2- Les formations sableuses :

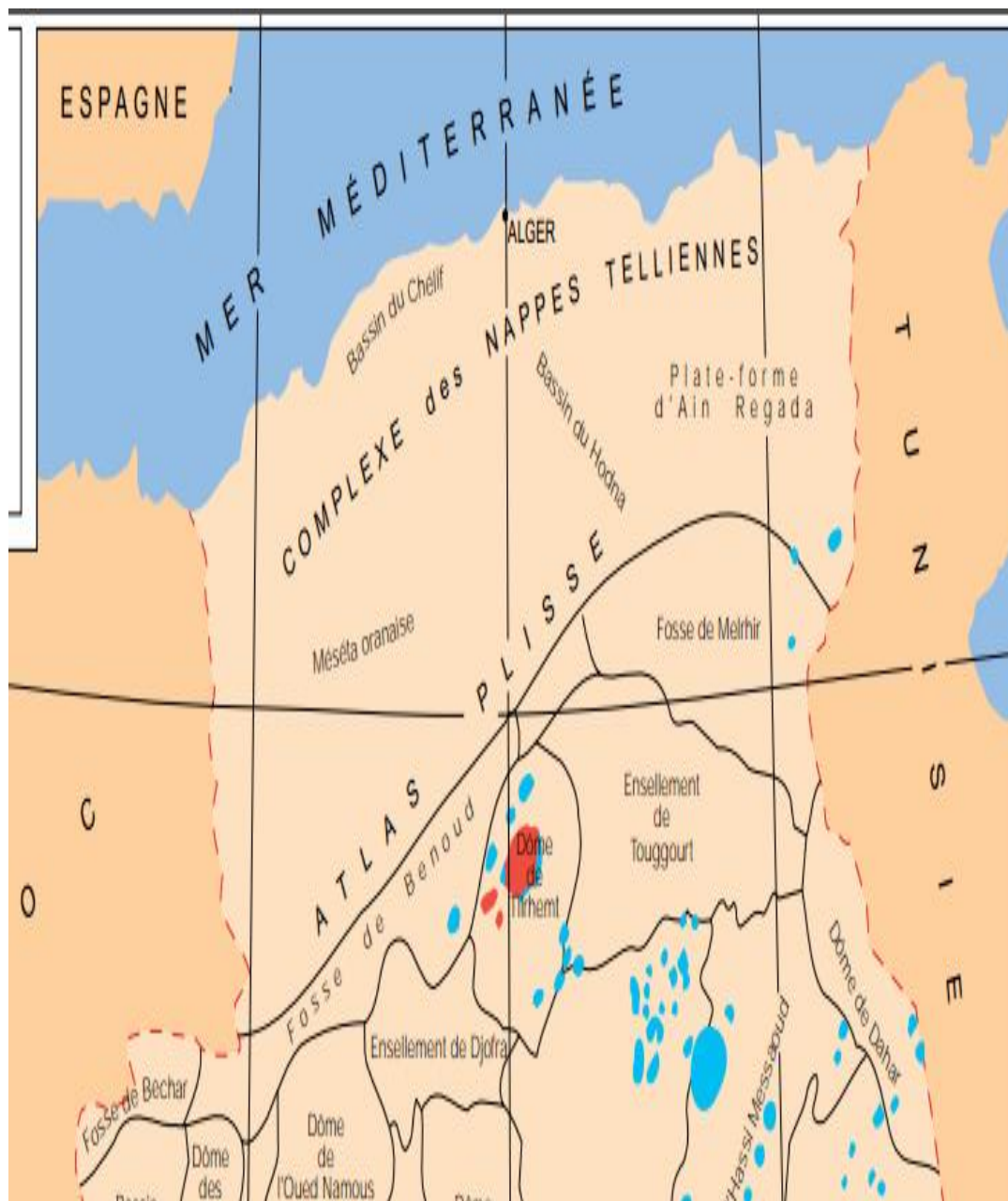
Ici, il faut signaler que ces formations sont résidus par un phénomène combiné : c'est-à-dire que la dégradation des berges va conduire vers une déformation de la section mouillée de l'oued dans ce point, et par cette action le tirant hydraulique va prendre des valeurs basses ce qui va réduire la vitesse et entraîne la décantation des transports solides.

3- La diviation routière :

Cette diviation est malheureusement joue le rôle d'un obstacle et par ce rôle elle entraîne les eaux à se diriger latéralement (vers l'agglomération).

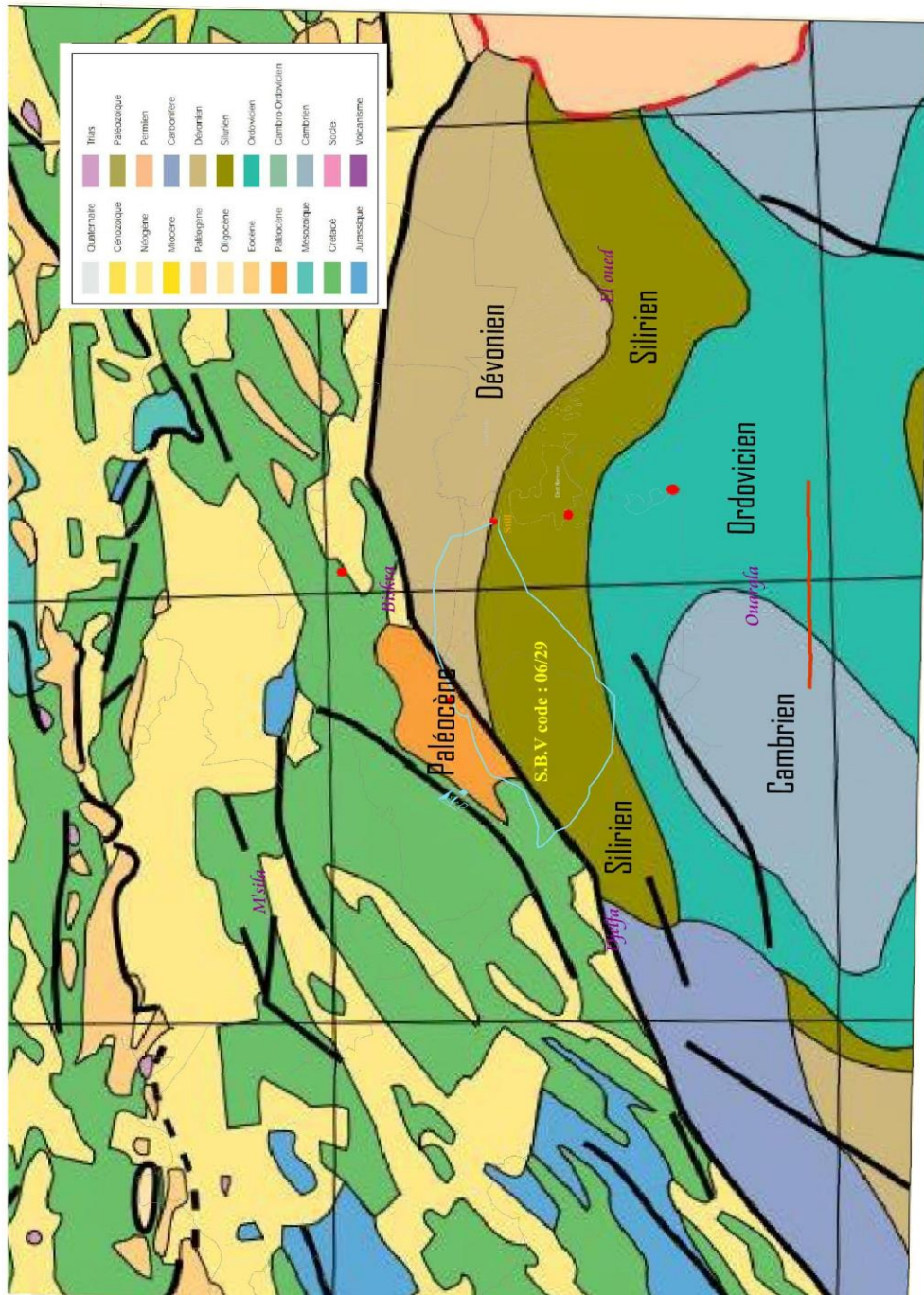
II.2.4)-Géologie du site :

La figure n° : 02 illustre les unités géologique d'Algérie d'où on peut classer notre région d'étude à la fosse de Melhir



CARTE N°1 Les unités géologique d'Algérie.

La carte n° : 02 nous montre les formations géologique qui forment notre S. bassin versant d'où on distingue deux principaux formations appartient au Paléozoïque qui sont : Silurien - Dévonien.



Extrait de carte géologique d'Algérie-SONATRACH Division Exploration

Echelle 1/2 800 000

Carte n°: 08

CARTE N°2 carte géologique d'Algérie.

1-Le Paléozoïque : signifie en grec « la vie ancienne »

C'est une époque géologique qui s'étend de : 543 à 250 millions d'années. Cette époque est parfois appelée « Ère Primaire » (ou des Poissons).

Son début correspond classiquement à l'apparition de nombreux fossiles à coquilles dures, bien que l'on sache maintenant que de tels animaux existent depuis l'époque précédente, l'Édiacarien. Cette période s'achève par une extinction massive.

Le Paléozoïque se décompose en six périodes:

- ✧ Permien (250-295 Ma)
- ✧ Carbonifère (295-355 Ma)
- ✧ Dévonien (355-408 Ma)
- ✧ Silurien (408-439 Ma)
- ✧ Ordovicien (439-488 Ma)
- ✧ Cambrien (542-488 Ma)

1- Silurien

Le Silurien est divisé en quatre époques bien que certains auteurs le découpent toutefois en trois (Silurien supérieur, moyen et inférieur).

Pridoli	
Pridolien	(408-416,0 Ma)
Ludlowien	
Ludfordien	(418.7-421,3 Ma)
Gorstien	(421.3-422.9 Ma)
Wenlockien	
Homérien	(422.9-426,2 Ma)
Sheinwoodien	(426.2-428,2 Ma)
Llandovérien	
Télychien	(428.2-436,0 Ma)
Aéronien	(436.0-439,0 Ma)

Tableau n° :II-1 Composant de l'ère de Silurien.

1- Dévonien

Le Dévonien est subdivisé en trois époques, le Dévonien supérieur, moyen et inférieur.

Supérieur	
Famennien	(374,5 ± 2,6 à 359,2 ± 2,5 Ma)
Frasnien	(385,3 ± 2,6 à 374,5 ± 2,6 Ma)
Moyen	
Givétien	(391,8 ± 2,7 à 385,3 ± 2,6 Ma)
Eifelien	(397,5 ± 2,7 à 391,8 ± 2,7 Ma)
Inférieur	
Emsien	(407,0 ± 2,8 à 397,5 ± 2,7 Ma)
Praguien	(411,2 ± 2,8 à 407,0 ± 2,8 Ma)
Lochkovien	(416,0 ± 2,8 à 411,2 ± 2,8 Ma)

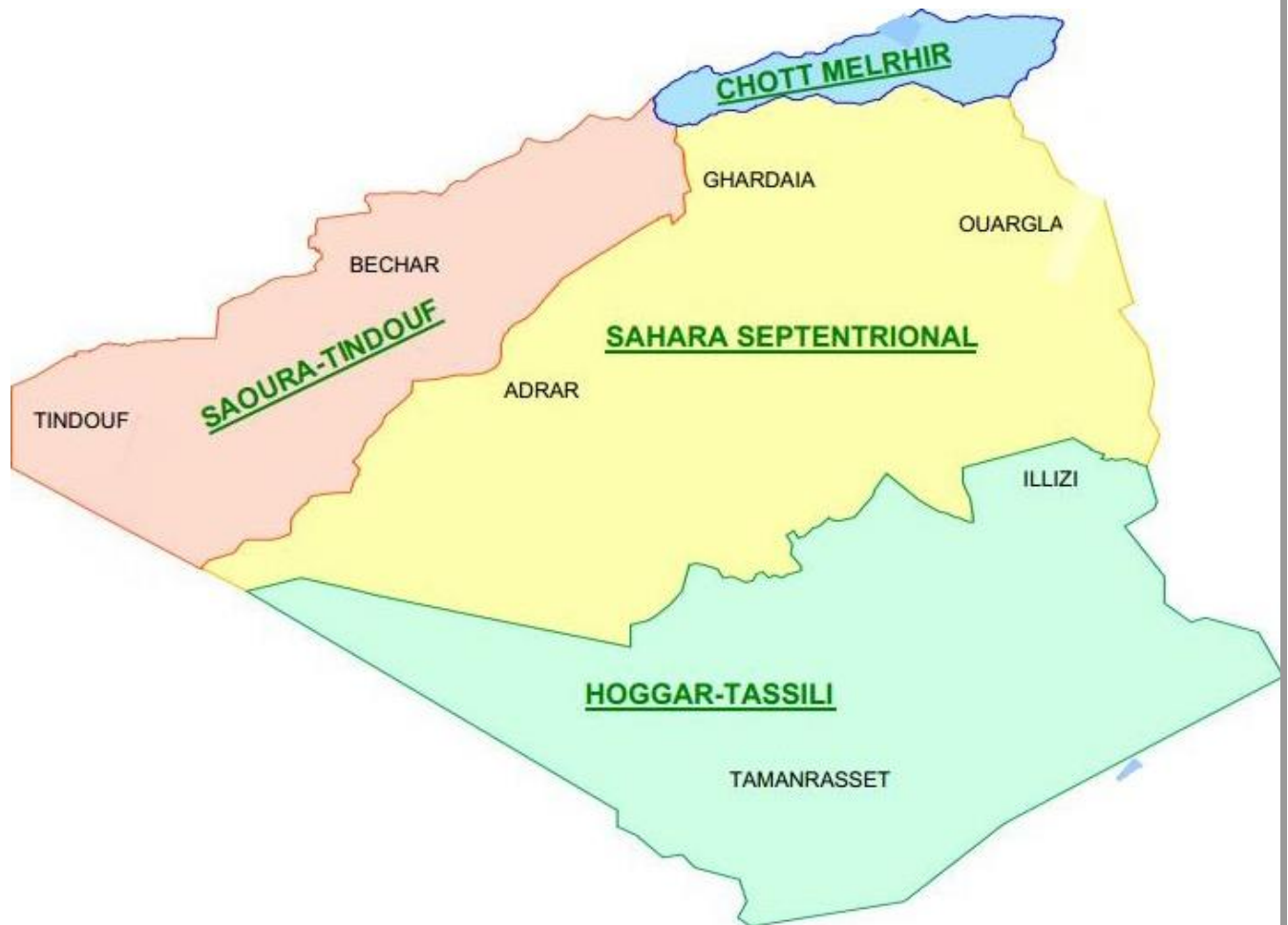
Tableau n° :II-2 Composant de l'ère de Dévonien.

Ma : million d'année

II.2.5)- Hydrogéologie de la région :

Le Sahara algérien est subdivisée en quatre unités hydrogéologiques (Figure n° :04) qui sont :

- L'unité de Saoura-Tindouf.
- L'unité du Chott Melrhir
- L'unité du Sahara septentrional
- L'unité du Hoggar-Tassili.



CARTE N3 Les unités hydrogéologiques du Sahara algérien.

La nappe phréatique :

Une nappe phréatique (en grec "phrear" qui veut dire "puits") est une masse d'eau contenue dans les fissures du sous-sol ; elle est accessible généralement par le puits ou par le forage.

Le Continental Intercalaire(CI)et le Complexe Terminal (CT)

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional « SASS » s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye. Ce bassin englobe une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

Le terme du «Continental intercalaire » désigne d'après son auteur (C. Kilian, 1932), un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins : à la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne, au sommet, le cycle du Crétacé supérieur .

Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire et principalement du Miocène. Ces définitions ont été adoptées, à l'origine, pour analyser et schématiser, en vue de la modélisation, le fonctionnement hydrodynamique des aquifères algériens puis par extension, tunisiens. Avec le projet SASS, l'ajout à l'étude du bassin saharien libyen a demandé une nouvelle analyse des informations géologiques, géophysiques et hydrogéologiques, se basant à la fois, sur les études antérieures et sur la collecte de données nouvelles .

L'état des connaissances sur le Système Aquifère du Sahara Septentrional « SASS » est le fruit de plus d'un siècle d'exploration et d'études géologiques hydrogéologiques. Les premiers forages d'eau ont été creusés dans ce bassin dans la région de l'Oued Rhir au milieu du XIX^{ème} siècle. Ils ont permis de reconnaître les premiers niveaux jaillissants du complexe terminal. Ceux réalisés dans le sud tunisien remontent au début du XX^{ème} siècle (R .Bousquet, 1947)

La transmissivité

La transmissivité permet d'évaluer le débit que peut capter un forage. C'est un paramètre qui régit le débit d'eau qui s'écoule par unité de largeur de l'aquifère, sous l'effet de du gradient hydraulique, incluant l'épaisseur de l'aquifère.

On peut citer quelques valeurs qui l'indiquent : (Franlab, 1972)

✓ **Bordure sud-atlasique** (Oued Rhir-Nord)

Des essais de pompage ont été réalisés dans la région de Biskra (nappe de Tolga) sur des forages captant les niveaux aquifères du Complexe terminal localisés dans les sables mio-pliocènes et dans les calcaires éocènes ou sénoniens. Ils donnent (SCET, 1972) des valeurs de transmissivités qui s'échelonnent en deux plages :

- 1 à $10 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (nappes des sables),
- 10 à $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (nappes des calcaires)

D'autres essais réalisés sur les forages d'Oued Rhir-Nord, ont donné des valeurs de transmissivité qui s'échelonnent entre 1 et $25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les plus fortes valeurs de transmissivité sont obtenues dans la région d'Oued Rhir-Sud où les forages captent préférentiellement, les niveaux sableux. Elles varient entre : 1 et $130 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$.

II-3) – Données climatiques :

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant sur le régime d'un cours d'eau, ce sont les précipitations surtout liquides, qui constituent le facteur essentiel intervenant par :

Leur répartition annuelle et mensuelle, leur total journalier et surtout les averses génératrices des crues.

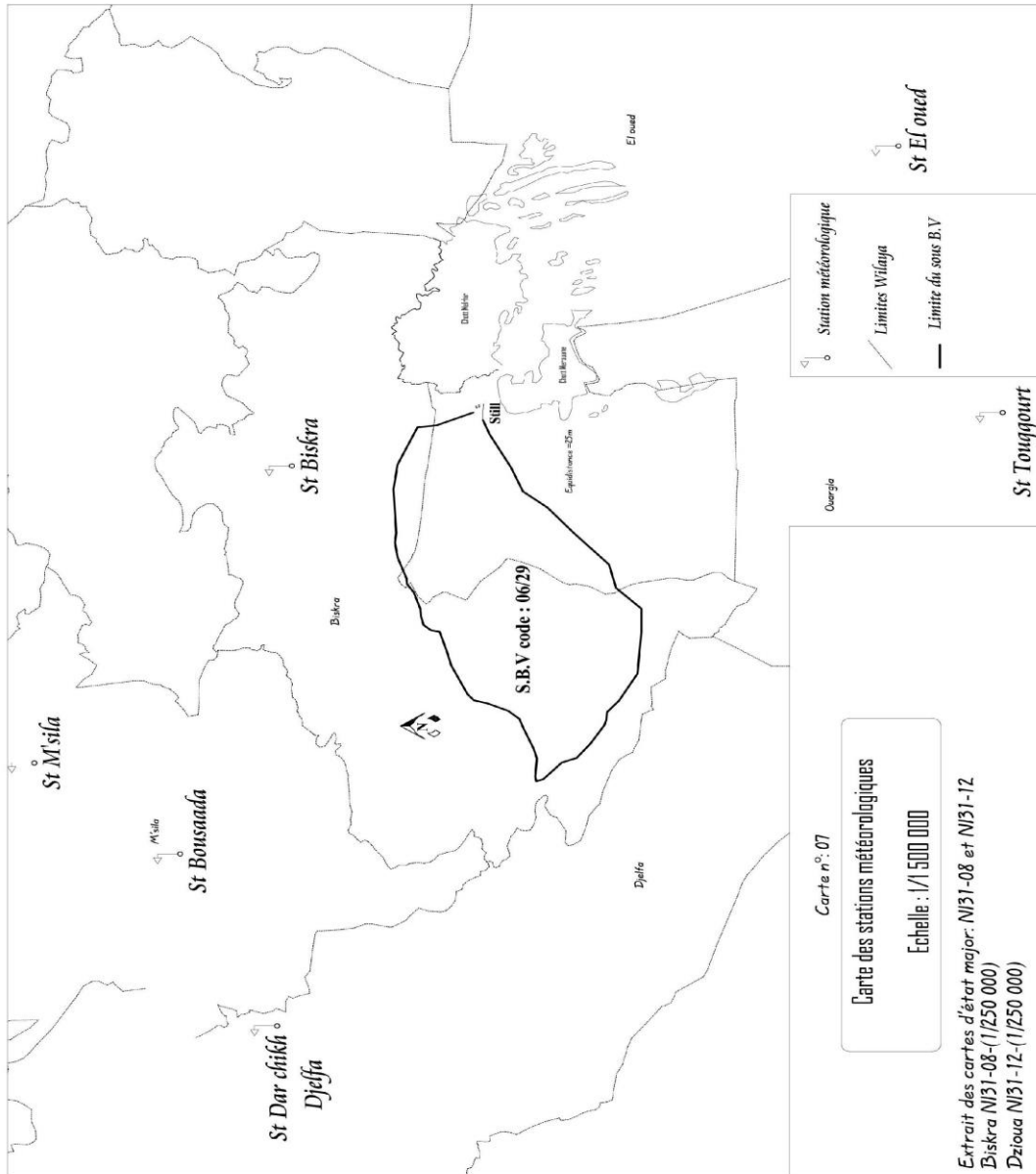
Ces différents aspects des précipitations sont plus ou moins modifiés selon un effet combiné des autres paramètres physiques (altitude et exposition) et climatiques : la température l'évaporation l'évapotranspiration, les vents et l'humidité aussi ; des facteurs qui influent sur l'écoulement et le régime hydrologique du bassin.

II-3-1) – Choix de la station météorologique :

Malheureusement, aucune station météorologique ou pluviométrique n'est envisagée dans le bassin. Alors, nous sommes obligés de baser sur les données climatiques des stations les plus proches, pour cela on utilise la carte n° :07 qui montre la répartition spatiale des stations disponibles dans la région :

Il est clair que l'unique station la plus proche est celle de Biskra situé à l'Aéroport de la wilaya.

CARTEN4 carte des stations météorologiques



II-3-2) – Température:

La température est un facteur très important, qui conditionne les phénomènes et les paramètres du bilan hydrologique en particulier.

L'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, car c'est elles qui nous permettent d'évaluer les déficits d'écoulement des bassins versants.

La figure n°01, montre la variation des températures moyennes mensuelles interannuelles maximales et minimales.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Température moyenne (C°)	28.71	22.78	16.88	12.86	12.35	14.03	16.76	20.11	25.02	30.45	33.56	33.28
Température moy max (C°)	34.19	27.90	21.57	17.6	16.69	19.17	22.27	25.73	30.86	36.68	39.93	39.35
Température moy min (C°)	23.16	17.65	12.15	8.11	7.16	8.86	11.25	14.43	19.11	21.15	27.14	16.69

Tableau n° :II- 3 les températures moyennes mensuelles enregistrées à la station de Biskra (1977-2002).(ANRH.Biskra 2006)

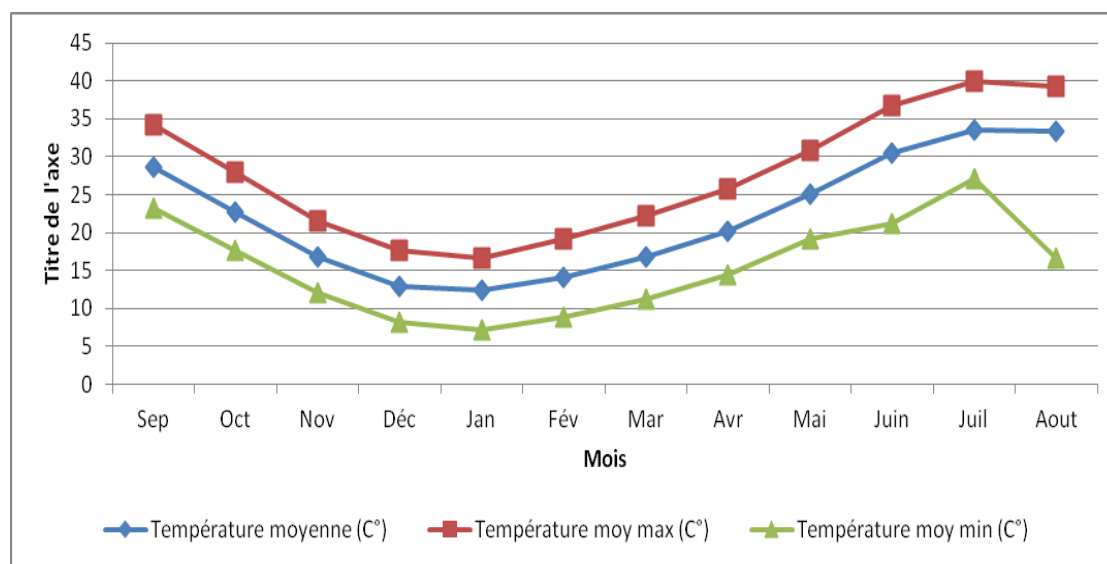


Diagramme n°1: les températures moyennes mensuelles enregistrées

D'après la Diagramme n°01 et le *Tableau n° :II- 3* , l'un des points essentiels qu'il faut retenir c'est la division de l'année en deux saisons thermiques :

-La saison chaude s'étend de mai à octobre, mais pendant lesquels les températures moyennes sont supérieures à la moyenne annuelle qui est de 22c°. Avec un maximum en juillet ou août, qui atteint environ la valeur de 40c° alors que la saison froide correspond à la période entre novembre et avril avec un minimum en janvier de 7.16c°.

-L'amplitude thermique annuelle qui traduit la différence entre la température moyenne du mois le plus chaude et celle du mois le plus froid est environ 17c° pour la station de Biskra

II-3-3) – Autres facteurs climatiques :

Les facteurs climatiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eau alimentant un bassin versant.

Pour la station de Biskra, elles sont fournies par l'ANRH de Biskra, pour une période de 10 ans (1990- 2000)

Le tableau n°14 résume ces principales données qui complètent l'analyse climatique du bassin versant.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moyenne
Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s)													
	5.02	5.06	5.10	5.14	4.76	5.77	5.88	5.98	5.61	5.31	4.85	4.33	5.24
Fréquence mensuelle du sirocco													
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.8	0.7	1.8	1.1	1.2	8.00
Humidité relative moyenne mensuelle (%)													
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moyenne
	38.45	45.46	52.36	57.18	58.18	48.82	43.43	37.55	32.54	28.82	26.55	29.09	41.54
Insolation moyenne mensuelle (heure)													
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moyenne
	272	263	228	226	220	248	266	294	324	336	368	341	282.17
Evaporation moyenne mensuelle (mm)													
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
	329.18	246.45	163.6	123	119.09	156	205.9	293	354.64	413.2	450.9	412.2	3267.67

Période 1990-2000

ANRH Biskra

Tableau n° : II-4 Données d'observations des autres paramètres climatiques station de Biskra.

** **Les vents** sont caractérisés par leurs direction, leur vitesses et leur intensités, ils exercent une action destructrice ; augmentant l'évapotranspiration et les phénomènes érosifs,

Ceux de l'été sont de direction Sud/Est -Nord/Ouest, sous forme de Sirocco asséchant les vents des sables caractéristiques dans cette partie de la région, sont fréquents pendant les mois de mars, avril et mai. Cependant, on peut noter leur apparition pendant les autres saisons avec une faible fréquence.

****L'humidité relative**, d'après la série de données des 10 années d'observations on constate que :

- La moyenne minimale annuelle est de 26.55%.
- La moyenne maximale annuelle est de 58.18%.

Le nombre d'heures moyennes d'ensoleillement par jour est de 9,28 heures.

****L'insolation mensuelle** effective est à la moyenne 282.17heures, le maximum (368 heures) est enregistré en juillet et le minimum (220heures) en janvier.

L'évaporation est mesurée évaporomètre de « Piche » est l'appareil le plus fréquemment utilisé dans les stations du réseau O.N.M en Algérie, ce qui est le cas de la station de Biskra.

****L'évaporation** est un paramètre étroitement lié à la température, les quantiles d'eaux évaporées sont aussi relativement importantes.

L'évaporation moyenne mensuelle=272.27mm.

L'évaporation moyenne maximale=450.90mm.

L'évaporation moyenne minimale=123.0mm.

Cette différence de l'évaporation démontre que le phénomène de cette dernière doit être régi par un autre facteur autre que la température, tel que la vitesse de vent, le taux d'humidité, le taux d'ensoleillement et le couvert végétal.

II-4) – Pluviométrie :

La pluviométrie dans les zones sahariennes se caractérise par la rareté et par des faibles quantités annuelles (Tableau n°:15)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Pluie moyenne	12.5	9.65	15.6	8.89	14.5	5.98	13.4	12.7	8.25	5.55	0.618	3.68	111.30

Tableau n° :II-5 les précipitations moyennes mensuelles enregistrées

à la station de Biskra (1971-2004).(ANRH.Biskra in BOUMESSENEGH 2006)

Autrement, il faut signaler aussi que pendant ces années la météo de la région à marquer des pluies à forte intensité avec brutalité dite « Averse ».

**** L'averse :** est une précipitation se caractérisant par un début et une fin brusques et par des variations rapides d'intensité. Souvent forte et de courte durée, elle provient de nuages comme le cumulus bourgeonnant et donne de la pluie.

Mois	Sep 1969	Oct 1969	Nov 1969	Déc 1969
jours	Pluie enregistrée en mm			
01	10	0.6	0	0.2
02	0.5	0	0	0
03	0.6	0	0	0
04	0	0	0	0
05	0	17	0	5.1
06	0	16.6	0	0
07	3.1	0	0	0
08	19.2	0	0	0
09	7.6	4	0	0
10	0	18.5	0	0
11	4.2	0	0	0
12	1.7	0	0	0
13	1	0	0	0
14	0	0.2	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	2.4	7.6
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	6.6	0	0
21	0	36.1	0	0
22	0	2.6	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0.8	0
26	11.2	0	0	0
27	95.7	0	0	0
28	122.2	14.7	2.2	0
29	16.5	34	0	0
30	0	0	1.3	0
31	283.5	150.9	6.7	12.9

Tableau n° :II-6 Les précipitations journalières extrêmes à la station de Biskra « ONM »

Nous et dans notre études de protection contre les inondations on intéresse beaucoup à ce type des pluies. Pour ça nous avons demandés les données de précipitation extrêmes (Tableau n° : 16). Cette période suivant l'office national de météo (ONM) est « Automne 1969 »

II-5) – le régime climatique du bassin :

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques températures et précipitations est intéressante dans la mesure, où elle permet de déterminer les mois véritablement secs, qui correspondent selon la définition de F. Bagnouls et H.Gaussen, au mois où le total de précipitations est inférieur au double de la température moyenne mensuelle.

Pour avoir la relation entre la température et la précipitation on utilise le diagramme ombrothermique de « Gaussben et Bagnouls » (Diagramme n°01), qui est établi à partir des données de températures moyennes mensuelles et des précipitations moyennes mensuelles avec une échelle $P=2T$, qui sont représentées dans le tableau n°17.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Pluie moyenne (mm)	12.5	9.65	15.6	8.89	14.5	5.98	13.4	12.7	8.25	5.55	0.618	3.68
Température °c	28.71	22.78	16.88	12.86	12.35	14.03	16.76	20.11	25.02	30.45	33.56	33.28

Tableau n° :II-7 Température moyennes mensuelles et précipitations moyennes

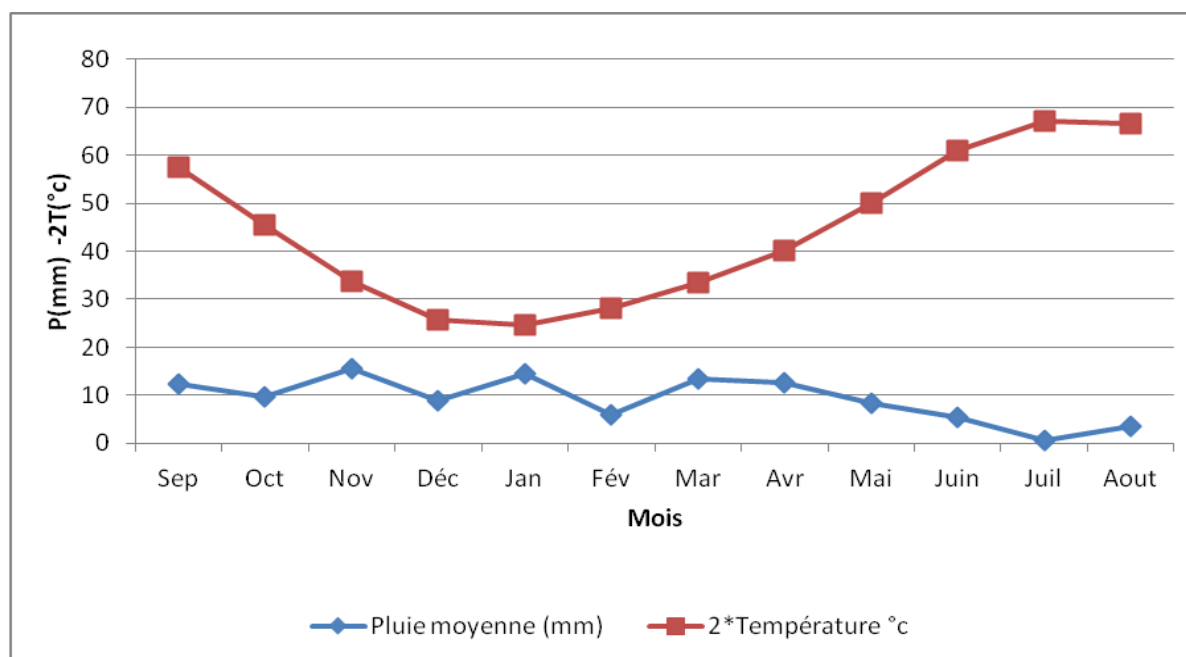


Diagramme n° :02 Diagramme ombrothermique de la station

Comme la montre le diagramme ombrothermique de la station de Biskra, on observe une saison sèche de deux mois.

Cette répartition n'est que moyenne, car les variations interannuelles des précipitations sont très grandes et certaines années réelles échappent à cette schématisation (1969).

II-6) – L'évapotranspiration:

L'évapotranspiration : est la restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre quelque soit sa nature (sols, végétaux et eaux libres) à l'atmosphère.

Il est utile de distinguer entre la notion d'évapotranspiration potentielle **ETP**, qui est la quantité d'eau nécessaire à la transpiration non ralentie, d'un tapis végétal couvrant entièrement le sol et alimenté régulièrement en eau. Elle commande les excès et les déficits des régions humides ou arides, l'évapotranspiration réelle **ETR** ; c'est le retour de l'eau à l'atmosphère sous forme de vapeur, elle résulte de deux phénomènes ; l'un physique (évaporation) et l'autre biologique (transpiration).

Bien souvent, L'évapotranspiration est calculée plus que mesurée, en jouant sur les paramètres thermiques et les vents.

De nombreuses formules ont été établies pour calculer l'ETP, les noms de Penman, Thornthwaite et Turc sont associés à des formules de l'évapotranspiration potentielle. Pour notre région, on a utilisé la formule dite ETP ANRH-Penman.

II-6-1) – Formule dite ANRH (1997) :

ETP « ANRH-Penman » permet d'évaluer l'évapotranspiration potentielle de Penman à partir de la seule mesure de la température moyenne mensuelle correspondante, de la connaissance du mois et de la position géographique.

C'est donc à partir de cette formule que nous nous proposons de généraliser la connaissance des ETP à partir de l'information thermométrique. La formule est la suivante :

$$ETP_{ANRH} = K_r * K_m * (H - 187) * (0.032 * T + 0.07)$$

Avec :

ETP ANRH : est exprimé en mm par mois.

Kr : c'est un coefficient régional, que l'on peut lire sur le tableau n°II-10

Km : c'est un coefficient mensuel dont les valeurs sont données dans le tableau n°II-10

H : la durée mensuelle d'insolation (en heure par mois) données dans le tableau n° II-10

T : la température moyenne mensuelle pour le mois considéré et exprimée en c°.

Nom	Kr cor	Kr	Cor,	Nom	Kr cor	Kr	Cor	Nom	Kr cor	Kr	Cor
Ain sefra	1,21	1,11	9%	Dellysafir	0,87	0,87	0%	Mostaganem	0,87	0,87	0%
Annaba	0,91	0,91	0%	Djelfa	1,10	1,04	5%	Msila	1,12	1,12	0%
Arzew	0,97	0,97	0%	El kheiter	1,15	1,24	-7%	Naama	1,11	1,11	0%
Barika	1,24	1,24	0%	Elbayadh	1,23	1,23	0%	Oran	0,99	0,99	0%
Batna	1,12	1,12	0%	Elmilia	0,79	0,79	0%	Oumelbouaghi	0,92	0,92	0%
Bbarreridj	1,07	1,07	0%	Ghazaouet	0,81	0,81	0%	Saida	1,01	1,01	0%
Bechar	1,32	1,32	0%	Guelma	0,83	0,83	0%	Setif	1,04	1,04	0%
Bejaia	0,92	0,92	0%	Jijelaer	0,79	0,79	0%	Sidibelabbes	0,94	0,94	0%
Benisaf	0,88	0,88	0%	Jijelpport	0,79	0,79	0%	Skikda	0,86	0,86	0%
Biskra	1,26	1,26	0%	Ksarchellala	1,09	1,09	0%	Soukahras	0,99	0,99	0%
Bou saada	1,10	0,93	18%	Maghnia	0,93	0,93	0%	Tebessa	1,00	1,00	0%
Bouira	1,04	1,04	0%	Mascara	0,95	0,95	0%	Tenes	0,95	0,95	0%
Chlef	0,93	0,93	0%	Mecheria	1,14	1,14	0%	Tiaret	1,08	1,14	-6%
Constantine	0,91	0,91	0%	Medea	1,05	1,05	0%	Tiziouzou	0,83	0,83	0%
Darelbeida	0,89	0,89	0%	Miliana	0,97	0,97	0%	Tlemcensen	0,93	0,93	0%

Tableau n° :II-8 Coefficient correctif " K_r ".

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
K_m	0,96	1,22	1,11	1,17	1,02	1,00	0,97	0,97	0,98	0,90	0,90	0,86

Tableau n° :II-9 Evolution du coefficient correctif mensuel " K_m ".

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
H(h/mois)	272	263	228	226	220	248	266	294	324	336	368	341
K_m	0.96	1.22	1.11	1.17	1.02	1.00	0.97	0.97	0.98	0.90	0.90	0.86
$K_m(H-187)$	81.6	92.72	45.51	45.63	33.66	61	76.63	103.79	134.26	134.1	162.9	132.44
K_r	1.26											
Température °c	28.71	22.78	16.88	12.86	12.35	14.03	16.76	20.11	25.02	30.45	33.56	33.28
ETP(mm/mois)	101.66	93.34	34.99	27.68	19.73	39.89	58.54	93.31	147.28	176.47	234.79	189.40

Tableau n° :II-10 résultats de la méthode dite ANRH Penman.

II-7) -Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est défini comme étant l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement .c'est l'une des caractéristiques les plus importantes du bassin.

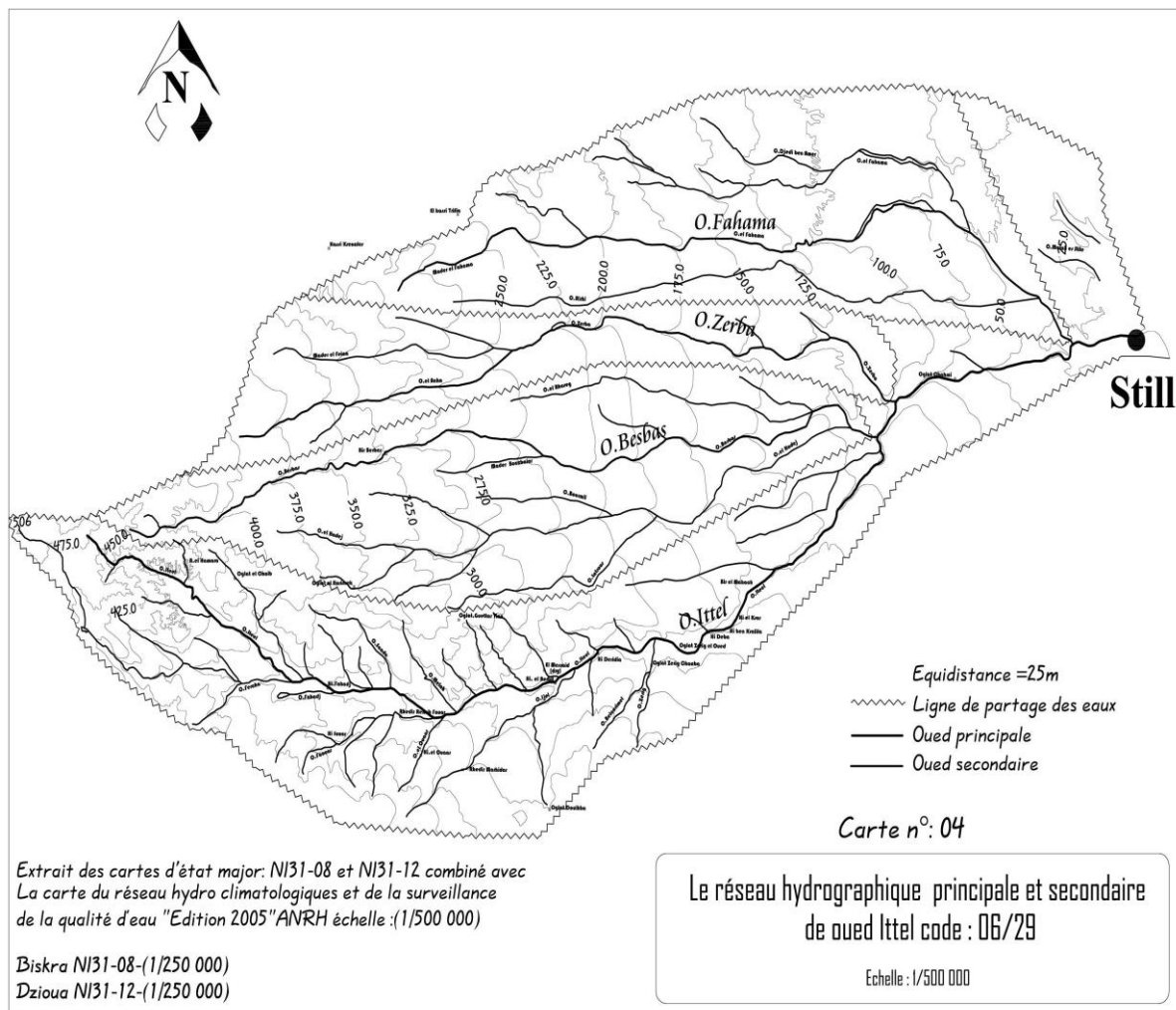
Pour mettre en évidence l'influences sur les agglomérations, nous avons procédé à un découpage en sous bassins qui permet de définir les affluents qui ont une influence directe sur les zones inondées, aussi bien que ceux qui peuvent influencer indirectement

L'écoulement d'un cours d'eau est commandé par les caractéristiques de son bassin

- ✓ Relief géologie
- ✓ Lithologie
- ✓ Le climat

Dans ce stade il faut insister sur le bassin versant alimentant l'oued Ittel.

Le bassin versant de « l'oued ittel » (code : 06-29)(Classification ANRH.) d'une superficie de 5292.7 km² ; fait parti du grand bassin « Chott Melghir » (code :06), qui couvre une superficie de 68751 km² et englobe trente (30) sous bassins versants qui part des crêtes de « Djebel Ammour » à Aflou et s'achève à « chott Melghir »



CARTE N5 *Le réseau hydrographique principale et secondaire de oued ittel*

CONCLUSION :

La première étape pratique de notre travail a été la délimitation du bassin versant et ses sous bassins élémentaires. Les petits bassins versants et leurs types d'aménagement jouent un rôle important dans la genèse des crues, la compréhension et éventuellement la maîtrise des phénomènes hydrologiques permettent d'appréhender l'interférence des facteurs macro, microscopiques et physiques pour expliquer la complexité des crues inondantes à des échelles détaillées et plus précises.

CHAP III : ETUDE HYDROLOGIQUE

III.1) - Introduction :

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle d'eau qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe les précipitations, le ruissellement et les eaux souterraines. C'est une science particulière car elle regroupe plusieurs sciences fondamentales très diversifiées et à pour but de répondre aux problèmes concernant la ressource en eau. L'hydrologie offre à l'ingénieur des outils d'inventaire et d'analyse des données pour répondre à des besoins soit sur le plan de la conception des éléments d'un aménagement que sur celui de l'exploitation des systèmes.

L'ingénieur hydrologue est appelé à participer à des nombreux types de projets, sauf que le type d'intervention en milieu hydrique rend nécessaire pour tout ingénieur civil. La connaissance des principes de bases de l'hydrologie; de façon qu'il soit en mesure de poser les problèmes, d'élaborer certaines solutions et de devenir interlocuteur valable au sein d'une équipe multidisciplinaire. Le dimensionnement, la sécurité et la bonne exploitation des ouvrages hydrauliques sont toujours liée a une évaluation saine non seulement des débits disponibles en moyenne mais surtout des débits extrêmes.

III.2) - Caractéristiques morpho métriques des bassins versants:

Les différents paramètres morpho métriques du bassin notamment, la forme, l'altitude caractéristique, la pente et le relief interviennent et souvent de façon combinée dans les modalités de l'écoulement, donc il convient de les préciser dès le début de toute étude.

III.2-1) - Définition du bassin versant :

Le bassin hydrographique, ou bassin versant est l'unité ou le cadre de toute étude hydrologique.

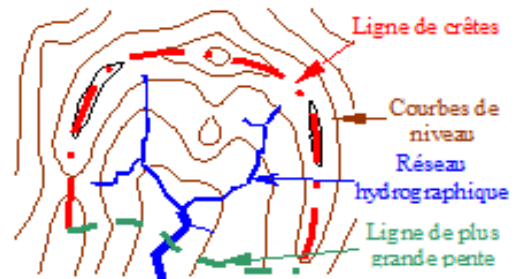
Les limites d'un bassin sont formées par les lignes de partage des eaux ; qui le séparent des bassins adjacents. Elles sont facilement réparables dans les régions où le relief est bien marqué, il n'en est pas de même dans les régions très plates, où les eaux divaguent dans celle où les écoulements temporaires se perdent dans les sables ou dans les cuvettes désertiques.

Dans un bassin hydrographique, la topographie ou le système de pentes commande la trajectoire des écoulements et l'organisation du drainage ou réseau hydrographique, celui-ci dépend de l'alimentation en eau. Le terme de bassin hydrographique est parfois remplacé par

celui du bassin versant ; qui désigne la surface d'interception des précipitations alimentant un cours d'eau.

III.2-2) - La superficie du bassin :

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques. La surface A d'un bassin s'exprime généralement en km².



DELIMITATION DU BASSIN VERSANT

La surface du bassin d'un cours d'eau donné en un point de ceci est l'aire limitée par le contour, à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point.

La superficie d'un bassin versant est une dimension importante à connaître, car elle est la base de tous les calculs hydrologiques (bilan, module, débit spécifique ...etc).

La mesure de cette surface suppose d'abord la délimitation du bassin par la ligne de partage des eaux qui est matérialisée par les lignes de crêtes.

En absence des zones montagneuses, les limites du bassin de l'oued Ittel ne sont pas nettes pour cela on se basant à la délimitation de l'ANRH

De ce fait, le calcul de la superficie se fait par du planimétrie du bassin tableau n°01. Le bassin versant « code 06/29 » s'étend sur 5292.70km²; on distingue quatre sous bassins :

Le sous bassin de « oued El Fahama »

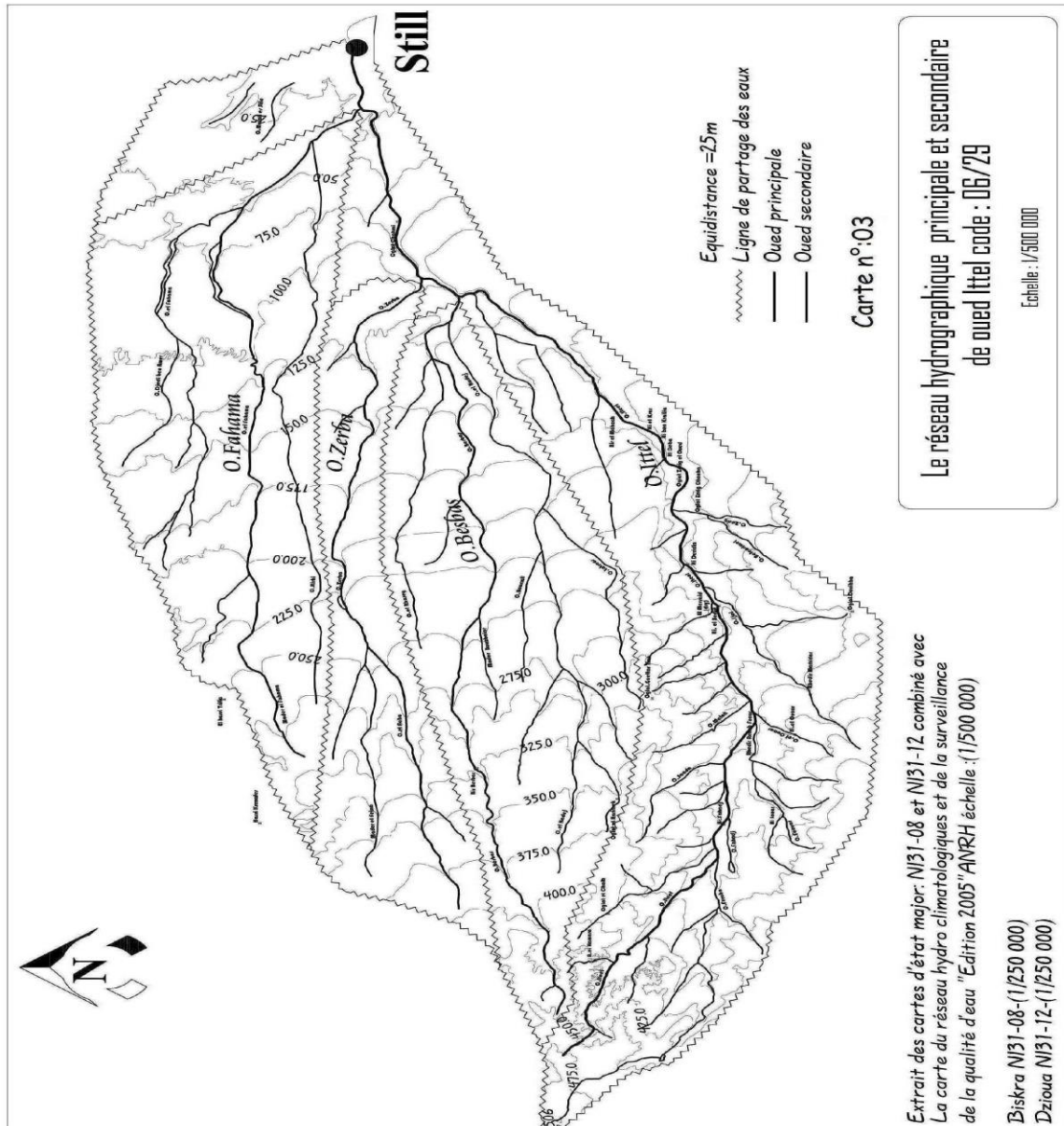
Le sous bassin de « oued Zarba »

Le sous bassin de « oued Besbas »

Le sous bassin de « oued Ittel »

Bassin versant	Superficie (km2)
Fahama	1271.79
Zerba	650.44
Besbas	1185.31
Ittel	2185.16
Total 06/29	5292.70

Tableau n° :III-1 Superficie du bassin versant de l'oued Ittel



CARTE N6 Le réseau hydrographique principale et secondaire de oued ittel

III.2-3) - Caractéristiques des altitudes (hypsométrie)

La plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont en fonction de l'altitude car c'est de la pente du relief dont dépend le gradient pluviométrique et thermique, ainsi que la vitesse d'écoulement qui sera en principe plus importante en montagne qu'en plaine.

La répartition du bassin versant (en km² et en % de la superficie totale) par tranches d'altitudes est consignée dans les tableaux n°02-03-04-05 et reportée sur la carte n°03- n°:04 ; qui nous renseigne sur les altitudes caractéristiques du bassin

ALTITUDE (m)		Bassin « O Fahama »			
		Superficie partielle		Superficie cumulée	
		Km2	%	Km2	%
325	300	11.95	0.94%	11.95	0.94%
300	275	50.31	3.96%	62.27	4.90%
275	250	56.52	4.44%	118.79	9.34%
250	225	79.28	6.23%	198.07	15.57%
225	200	111.06	8.73%	309.14	24.31%
200	175	103.10	8.11%	412.23	32.41%
175	150	136.49	10.73%	548.72	43.15%
150	125	122.87	9.66%	671.59	52.81%
125	100	161.77	12.72%	833.36	65.53%
100	75	251.73	19.79%	1,085.09	85.32%
75	50	121.22	9.53%	1,206.31	94.85%
50	25	59.70	4.69%	1,266.01	99.55%
25	0	5.78	0.45%	1,271.79	100.00%

Tableau n° :III-2 La répartition altimétrique du bassin de « l'oued Fahama »

Altitude(m)		Bassin « O Zerba »			
		Superficie partielle		Superficie cumulée	
		Km2	%	Km2	%
425	400	10.47	1.61%	10.47	1.61%
400	375	43.39	6.67%	53.86	8.28%
375	350	78.17	12.02%	132.03	20.30%
350	325	49.83	7.66%	181.86	27.96%
325	300	73.06	11.23%	254.92	39.19%
300	275	55.96	8.60%	310.88	47.80%
275	250	49.38	7.59%	360.27	55.39%
250	225	55.74	8.57%	416.01	63.96%
225	200	23.28	3.58%	439.28	67.54%
200	175	43.37	6.67%	482.66	74.20%
175	150	50.14	7.71%	532.79	81.91%
150	125	63.79	9.81%	596.59	91.72%
125	100	52.74	8.11%	649.33	99.83%
100	75	1.11	0.17%	650.44	100.00%

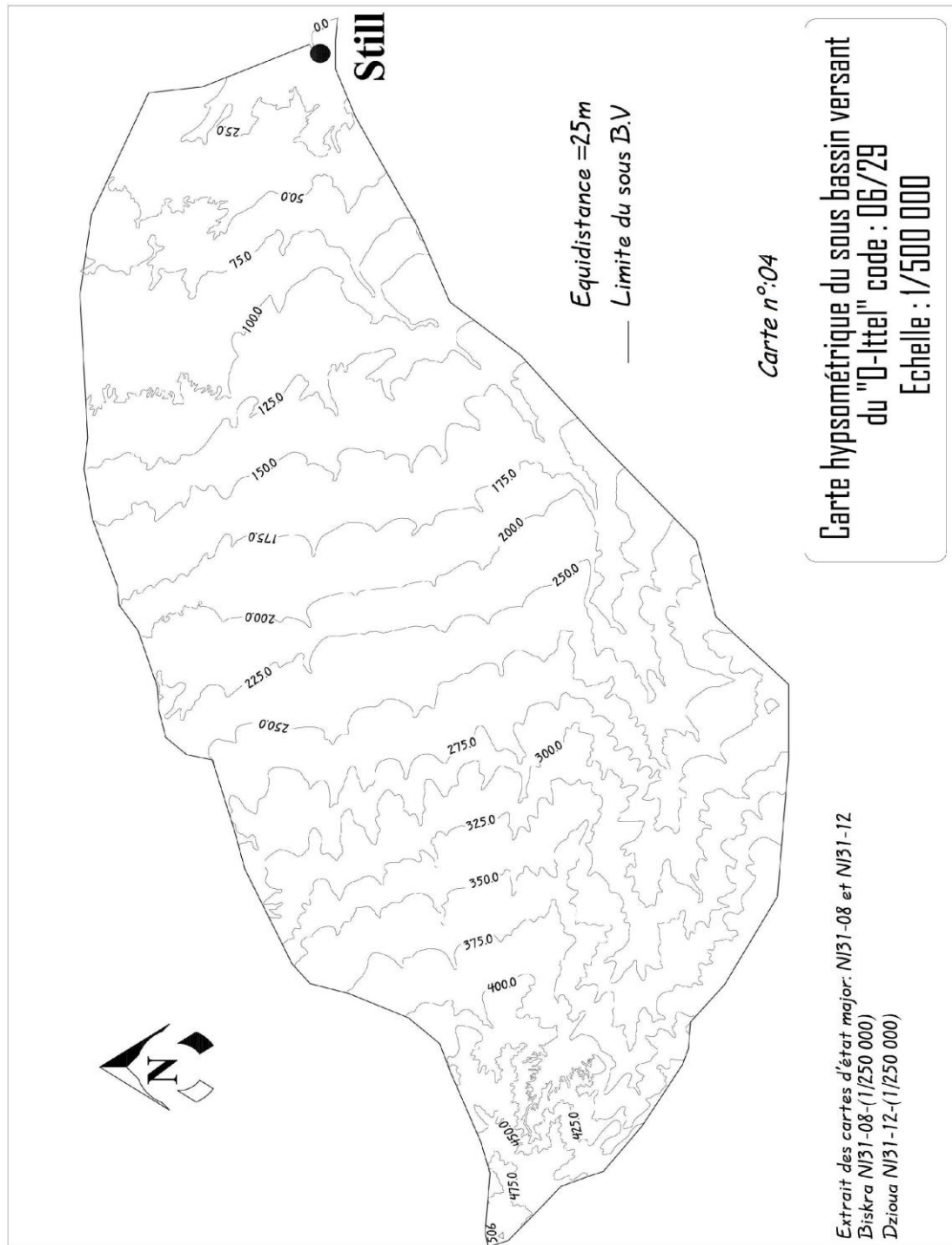
Tableau n° :III-3 La répartition altimétrique du bassin de « l'oued Zerba »

Altitude(m)		Bassin « O Besbas »			
		Superficie partielle		Superficie cumulée	
		Km2	%	Km2	%
475	450	6.86	0.58%	6.86	0.58%
450	425	39.94	3.37%	46.80	3.95%
425	400	41.23	3.48%	88.03	7.43%
400	375	63.92	5.39%	151.95	12.82%
375	350	80.73	6.81%	232.68	19.63%
350	325	103.34	8.72%	336.02	28.35%
325	300	96.69	8.16%	432.71	36.51%
300	275	77.80	6.56%	510.51	43.07%
275	250	135.69	11.45%	646.21	54.52%
250	225	136.92	11.55%	783.12	66.07%
225	200	100.73	8.50%	883.86	74.57%
200	175	108.57	9.16%	992.42	83.73%
175	150	99.26	8.37%	1,091.68	92.10%
150	125	77.40	6.53%	1,169.09	98.63%
125	100	16.23	1.37%	1,185.31	100.00%

Tableau n° :III-4 La répartition altimétrique du bassin de « l'oued Besbas »

Altitude(m)		Bassin « O Ittel »			
		Superficie partielle		Superficie cumulée	
		Km2	%	Km2	%
506	475	24.60	1.13%	24.60	1.13%
475	450	44.25	2.03%	68.85	3.15%
450	425	40.71	1.86%	109.56	5.01%
425	400	76.86	3.52%	186.42	8.53%
400	375	118.30	5.41%	304.73	13.95%
375	350	151.27	6.92%	456.00	20.87%
350	325	162.41	7.43%	618.41	28.30%
325	300	166.19	7.61%	784.60	35.91%
300	275	180.55	8.26%	965.14	44.17%
275	250	150.45	6.89%	1,115.59	51.05%
250	225	153.69	7.03%	1,269.28	58.09%
225	200	146.50	6.70%	1,415.79	64.79%
200	175	102.43	4.69%	1,518.22	69.48%
175	150	97.69	4.47%	1,615.91	73.95%
150	125	63.81	2.92%	1,679.72	76.87%
125	100	86.86	3.97%	1,766.58	80.84%
100	75	59.36	2.72%	1,825.94	83.56%
75	50	81.50	3.73%	1,907.44	87.29%
50	25	182.25	8.34%	2,089.69	95.63%
25	0	95.47	4.37%	2,185.16	100.00%

Tableau n° :III-5 La répartition altimétrique du bassin de « l'oued Ittel »



CARTE N°7 carte hypsométrique du sous bassin versant du oued ittel

- **Courbe hypsométrique :**

En général, on ne s'intéresse pas à l'altitude moyenne mais plutôt à la dispersion des altitudes.

L'étude statistique permet de tracer la "courbe hypsométrique". Cette courbe donne la surface s (en km^2 ou en % de la surface totale) où les altitudes sont supérieures à une cote h donnée. Cette courbe est établie en planimétrant pour différentes altitudes les surfaces situées au-dessus de la courbe de niveau correspondante. Cette méthode est précise mais fastidieuse. Une autre consiste à échantillonner les altitudes selon un maillage carré. On admet alors que l'altitude au centre d'une maille est égale à l'altitude moyenne de la maille. Bien souvent, on définit la "dénivelée D " comme étant la différence de cote entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$:

$$D = H_{5\%} - H_{95\%}$$

- **L'altitude moyenne :**

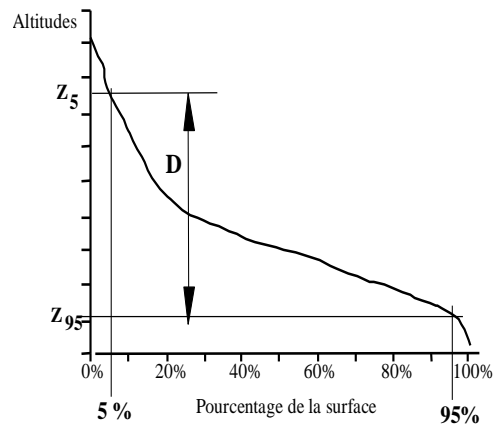
$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum S_i * H_i}{S}$$

H_{moy} : Altitude moyenne

H_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveaux (m)

S_i : Surface cumulée entre deux courbes de niveaux (Km^2)

S : Surface total du bassin versant (Km^2)



Bassin versant	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmax-Hmin (m) Dénivelée	Hmoy (m)
Fahama	325	19	306	144.66
Zerba	425	78	347	257.42
Besbas	475	100	375	267.98
Ittel	506	0	506	238.17

Tableau n° :III-6 Altitudes caractéristiques des bassins élémentaires d'oued ittel

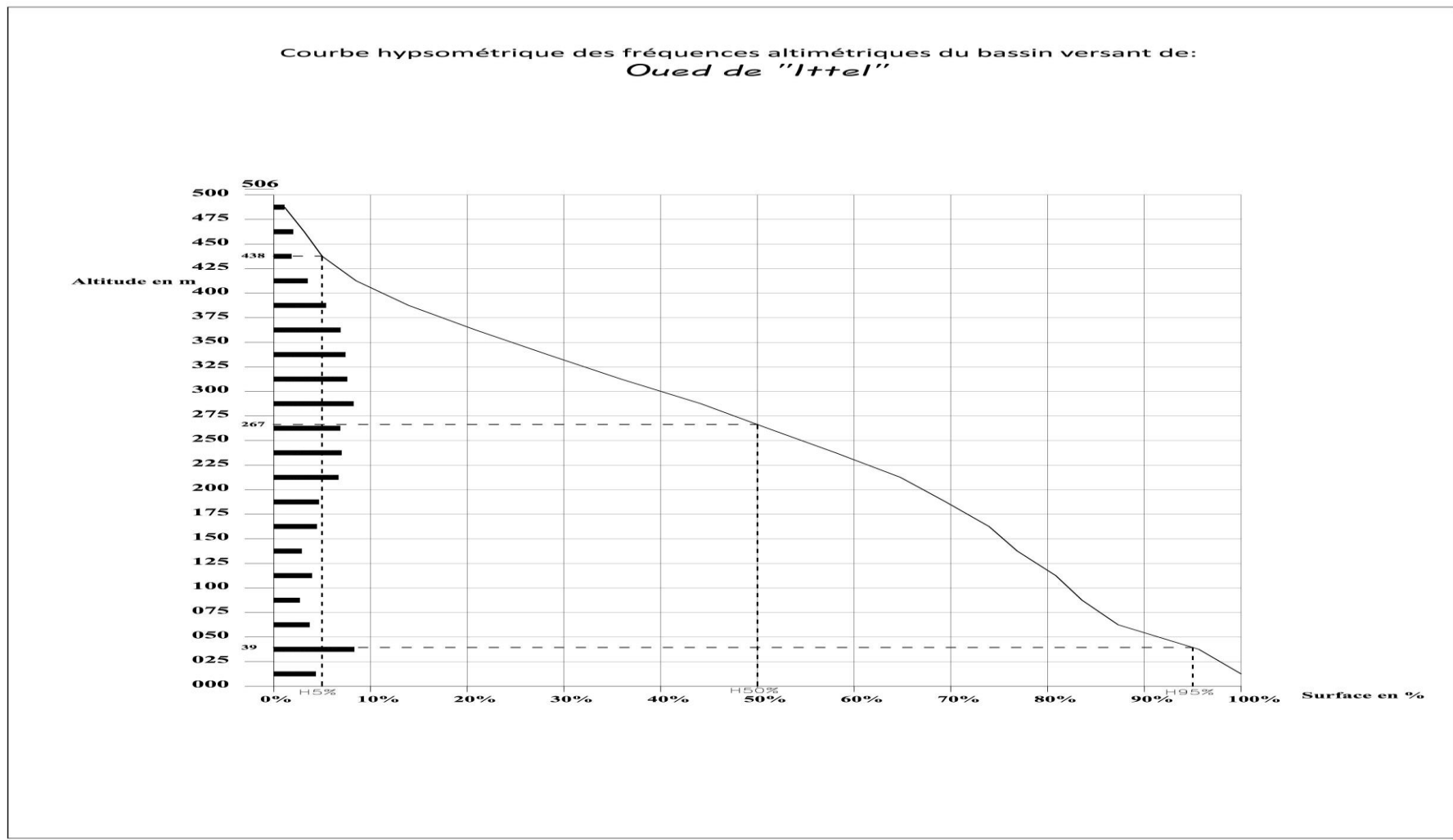
Le bassin de l'oued Ittel atteint 506 m à son point culminant au sommet de Monts du Zeb (ligne de partage entre notre oued et celle d'oued Djedi), tandis que le point le plus bas correspond à la l'intersection avec la ville de Still « Altitude : 0m » (la partie qui nous concerne du bassin). Tant dit que l'oued continuera son parcours vers son exutoire naturel « Chott Melghir ».

Donc la dénivelée totale sera : 506 m. L'altitude moyenne sur l'ensemble du bassin de l'oued Ittel est de 238.17m, déduite de la courbe hypsométrique, elle est plus forte dans les deux bassins élémentaires « Zerba et Besbas » et n'est que de 144.66m sur le bassin de l'oued Fahama

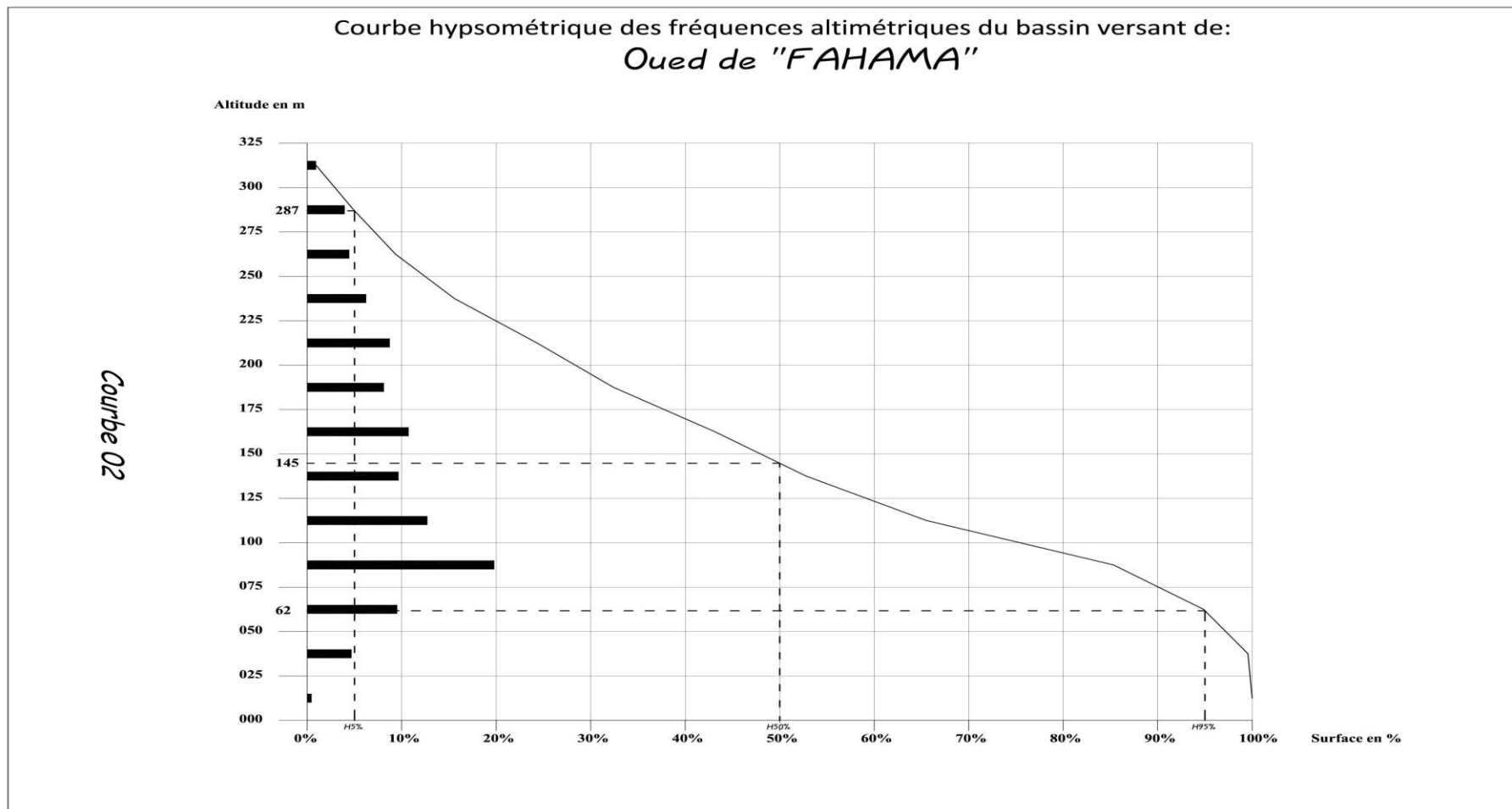
Ces valeurs moyennes et extrêmes n'ont qu'une valeur indicative, dont le rôle se limite à comparer les bassins élémentaires entre eux, alors que la répartition hypsométrique de chaque secteur est plus significative.

Bassin versant	H5% (m)	H50% (m)	H95% (m)
Fahama	287	145	62
Zerba	399	280	127
Besbas	430	272	152
Ittel	438	267	39

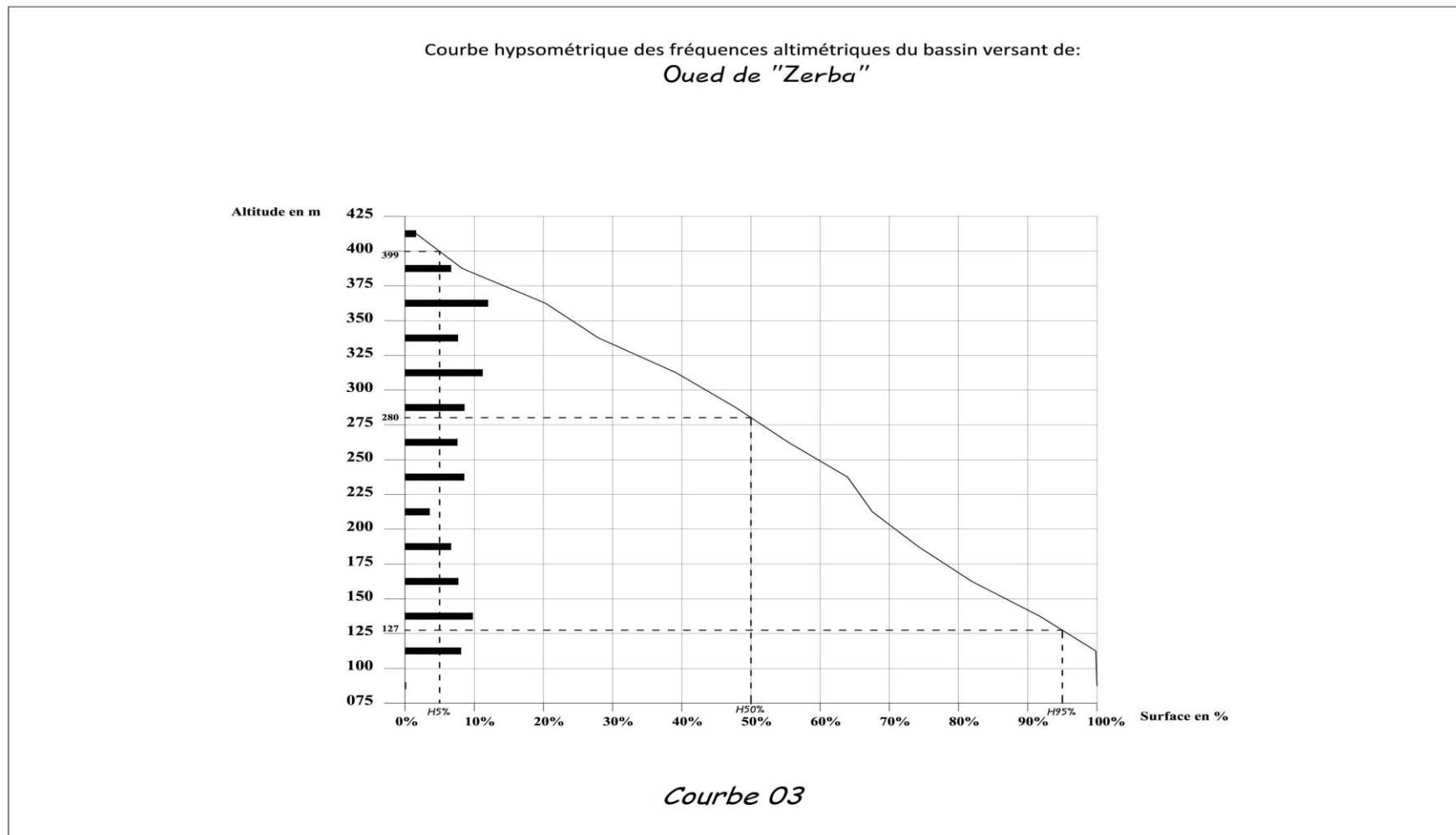
Tableau n° :III-7 Altitudes caractéristiques des bassins élémentaires d'oued ittel



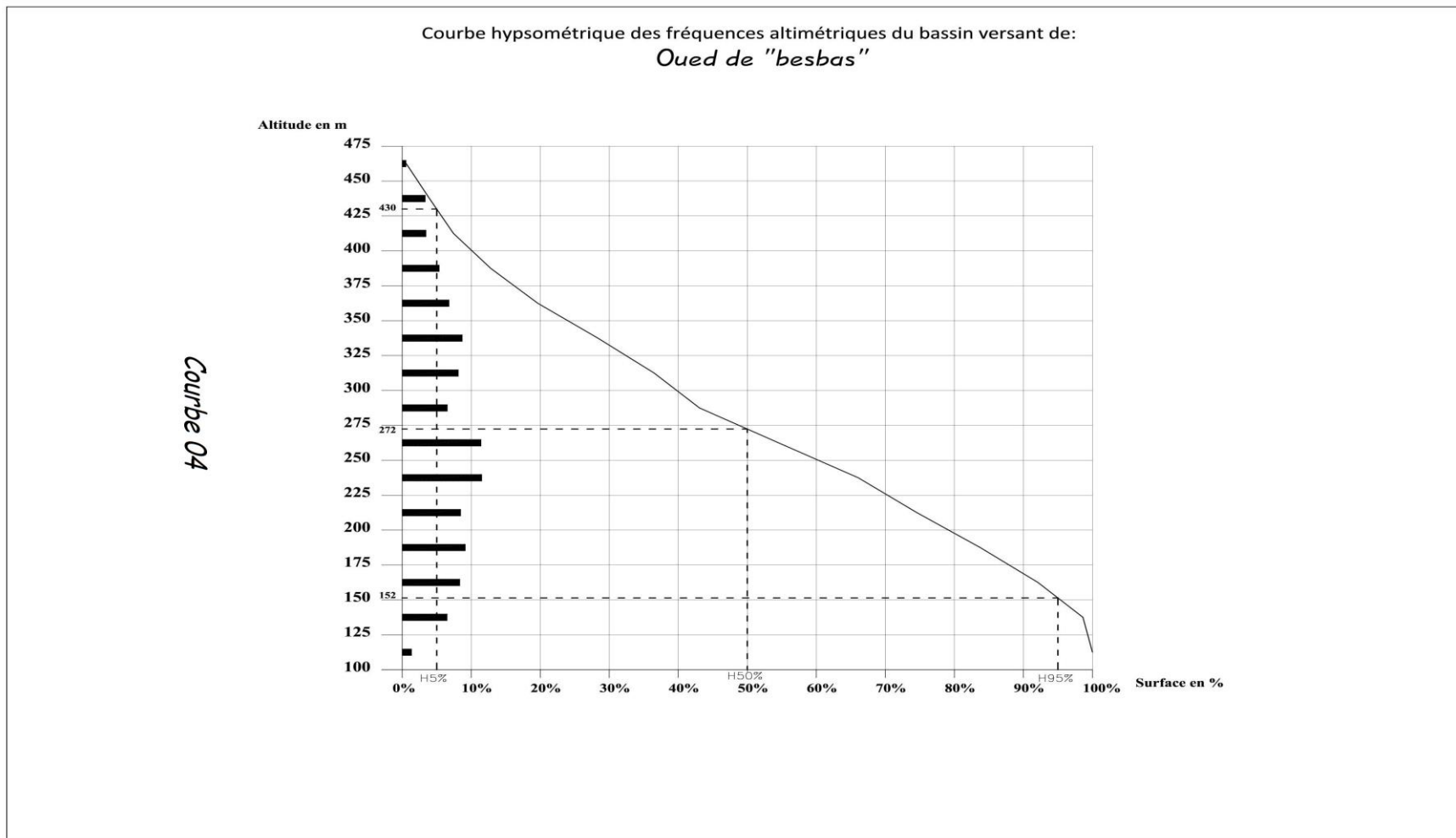
Courbe 01 courbe hypsométrique des fréquences altimétriques du bassin versant de oued ittel



Courbe 2 courbe hypsométrique des fréquences altémètriques du bassin versant de OUED DE FAHAMA



Courbe 3 courbe hypsométrique des fréquences altimétriques du bassin versant de OUED DE ZERBA



Courbe 4 courbe hypsométrique des fréquences altimétriques du bassin versant de OUED DE BESBES

Les courbes « 1-2-3 et 4 » montrent l'importance et la distribution de chaque tranche d'altitude dans les sous bassins et appellent les constatations suivantes :

Les secteurs de haute altitude (supérieur à 400m) sont très peu étendus dans le bassin, ils correspondent aux sommets des monts du Zeb.

Dans le bassin élémentaire d'oued El Fahama, cette tranche est nulle de sa surface totale parce que le pic du B.V.E situe au milieu du sous bassin « limites sud d'Oued Djalal ».

Dans le bassin élémentaire d'oued Zerba, cette tranche est d'environ 5% de sa surface totale.

Dans le bassin élémentaire d'oued Besbas, cette tranche représente 10% de la surface du sous bassin.

Alors que le secteur d'altitude inférieur à 100m, correspond exclusivement aux vallées drainées par l'oued Fahama et oued Ittel soit 25% pour le premier et 20% pour le deuxième.

La tranche d'altitude dominante, diffère d'un B.V.E à un autre (Tableau :07)

III.2-4) - La forme des bassins : Indice de compacité

La forme d'un bassin versant à une influence sur l'écoulement et surtout sur l'allure de l'hydro gramme de crue, ainsi un bassin très allongé ne réagira pas de la même façon qu'un bassin de forme ramassée, si les autres conditions sont par ailleurs égales.

On exprime cette caractéristique par les différents indices, dont **l'indice de compacité** (I_c) de **Gravelluis** qui est défini comme le rapport du périmètre stylisé du bassin au périmètre d'un cercle ayant la même surface, plus cet indice se rapproche de l'unité plus le bassin aura une surface ramassée et plus le temps de concentration de l'eau sera court.

$$I_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

A : surface du bassin versant

P : périmètre du bassin versant

Bassin versant	S(Km2)	S(%)	L(km)	Ic
Fahama	1271.79	24.02%	198.331	1.569
Zerba	650.44	12.29%	182.715	2.021
Besbas	1185.31	22.40%	190.157	1.558
Ittel	2185.16	41.29%	378.209	2.282

Tableau n° :III-8 Indices de compacité pour les bassins élémentaires d'oued ittel

Les résultats de calcul (tableau n°08) permettent de montrer que :

- Les deux BVE d'oued Ittel et Oued Zerba sont plus allongées que les deux autres BVE c'est-à-dire leurs risque est moins importance (de point de vue morphologique).
- Les deux BVE d'oued Ittel est classé en premier en matière de surface (41.29%) suivi par les deux bassins « Fahama et Besbas » (24.02% et 22.40%) d'où le dernier est : BVE « Zerba » de 12.29%.
- Environ 46% de la superficie totale de la région d'études présente un « Ic » faible c'est-à-dire un temps de concentration court ⇒ forme risqué en matière de forme

Cet indice est basé sur des caractères purement géométriques, qui assimilent le bassin versant à un plan horizontal. Donc il ne peut pas prédire de la forme des hydrogrammes des crues, même si ces derniers sont dépendants de la forme du bassin, ceci ne concerne que les bassins de grandes tailles, où

L'effet de la surface limite en quelque sorte l'effet des autres facteurs physico-géographiques qui influencent l'écoulement et dont le plus prédominant n'est pas la forme du bassin mais son système de pente.

Donc cet indice de compacité permet de faire des comparaisons, notamment pour les bassins d'un même domaine géographique, mais il est nécessaire de soulever des réserves sur sa fiabilité car il est lié aux mesures de périmètre stylisé, qui dépend directement de la façon de stylisation.

III.2-5) - Le système des pentes :

La pente topographique est un élément capital dans le comportement hydrologique du bassin elle détermine en grande partie l'aptitude des terrains au ruissellement et conditionne la vitesse d'écoulement des eaux de surface par l'effet de la pesanteur.

L'approche de ce paramètre est abordée avec des indices fréquemment utilisés par les hydrologues statisticiens, leurs buts est de caractériser les pentes d'un bassin, de permettre des comparaisons et des classifications, mais les résultats et leur traduction sont d'une précision douteuse d'autant plus qu'ils considèrent le bassin versant homogène et négligent les nuances topographiques qui existent à l'intérieur du bassin, où le comportement hydrologique de ce dernier n'est pas identique sur toute son étendu (voir tableau n°05).

- **L'indice de pente globale**

$$I_g = \frac{H_u}{L} \quad (\text{m/Km})$$

D'où

$$H_u = H_{5\%} - H_{95\%}$$

L : longueur équivalent (km)

- **L'indice de pente de Roche Ip**

M. ROCHE a proposé un indice de pente plus facile à calculer : Ip est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent, et pondérée par les surfaces

Par ailleurs, cet indice simple est étroitement corrélé avec l'indice de pente de global ($I_g = 0,8 I_p^2$), avec un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,99. (Eléments d'hydrologie de surface, J.P. LABORDE ECOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITE DE NICE)

Alors $I_p =$

$$I_p = \sqrt{\frac{I_g}{0.8}}$$

- **Dénivelée spécifique Ds**

$$D_s = I_g * \sqrt{S}$$

- **Rectangle équivalent :**

Le rectangle équivalent est un modèle établi par ROCHE. Il assimile le bassin en un rectangle ayant même surface et périmètre que celui du bassin versant considéré de longueur L et largeur l, l'exutoire est représenté par une largeur du rectangle et les courbes de niveaux sont des parallèles

$$L = \frac{Kc \cdot \sqrt{S}}{1,128} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{Kc} \right)^2} \right)$$

L : Longueur du rectangle équivalent (Km) ;

Kc : Coefficient de Gravelius ;

S : L'air du bassin versant (Km²).

Bassin versant	S(Km ²)	L(Km)	lg	lp « Roche »	Ds	Classe de relief (O.R.S.T.O.M)
Fahama	1271.79	84.07	6.309	2.81	225.0	Relief assez fort
Zerba	650.44	83.60	10.665	3.65	272.0	Relief fort
Besbas	1185.31	80.36	8.075	3.18	278.0	Relief fort
Ittel	2185.16	176.80	8.536	3.27	399.0	Relief fort

Tableau n° :III-9 Indices des pentes pour les bassins élémentaires d'oued ittel

III.3) - Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau, affluents et sous affluents permanents ou temporaires, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et convergent vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire).

III.3.1) - Présentation :

L'oued Ittel ; c'est le principal dans la région, son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluents et sous affluents, qui collectent les eaux de ruissellement de l'ouest du Zeb qui passe par les rives sud de la ville de Still, avant de se déverser dans le Chott Melghir .

L'oued Ittel résulte de la jonction de trois affluents secondaires: « oued Fahama », « oued Zarba » et « oued Basbes », qui drainent respectivement une superficie de 1271.79 et 650.44 et 1185.31 km², dont la confluence déverse par la suite Oued Ittel. (**Carte n°03**).

L'oued « Fahama » à son tour prend sa naissance du confluent d'un ensemble de chevelu on peut citer les oueds de : « Djedi ben amer » et « Rirhi » sa direction est du Nord vers le sud-est.

Les cours d'eau qui alimente Oued Zerba son peu et on peut citer : Oueds «El Acha » et « El Feiaa »

L'oued Basbes résulte de la jonction de trois oueds : « El Rhareg » , « el Hadej » et « Basbes ».

En fin, l'oued « ittel » est formé d'un chevelu relativement dense : le tableau 10 résume la totalité de notre réseau hydrographique :

principale	Longueur m	secondaire	Longueur m	Tercière1	Longueur m	Tercière 2	Longueur m	
O-Ittel	146959	O.fahama	21299	O.fahama1	69015	ONC	12911	
				O.fahama2	51512	O.Djedi ben amer	17580	
						ONC	5943	
						ONC	5881	
						ONC	5706	
		ONC	4362					
		O.Zerba	84560	ONC	4222			
				ONC	4334			
				O.El Feiaa	28705	ONC	11757	
				O.Acha	5596			
		O.Besbas	96439	O.El Rhareg	36864			
				ONC	9466			
				ONC	9180			
				ONC	28376			
				ONC	12563			
				ONC	2468			
				O.El hadej	72599	O.latrous	16322	
						O.bourmil	14933	
						ONC	11370	
						ONC	11370	
				ONC	12511			
		ONC	5386	ONC	13889			
				ONC	14961			
		ONC	17789					
		ONC	3865					
		O.Zérig	11236	O.belourimel	10296			
		ONC	4197					
		ONC	6185					
		ONC	5614					
		O.ljel	25883	ONC	10202			
		ONC	10511					
		ONC	8839					
		ONC	8060					
		ONC	6284					
		O.Melah	11754					
		O.El ouaar	9384					
		O.Faouar	18790	ONC	8686			
				ONC	8519			
				ONC	4529			
		O.saada	14118					
ONC	118	ONC	9632					
		ONC	4529					
O.Fehadj	8494							
ONC	3737							
ONC	8227	ONC	9418					
		ONC	4458					
O.Fercha	41892	ONC	7229					
		ONC	6896					
		ONC	9934					
ONC	8878							
ONC	5369							
ONC	1977							

ONC : oued non classé

Tableau n° :III-10 Le réseau hydrographique en chiffres d'oued ittel

III.3.2) - Hiérarchisation du réseau

Pour chiffrer la ramification du réseau, chaque cours d'eau reçoit un numéro en fonction de son importance. Cette numérotation, appelée ordre du cours d'eau, diffère selon les auteurs. Parmi toutes ces classifications, nous adopterons celle de (**Strahler**) Carte n° : 06

- Tout cours d'eau n'ayant pas d'affluent est dit d'ordre 1,
- Au confluent de deux cours d'eau de même ordre n, le cours d'eau résultant est d'ordre n + 1,
- Un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre, ce qui se résume par :

$$n + n = n + 1 \quad \text{et} \quad n + m = \max(n, m):$$

X	Fahama		Zerba		Besbas		Ittel	
	Nx	Lx(Km)	Nx	Lx	Nx	Lx	Nx	Lx
1	6	112.51	5	52.4	9	154.05	35	300.5
2	2	120.52	1	84.56	2	165.73	7	120.89
3	1	21.3					1	83.49
4							1	35.43
Total		254.33		136.96		319.78		540.31

Tableau n° :III-11 Classification, longueur et nombre des cours d'eau du bassin versant de l'oued Ittel et ses bassins élémentaires.

III.3.3) - Densité de drainage :

La densité de drainage est étroitement liée à deux facteurs principaux : la lithologie et l'abondance des précipitations, elle nous permet d'apprécier le réseau hydrographique dans le bassin versant.

Elle est exprimée par le rapport de la longueur totale des cours d'eau contenues dans un bassin versant (L) à la surface de ce dernier (S).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad \text{en Km/Km}^2$$

D'où

L = Longueur des cours d'eau km

A : Surface du bassin versant en km²

La mesure de ce paramètre suppose la reproduction de tous les affluents du bassin quel que soit leur ordre (carte n°06 page 44).

Nous avons effectué des calculs de la densité de drainage totale, sur les bassins élémentaires de l'oued Ittel (tableau n°II-12 Page63).

Bassin versant	A(Km2)	L (Km)	Dd
Fahama	1271.79	254.33	0.200
Zerba	650.44	136.96	0.211
Besbas	1185.31	319.78	0.270
Ittel	2185.16	540.31	0.247

Tableau n° :III-12 Densité de drainage pour les bassins élémentaires d'oued ittel

La densité de drainage qui exprime l'analyse générale du relief est variable à l'échelle des sous bassins (entre 0,200 et 0.270km/km²) où la superficie et la répartition des chevelus hydrographiques jouent un rôle déterminant dans la compensation de la densité de drainage.

III.3.4) - Le temps de concentration :

C'est le temps mis par une particule d'eau tombée sur le point le plus éloigné du bassin versant pour arriver à l'exutoire.

Bien que, ce paramètre intervient pour l'étude des crues, comme paramètre hydrologique de grande importance qui sert aussi à la comparaison des bassins différents.

Pratiquement le temps de concentration peut être déduire de mesurer sur le terrain ou estimer à l'aide de formules le plus souvent empiriques:

a) Formule de GIANDOTTI :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 L_p}{0.8 \cdot \sqrt{H}} \quad \ll \text{En heure} \gg$$

T_c : Temps de concentration en heure.

L_p : Longueur du talweg principal (km).

S : Superficie du bassin (km²).

H : H_{moy}-H_{min} en (m).

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin en (m).

H_{min} : Altitude minimale du bassin (m).

b) Formule de CALIFORNIA:

$$T_c = \left(\frac{0.87 \cdot L^3}{H_{\max} - H_{\min}} \right)^{0.386}$$

L : longueur du talweg principale en [Km];

H_{max}- H_{min} : respectivement la hauteur maximale et minimale du B.V en [m].

c) Formule de KIRPICH :

$$T_c = 0,6615 \cdot L_p^{0,77} \cdot i_{\text{moy}}^{0,385}$$

L_p : Longueur du cours d'eau principal (km) ;

i_{moy} : Pente moyenne du bassin versant.

d) Formule de VENTURA :

$$T_c = 0,1272 \sqrt{\frac{S}{i_{\text{moy}}}}$$

S : Surface du bassin versant en [Km²] ;

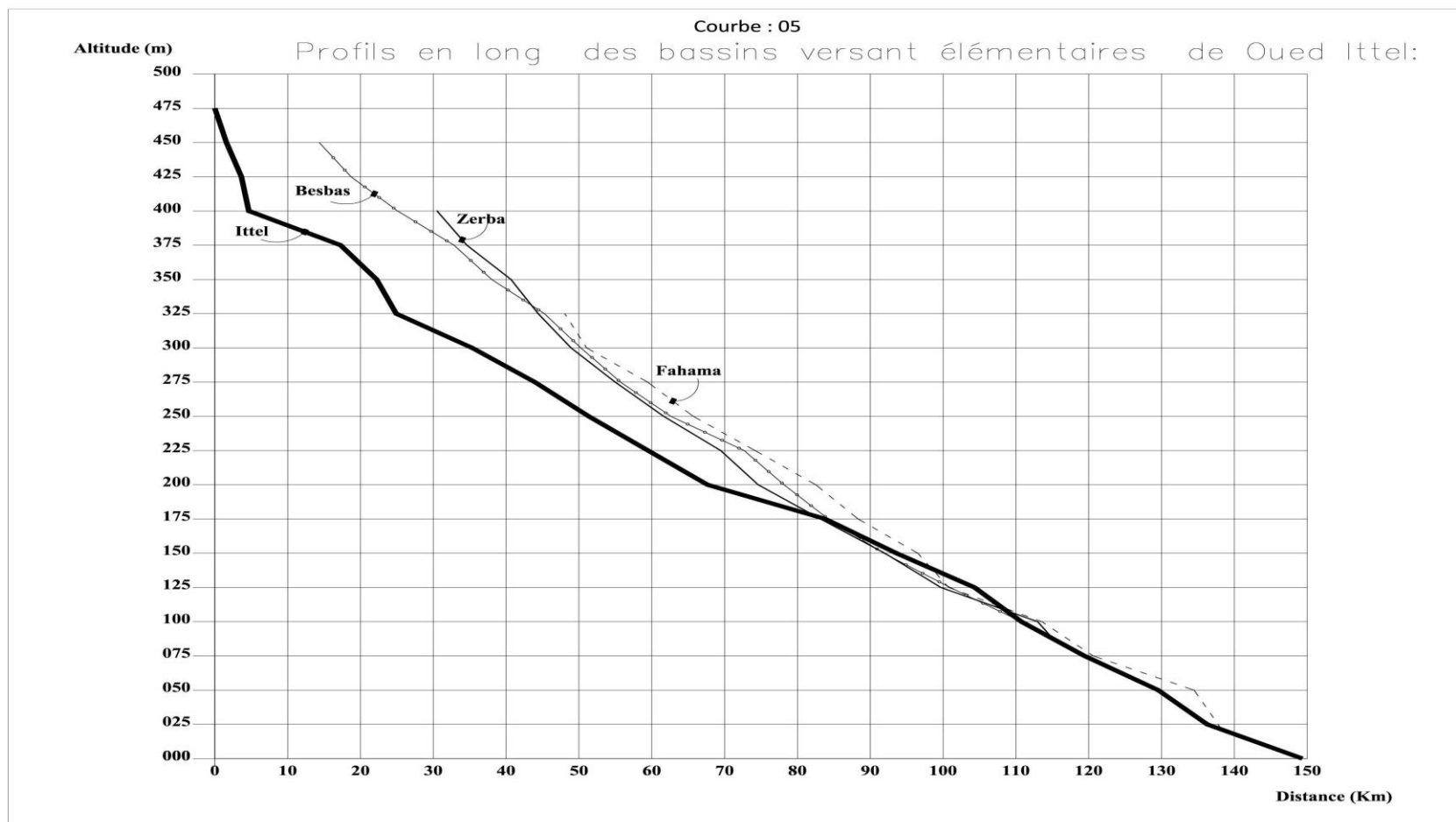
i_{moy} : Pente moyenne du bassin versant.

Mais le temps de concentration déterminé par la formule de « **Giandotti** » est largement utilisé en Algérie parce que cette formule tient compte tous les paramètres géométriques du bassin.

Bassin versant	S(Km2)	Lp (Km)	H(m)	Tc(H)
Fahama	1271.79	90.31	125.66	31.01
Zerba	650.44	84.56	179.42	21.36
Besbas	1185.31	96.43	167.98	27.23
Ittel	2185.16	149.34	238.17	33.29

Tableau n° :III-13 Temps de concentration pour les bassins élémentaires d'oued ittel

On remarque que le temps de concentration est lent ceci est due à l'absence des montagnes dans la région.



COURBE 5 : Profil en long des bassins versants élémentaires de oued ittel

Les résultats de calcul sont présents dans le tableau suivant :

Tableau III-14: caractéristiques morpho métrique des bassins versants :

caractéristiques	Fahama	Zerba	Besbas	Ittel
1-Morphométrie				
Surfaces (Km ²)	1271.79	650.44	1185.31	2185.16
Périmètres (Km)	198.331	182.715	190.157	378.209
Longueurs Equivalent (Km)	84.07	83.60	80.36	176.80
Largeurs Equivalent (Km)	15.127	7.780	14.750	12.359
2-Les reliefs				
2-1- Caractéristiques des altitudes				
Altitudes max (m)	325	425	475	506
Altitudes moy (m)	144.66	257.42	267.98	238.17
Altitudes min (m)	19	78	100	0
Altitudes 5 % (m)	287	399	430	438
Altitudes 50 % (m)	145	280	272	267
Altitudes 95 % (m)	62	127	152	39
Indice de pente globale Ig (m/Km)	6.309	10.665	8.075	8.536
Indice de pente de ROCHE Ip (m/Km)	2.81	3.65	3.18	3.27
3-Le réseau hydrographique				
la densité de drainage Dd (Km/Km ²)	0.200	0.211	0.270	0.247
longueurs des cours d'eau principale (Km)	254.33	136.96	319.78	540.31
Temps de concentration (h)	31.01	21.36	27.23	33.29

III.4)- Analyse des données pluviométriques :

III.4.1)- Pluie moyenne annuelle :

La pluviométrie dans les zones sahariennes se caractérise par la rareté et par des faibles quantités annuelles

Tableau n° III-15 les moyennes mensuelles enregistrées

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Pluie moyenne	12.5	9.65	15.6	8.89	14.5	5.98	13.4	12.7	8.25	5.55	0.618	3.68	111.30

station pluviométrique :

Station	source	Coordonnées			Années D'observation
		X (km)	Y (km)	Z (m)	
BISKRA	A.N.R.H	750	3 853.2	75	1971 - 2004

III.4.2) -Pluies maximales journalières :

Les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, contre lesquels on va présenter ici les grandes lignes de la protection d'un site urbanisé contre les inondations.

Tout d'abord pourquoi un site urbanisé ? Tout simplement parce que c'est là que les aléas climatiques ont une grande influence et peuvent causer plus de dégâts, en ce sens on est appelé de prévoir des protections à la hauteur des exigences du site.

Le premier paramètre à prendre en compte dans une étude de protection contre les inondations et le débit à évacuer. C'est là où réside le plus grand problème car le débit n'est en fait qu'une transformation de la pluie mais dans un temps relativement court !

Si le temps de filtration est suffisant alors on n'aura jamais une inondation. Mais ce qui arrive en général, c'est tout à fait l'inverse, une forte pluviosité dans un temps très court donc, elle ne favorise pas l'infiltration mais le ruissellement.

Dans ce cas, les ouvrages disponibles de protection ne peuvent pas évacuer ce qu'ils ont été conçu pour l'évacuer alors, la nécessité nous oblige de les agrandir pour régler le problème. Mais si l'averse est plus forte ... on se retrouve vite dans un cercle fermé.

Notre rôle est de déterminer la période de retour qui est la possibilité de revoir la même pluie dans 1, 2, 5, 10 ou « n » ans

Pour déterminer le débit de crue (correspond à la pluie critique), on aura besoin d'une série pluviométrique,

Plusieurs auteurs et chercheurs ont travaillé sur le sujet et sont arrivés à modéliser tout ça sous forme de formules ou d'abaques.

La première étape c'est voir une série inter-annuelle des précipitations journalières maximales pour chaque mois. Le tableau ci-dessous illustre ces données pendant la période : 1988-2007

Tableau III-16 les précipitations journalières maximales enregistrées à la station de Biskra

mois Années	sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	PJ max (mm)
1988	5.08	5.19	15.49	9.59	1.52	0.25	5.72	119.38	1.53	23.62	0	0	119.38
1989	23.74	1.02	5.84	4.15	4.85	7.12	1.02	10.92	0	21.84	0	0	23.74
1990	5.32	0	22.1	0	27.96	0	1.53	26.5	30.48	3.65	3.41	27.41	30.48
1991	16	32.51	4.06	10.74	1.99	15.56	47.89	2.25	5.36	1.02	0	2.84	47.89
1992	25.4	1.02	89.48	2.54	19.52	4.31	22.29	10.11	10.32	0.51	8.19	0.51	89.48
1993	56.1	0	17.48	144.21	0	43.43	28.76	0	7.47	0	0	0	144.21
1994	93.39	48.78	1.54	0	0	0	124.42	0	0	2.6	57.33	3.05	124.42
1995	227.89	4.16	16.26	18.4	3.25	1.88	9.98	6.9	0	3.23	0	1.52	227.89
1996	9.39	0.99	23.88	3.71	62.61	23.35	56.56	0.43	2.13	6.09	97.03	9.06	97.03
1997	7.25	14.75	44.59	18.96	15.24	5.08	9.15	71.63	0	7.87	0	0.37	71.63
1998	2.13	3.27	0	1.16	0	17.08	1.92	48.33	17.83	11.9	0	1.24	48.33
1999	0	12.49	42.73	36.67	0	0	0	0	0	0	0	0	42.73
2000	27.23	5.97	5.11	8.28	0	0	3.31	9.93	17.36	0	0	0	27.23
2001	3.06	0.5	18	15.91	34.32	0.3	0	0	0.71	0	0	8.8	34.32
2002	0.66	12.35	20.47	0.54	1.27	0	0.43	2.58	0.68	3.7	12.74	5.91	20.47
2003	6.1	48.01	1.35	13.14	69.06	1.64	57.25	5.04	3.8	2	0	0	69.06
2004	4.64	4.21	33.27	31.39	1.22	1.13	108.24	65.72	39.57	1.09	0	15.37	108.24
2005	4.98	0.51	0	14.54	0	18.33	8.08	0	0	24.89	3.67	2.69	24.89
2006	16.19	0	48.01	10.89	16.27	29.42	0	15.13	3.26	7.46	0	0.7	48.01
2007	37.07	3.37	0	1.91	0	2.26	10.88	13.68	1.35	0.46	0	0	37.07
Moyenne													71.82
Ecart type													52.77

III. 4.3) - Caractéristiques de la série :

L'étude consiste à faire un ajustement pour la série de données des précipitations maximales journalières par une loi théorique afin de déterminer une intensité de pluie de durée et de période de retour donnée.

Pour notre étude on passe par les étapes suivantes :

- Classer la série des précipitations par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série de donnée.
- Ajuster graphiquement la loi choisie.
- Calculer le quantile et son intervalle de confiance.

Tableau.III.17 : Caractéristiques de la série avec $N=20$ ans :

Caractéristiques	Formules	Valeurs
La somme des $P_{max j}$ en (mm)	$\sum_{i=1}^{N=20} Xi$	1436.5
la moyenne des $P_{max j}$ en (mm)	$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{n=20} Xi}{n}$	71.82
L'écart type « $\bar{\sigma}_x$ » ; Pour $n = 20$ ans	$\sigma_x = \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \right]$	52.77
Coefficient de variation « C_v » :	$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}}$	0.73
L'exposant climatique :	$b = 0.27$	

Remarque :

L'exposant climatique pour notre région ($b = 0.27$) est donné par l'ARNH de BISKRA.

ARNH : agence nationale des ressources hydriques.

III.4.4) : Choix de la loi d'ajustement :

Comme il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométrique, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de la taille de l'échantillon et de certaines caractéristiques de l'échantillon. Pour ce faire, on établit l'ajustement des précipitations maximales journalières par la loi de Gauss (Log-normale), qui semble, d'après des études faites, la mieux appropriée

Ajustement de la série pluviométrique à la loi de GAUSS

Cette loi a une fonction de répartition qui s'exprime selon la formule suivante :

$$\text{Fonction de répartition: } F(x) = F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} .du$$

$$\text{Variable réduite de Gauss: } u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma x}$$

\bar{x} : la moyenne des x.

σx : l'écart type des x.

Ajustement graphique

La variable réduite de Gauss u s'exprime facilement en fonction de la fréquence (F).

Estimation de x pour une fréquence donnée:

A partir de F, on déduit u (on utilise la table de Gauss), $u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma x}$, \bar{x} et σx

étant connus, on peut calculer x.

$$x = \bar{x} + u . \sigma x$$

Détermination d'une fréquence F pour x donné:

on connaît x, on en déduit u, on peut alors calculer la fréquence F (on utilise la table de Gauss) et la période de retour T.

$$\sigma x = 52.77 \text{ mm/j}$$

$$\bar{x} = 71.82 \text{ mm/j}$$

L'équation de la droite de Henry pour la loi de Gauss devient:

$$x = \bar{X} + u \cdot \sigma_X$$

$$x = 71.82 + 52.77 \cdot u$$

précipitation en fonction de période de retour

$$T=50\text{ans} ; T=1/1-F \quad ; F= 1 - 1/T$$

$$F= 1 - 1/50$$

$$F = 0.98$$

On sait $F(u) \implies u = 2.05$ (table de Gauss)

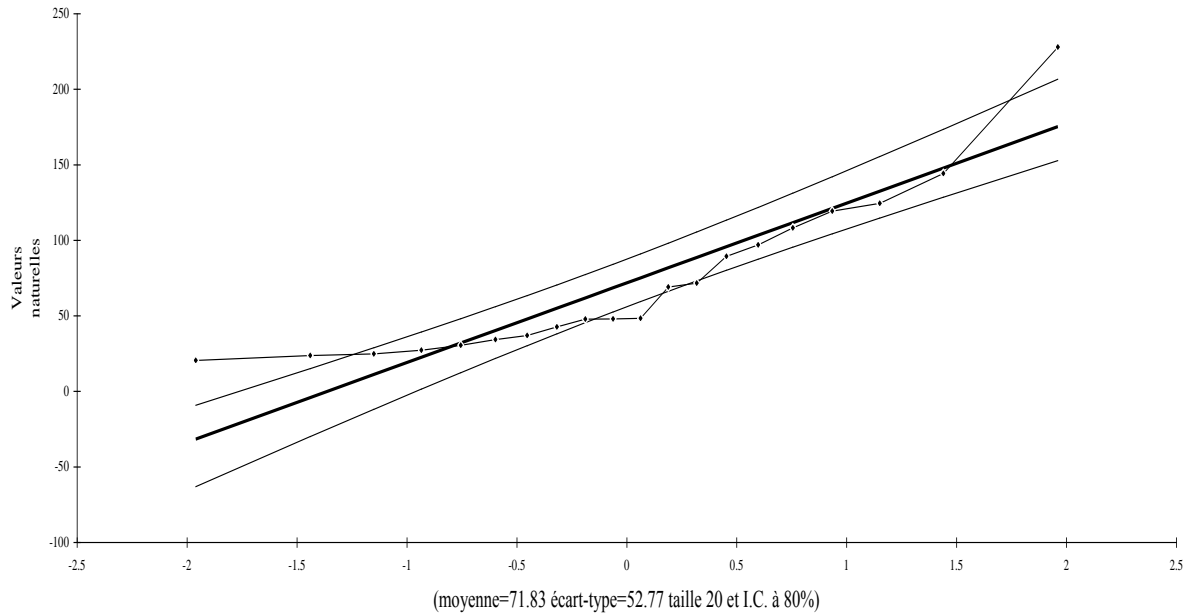
$$P = x = 71.82 + 52.77 \cdot u = 71.82 + 52.77 \cdot 2.05$$

$$P = 180 \text{ mm/j}$$

Tableau .III.18: résultat de l'ajustement a la loi de Gauss.

<i>Période de retour (ans)</i>	<i>Probabilité (F)</i>	<i>Variable Réduite</i> $u=(x- \bar{X})/\sigma_X$	$x= P_j.\text{max}(\text{mm/j})$
1000	0.9990	3.17	239.10
100	0.9900	2.33	194.77
50	0.9800	2.05	180.00
20	0.9500	1.64	158.36
10	0.9000	1.28	139.37
5	0.8000	0.84	116.15

Ajustement à une loi Normale



On prend une période de retour de 100 ans qui correspond à une fréquence de 0.990 c'est-à-dire une pluie de 194.77 mm/j, finalement on opte une pluie de 200 mm/j qui correspond à une fréquence de 0.992 c'est-à-dire une période de retour de 130 ans.

III.4.5)- Pluies de courte durée :

Le passage des pluies journalières maximales aux pluies de courtes durées est effectué au moyen de la formule K. Body (ANRH 1984).

$$P_{tc} = P_{\max j} \left(\frac{t}{24} \right)^b$$

Avec :

t : durée de l'averse

b : exposant climatique *b* = 0.27 selon les études régionales de l'ANRH.

Les intensités maximales de période *t* (h) et période de retour *T* (ans) sont calculées par la relation

$$I_t = \frac{P_{ct}}{t}$$

Avec :

I : l'intensité maximale de période *t* (h).

Les précipitations et les intensités maximales pour différentes durées sont représentées au tableau suivant :

P_{tc} : Pluies de courte durée (mm)

I : Intensité maximale (mm/h)

Tableau III.19. Pluies maximales de durée *t* (h) et de période retour

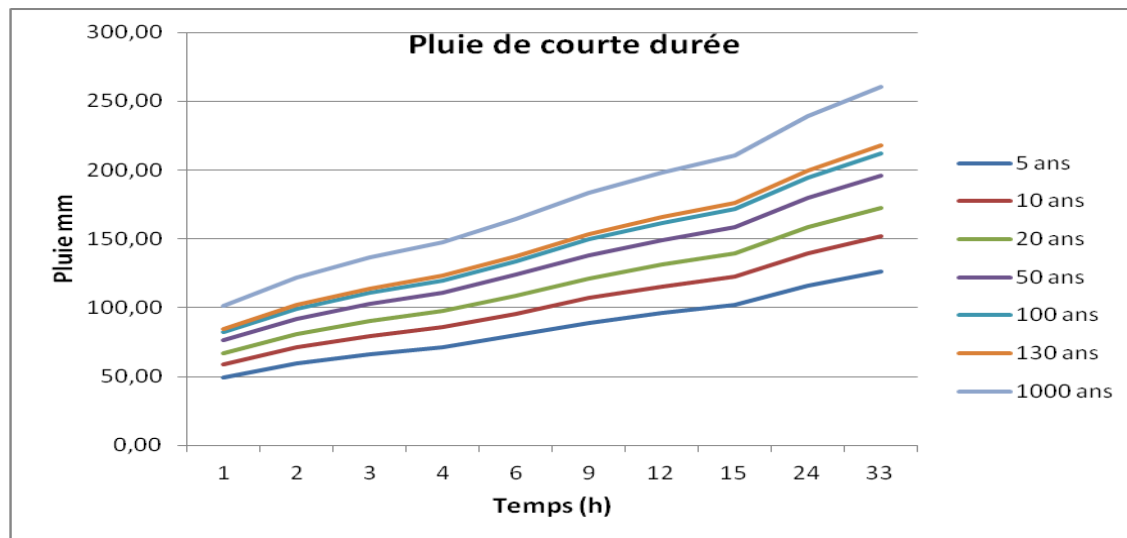
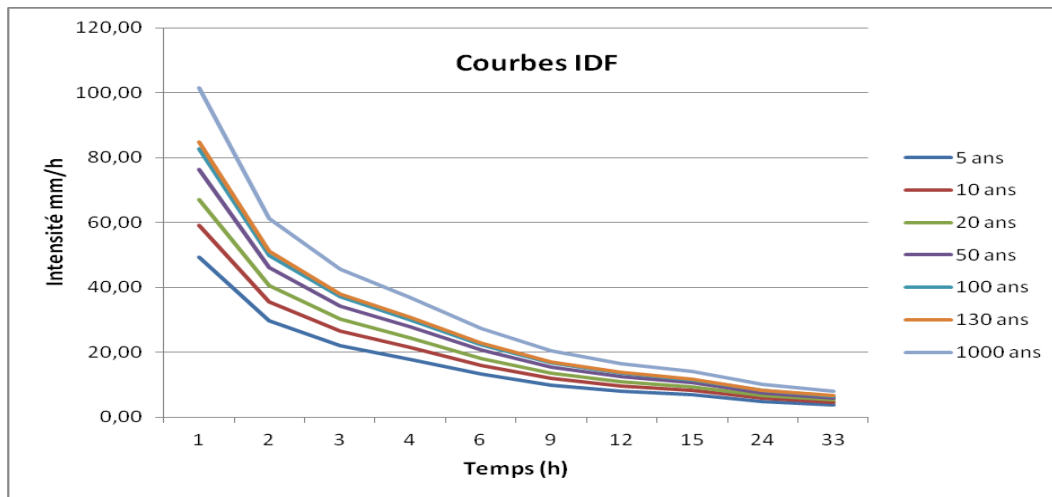


Tableau III.20. Intensités maximales de durée *t* (h) et de période retour

Période de retour(ans)	5	10	20	50	100	130	1000
T (h)	Pluie de courte durée(<i>P_{tc}</i>) en (mm)						
1	49,25	59,09	67,14	76,32	82,58	84,80	101,37
2	59,38	71,25	80,96	92,02	99,57	102,25	122,24
3	66,25	79,49	90,33	102,67	111,09	114,08	136,38
4	71,60	85,91	97,62	110,96	120,07	123,29	147,39
6	79,88	95,85	108,92	123,80	133,96	137,55	164,45
9	89,13	106,94	121,52	138,12	149,46	153,47	183,47
12	96,33	115,58	131,33	149,28	161,53	165,86	198,29
15	102,31	122,76	139,49	158,55	171,56	176,16	210,60
24	116,15	139,37	158,36	180,00	194,77	200,00	239,10
33	126,58	151,88	172,58	196,16	212,26	217,96	260,57



Les courbes Intensité–Durée–Fréquence (IDF) sont obtenues à partir d'ajustement statistique des observations effectuées à une station pluviométrique. Elles traduisent l'évolution de l'intensité moyenne maximale de la pluie en fonction de la durée (D) et de la fréquence (F) ou période de retour ($T=1/F$). Leur établissement nécessite de disposer de longues séries d'observations.

La courbe établie permet ensuite d'évaluer, l'intensité d'une pluie de période de retour T. La représentation graphique sous forme de courbes IDF montre que statistiquement, plus une pluie est longue, plus l'intensité moyenne est faible, pour une fréquence ou période de retour donnée.

III.5)-Les apports :

III.5.1)- Apports liquides :

III.5.1.1)- Apport moyen interannuel (A_o) :

A défaut de toute donnée hydrométrique dans les différents bassins versants, l'apport moyen inter annuel sera estimé par l'utilisation des formules empiriques

a). Formule de SAMIE:

$$A = L_e \cdot S$$

$$L_e = P^2 (293 - 2.2\sqrt{S})$$

Ou:

L_e : lame d'eau écoulée (mm).

P : précipitation moyenne (m).

S : la superficie en Km^2 du bassin versant.

b). Formule de DERY II:

$$A = 0.513.P^{2.683}.Dd. S^{0.842}$$

Ou: A: apport moyen interannuel (en hm^3).

P : précipitation moyenne (m). S: superficie (en Km^2).

c). Formule de MEDINGER:

$$L_e = 1.024(P - 0.26)^2$$

P : précipitation moyenne (m).

L_e : lame d'eau écoulée (mm).

$$A = L_e.S$$

d). Formule de CHAUMONT:

Cette relation donne le coefficient de ruissellement par la relation suivante:

$$C_e = 0.6(1 - 10^{-0.36P^2})$$

P : précipitation moyenne (m).

La lame d'eau écoulée est donnée par la relation :

$$L_e = P.C_e$$

$$A = L_e.S$$

e). Formule de COUTAGNE:

Elle donne le déficit d'écoulement D tel que:

$$D = P - \lambda P^2$$

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T_0}$$

T_0 : température moyenne dans la zone d'étude. $T_0 = 22^\circ c$

La lame d'eau écoulée est alors:

$$L_e = P - D$$

$$A = L_e.S$$

f). Formule de TURC:

$$L_e = P - \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec:

$$L = 300 + 25T_0 + 0.05(T_0)^3 \quad T_0: \text{température moyenne dans la zone d'étude. } A = L_e.S$$

i). Formule de l' ANRH:

L'apport moyen interannuel est donnée par:

$$A_0 = 0.915 \cdot P^{-2.684} \cdot S^{0.842}$$

P : précipitation moyenne (mm).

S : superficie (en Km^2).

On prend les valeurs de la formule de l'ANRH parce que sont proches à Les valeurs moyennes

P (mm)	S (km^2)	A_0 (m^3/an)
111.30	5292.70	388 642 582 .46

Tableau III.20. Apport moyen interannuel (A_0) par la formule de l' ANRH

III.5.2)- Evaluation des apports solides :

Le manque de données de mesure du transport solide nous ramène à accepter toute méthode empirique qui nous permet l'ordre de grandeur acceptable de l'écoulement solide

- **Formule de TIXERONT :**

C'est la formule la plus utilisée en Algérie pour l'évaluation du taux d'abrasion :

$$E_s = a \cdot L_e^{0.15}$$

Où : E_s : taux d'abrasion (t/km²/an)

L_e : lame d'eau ruisselée en (mm)

a : coefficient empirique qui varie en fonction de la perméabilité du terrain

$a = 350$ (perméabilité moyenne).

En tenant compte du poids spécifique moyen des sédiments $\gamma = 1.4 T/m^3$.

$$V_s = \frac{E_s \cdot S}{\gamma}$$

Les apports solides :

S (km^2)	L_e (mm)	E_s (T/Km ² /an)	V_s (m ³ /ans)
5292.7	28.68	579.05	2 189 106

Tableau III.21. Evaluation des apports solides Formule de TIXERONT

III.6)-Etude de crues :

III.6.1)-Différentes méthodes d'évaluation des crues :

Les techniques utilisées pour la détermination des crues dépendent pour une grande part des données disponibles. Presque chaque problème qui se produit est unique, du aux variations des conditions et des données, qui fait que c'est la disponibilité des données plutôt que la nature des problèmes qui conditionnent la procédure. Il n'existe pas encore une unicité de calcul des crues, les méthodes de calcul différent aussi selon le chargé d'études.

Nous rappelons ci-dessous, les différentes méthodes de calcul des crues que chacune d'elles a ses avantages et ses inconvénients.

a) Méthodes historiques :

Etudes des archives, enquêtes auprès des populations et recherches d'anciennes traces des crues (les niveaux atteints par les crues du passé)

b) Méthodes empiriques :

Relations établies entre le débit et la surface du bassin versant, la pluie et la période de retour comme les formules de Greager, Fuller, Snyder, Possenti, etc....

c) Courbes enveloppes :

Les pointes de crues maximales observées dans une région de caractéristiques hydrologiques homogènes sont reportées en fonctions de la surface du bassin versant, permettant de tracer une courbe enveloppée (Francu-Rodier, Chaumont...).

d) Méthodes probabilistes :

Analyse des débits afin de déterminer la loi de probabilité à laquelle ils répondent (Gumbel, Galton, Pearson III, Log Pearson III..).

Méthode du Gradex basée sur l'hypothèse que durant des pluies fortes, alors que le sol du bassin approche de la saturation, chaque augmentation de la pluie tend à produire une augmentation du débit. En conséquence, sur un graphique de Gumbel, les droites de répartitions des fréquences des pluies et des débits sont parallèles.

e) Méthodes déterministes :

délimitent fondamentalement le processus pluie - écoulement du bassin et elle ont pour objectif de déterminer non seulement le débit de pointe mais également l'hydrogramme correspondant à la crue que celui aussi permet d'estimer le volume de cette crue.

f) Méthode de l'hydrogramme unitaire :

Basée sur un travail de dépouillement averse - crues (version de Sherman).

Dans notre étude on va utiliser les méthodes empiriques

III.6.2)- Application sur le bassin versant :

Partant des données morphologiques et pluviométriques existantes une évaluation des débits de pointes des crues sera faite à partir de formules empiriques :

Mallet – Gauthier, Giandotti, Turazza, et Sokolovsky. Ces relations sont celles qui traitent au mieux les bassins.

III.6.2.1)- Formule de Turazza :

Cette formule utilise l'intensité moyenne maximale de précipitations déterminées sur un intervalle de référence égal au temps de concentration du bassin versant.

$$Q_{\max, P\%} = \frac{C \cdot \bar{i}_{tc} \cdot A}{3.6} \dots\dots\dots(III-38)$$

A : Surface du bassin versant

\bar{i}_{tc} : Intensité moyenne maximale des précipitations pendant une durée égale au temps de concentration en mm/h.

C : coefficient de ruissellement de la crue considérée pour une probabilité $P\%$

III.6.2.2) -Formule de Giandotti :

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante :

$$Q_{\max, P\%} = \frac{C \cdot S \cdot h_{tc, P\%} \sqrt{h_{moy} - h_{min}}}{4\sqrt{S} + 1,5L}$$

S : Surface du bassin versant en Km²

L : Longueur du talweg principale en Km

h_{moy} : Altitude moyenne en m

h_{min} : Altitude minimale en m

$h_{tc, P\%}$: Lamme d'eau précipitée pour une probabilité donnée et d'une durée égale au temps de concentration des eaux.

C : coefficient topographique variant entre 66 et 166.

III.6.2.3) - Formule de Sokolovsky :

Le débit maximum probable est donné par la formule suivante :

$$Q_{j\max} = \frac{0.28 \cdot P_{tc} \cdot C_r \cdot S \cdot F}{T_m}$$

Où :

$P_{tc\%}$: pluie à courte durée correspondant à un temps t_c en mm.

S : Surface du bassin versant en km²

C_r : Coefficient de ruissellement

$T_m = T_c$: Temps de concentration en heure

F: coefficient de forme

0.28 : coefficient de changement d'unité

Le coefficient de ruissellement est choisi en fonction de la nature géologique du site de l'étude et aussi selon la période de retour. D'après la carte des sols d'Algérie la zone d'études se caractérise par des sols éoliens d'ablation.

On a pris le Coefficient de ruissellement ; « 0.9 » sol éolien d'ablation « léger »

Tableau III.22 : tableau renseigne la valeur du coefficient de forme F..

nature géologique	taille du bassin	
	grand	petit
Rocheux et imperméable	0.8	1
Légèrement imperméable. terrain nu	0.6	0.8
Légèrement perméable. partiellement cultivé et couvert de végétation	0.4	0.6
Sol cultivé perméable	0.3	0.4
Sol sableux perméable	0.2	0.3
Forêt dense	0.1	0.2

Ces sols sont des sols pourvus des éléments fins résidus à l'érosion éolienne : sa texture est légère (formation primaire), et pour égale à 0.3

Tableau III.23 : Débits de crues par les différentes formules

<i>Débit de crue</i>			
<i>Période de retour</i>	<i>Formule de Turazza</i>	<i>Formule de Giandotti</i>	<i>Formule de Sokolovsky</i>
<i>an</i>	<i>(m³/s)</i>	<i>(m³/s)</i>	<i>(m³/s)</i>
1000	10453,08	12753,04	3131,89
130	8732,96	10667,54	2625,89
100	8508,02	10388,58	2551,23
50	7859,66	9600,79	2357,76
20	6920,21	8446,56	2074,30
10	6086,61	7433,68	1825,56
5	5080,99	6195,17	1521,41

- La formule de Sokolovski est d'usage très répandue chez les hydrologues du Nord d'Afrique, celle-ci tient compte de plusieurs paramètres caractérisants le bassin versant (la

pluie fréquentielle qui correspond au temps de concentration, perte d'eau initiale, le coefficient de ruissellement, la surface du bassin versant, la forme du bassin et du temps de montée de la crue).

- Nous adoptons le débit maximal de crue donné par la formule de *SOKOLOVSKI* étant donné que la méthode adoptée pour le tracé de l'hydrogramme de crue est celle de *SOKOLOVSKI* qui a une relation directe avec la formule de débit maximale de crue.

III.6.3)- Hydrogrammes des crues :

L'hydrogramme de crue représente la variation des débits d'un cours d'eau en fonction du temps, il permet de déterminer les caractéristiques de la crue, forme, volume, temps de montée et temps de descente, la forme de l'hydrogramme de crue est déterminée selon la méthode de *SOKOLOVSKI*, qui assimile l'hydrogramme à deux équations paraboliques, l'une traduisant la montée de la crue qui s'écrit

- **La montée de la crue :** $Q_m = Q_{\max p} \left[\frac{t}{t_m} \right]^n$
- **La décrue :** $Q_d = Q_{\max p} \left[\frac{t_d - t}{t_d} \right]^m$

t_m : temps de montée de la crue

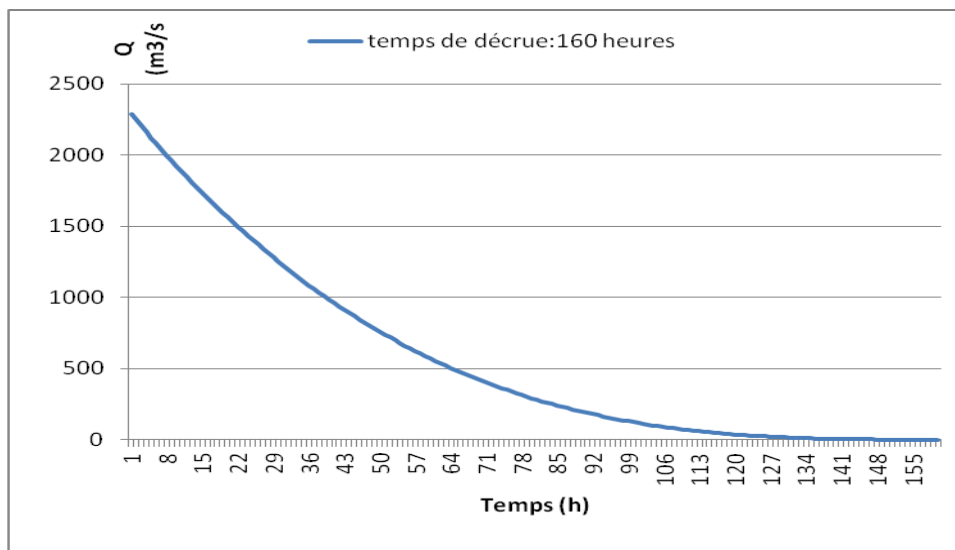
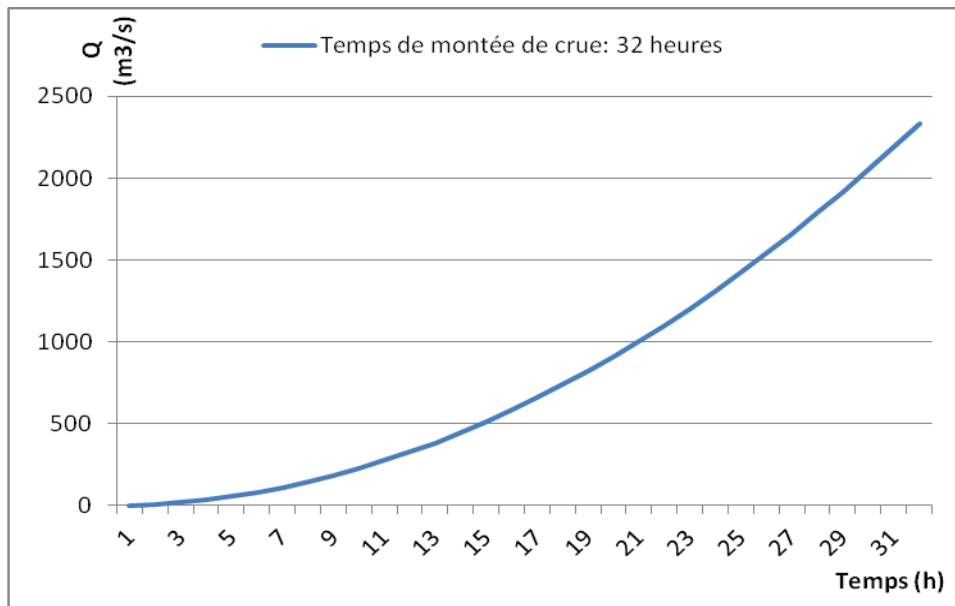
t_d : temps de la décrue

m, n : puissance des équations $m = 2, n = 3$.

$t_m = t_c$ et $t_d = \gamma \cdot t_c$

γ : est évalué en fonction de la taille du cours d'eau, de la perméabilité et du taux de boisement du bassin versant.

Description du cours d'eau	γ
Petit cours d'eau et vallons dans les bassins versants faiblement perméables	2 à 2.5
Petit cours d'eau et vallons dans les bassins versants boisés ou perméables	3 à 4
Moyen cours d'eau avec terrasses de lit majeures normales.	
Grand et moyen cours d'eau avec des terrasses de débordements étendues	4 à 7



III.7)- Conclusion :

Les hydro grammes des crues établis permettent de voir l'évolution des crues dans le temps.

Finalement, une évaluation plus ou moins variée a permis de fixer les valeurs des crues qui traversant la ville de STILL ont permis de dimensionner les ouvrages proposés pour protéger cette ville contre les inondations.

CHAP IV: Méthodes de Protection

IV.1)- Introduction :

L'écoulement de l'eau à surface libre est un phénomène beaucoup plus compliqué que l'écoulement en charge parce que la présence d'une surface libre entraîne les variations des sections liquides suivant la longueur du courant même en cas d'obstacles insignifiants. Il exige l'étude des processus de formation des ondes .et parfois nécessite la prise en considération de l'influence des forces tensioactive ...etc. Les courants a surface libre peuvent être permanent, non permanent .uniforme ou non uniforme.

Dans ce manuel on n'examine que les courants permanents

IV.2) - Calcul hydraulique :

Pour un écoulement lentement variable, on peut admettre qu'en toute section la pente de la ligne de charge est celle d'un régime uniforme.

IV.2.1)- Les conditions de l'écoulement uniforme :

- 1- le débit de l'eau dans chaque section des tronçons proposés est constant.
- 2- le canal est prismatique.
- 3- La profondeur h du courant est constante en sa longueur.
- 4- La pente de chaque section est constante.
- 5- La rugosité des parois est constante.
- 6- Les résistances locales sont absentes.

IV.2.2) -Les formules principales de calcul :

La formule de calcul principale pour un écoulement permanent uniforme de l'eau est la formule de Chézy :

La vitesse moyenne du courant sous la forme suivant :

$$V = C \cdot \sqrt{R \times I}$$

On utilisant le rapport suivant : $Q = V \times S$, on obtient :

$$Q = CS \cdot \sqrt{R \times I}$$

Avec : C : coefficient de Chézy ($m^{0.5}/s$)

S : section mouille (m^2)

R_h : rayon hydraulique $R_h = S/P$ (m)

I : pente de fond du canal.

IV.2.3)-Détermination de coefficient de Chézy :

En utilisant les formules empiriques pour détermination de coefficient de Chézy :

1-formule de PAVLOVSKI :

$$C = \frac{1}{n} R^{1/y}$$

Avec :

C : coefficient de Chézy ($m^{0.5}/s$)

n : la rugosité

R_h : rayon hydraulique $R_h = S/P$ (m)

y : est l'exposant déterminé soit d'après la relation complète :

$$y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.10)$$

Soit d'après les égalités simplifiées :

$$y = 1.5\sqrt{n} \text{ a } R < 1m$$

$$y = 1.3\sqrt{n} \text{ a } R > 1m$$

2-formule d'AGROSKINE :

$$C = \frac{1}{n} + 17.72 \log R$$

Avec :

C : coefficient de Chézy ($m^{0.5}/s$)

R_h : rayon hydraulique $R_h = S/P$ (m)

n : la rugosité

3- La formule de MANING-STRICKLER :

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

Avec :

C : coefficient de Chézy ($m^{0.5}/s$)

R_h : rayon hydraulique $R_h = S/P$ (m)

n : la rugosité

La formule de MANING-STRICKLER permet de transformer la formule de Chézy pour obtenir :

$$V = K_s \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Où : K_s : coefficient de rugosité de STRICKLER.

R_h : le rayon hydraulique (m).

I : la pente du radier

Remarque :

Dans notre étude on choisit la formule de *MANING-STRICKLER* :

• Dans ces conditions, le débit est donné par la formule de Manning Strickler :

$$Q = S * V = S * \left[R_h^{2/3} * \sqrt{i} * \frac{1}{n} \right]$$

$$Q = S * V = S * \left[R_h^{2/3} * \sqrt{i} * K \right]$$

Rh : rayon hydraulique

i : pente hydraulique (~ pente du fond, en écoulement uniforme)

n : coefficient de Manning

Désignation	Expression
largeur	b
profondeur	h
section	$S=b.h$
périmètre	$P=b + 2h$
Rayon hydraulique	$R_h = \frac{S}{P} = \frac{b.h}{b + 2h}$

Tableau n° :IV-1 Paramètres géométriques d'un canal à section rectangulaire

$$Q = S * \left[R_h^{2/3} * \sqrt{i} * K \right]$$

La nature du lit : la rugosité

Nature du lit	n	$K = \frac{1}{n}$
Lits naturels propres à fond lisse	0.020	50
Lits naturels propres à fond rugueux	0.030	33
Lits naturels avec végétation	0.050 à 0.100	20 à 10

Tableau n° :IV-2 nature du lit /rugosité

$$h * R_h^{2/3} = \left[\frac{Q}{b * K * I^{1/2}} \right]$$

$$R_h = \left[\frac{b * h}{b + 2h} \right]$$

$$b = 300 \text{ m}$$

$$K = 50$$

On prend la pente faible (du premier point à l'ouest à la route) $I = (9.01 - 5.83) / 2150 = 0.00148 \text{ m/m}$

$$Q = 2625.89337 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h * R_h^{2/3} = \left[\frac{Q}{b * K * I^{1/2}} \right]$$

En appelant $\left[\frac{Q}{b * K * I^{1/2}} \right] : \ll z \gg$ On obtient :

$$b * h^{5/2} - 2 * z^{3/2} * h - b * z^{3/2} = 0$$

$$\text{Et comme } z = \left[\frac{2625.89337}{300 * 50 * 0.00148^{1/2}} \right] = 4.550456529$$

$$z^{3/2} = 9.706942451$$

$$300 * h^{5/2} - 19.4138849 * h - 2912.082735 = 0$$

On va résoudre cette équation par la méthode d'itérations :

$$h = \mathbf{2.49863524175010 \text{ m}}$$

Pour prévenir l'avenir contre d'éventuelle sédimentations pouvant se déposer sur notre site, une hauteur totale sécurisée prise égale à : **3.50 m**.

IV.3) - Méthodes proposées pour la protection

La méthode proposée pour la protection consiste en un ensemble de points à savoir :

- ☞ Le curage du lit de l'oued qui permet le rétablissement du paramètre moteur de l'écoulement (correction de la pente).
- ☞ Reconstruction des berges détruites avec des moyens appropriés. (murs de soutènement en : Gabion, Béton armé.....etc)
- ☞ Réaménagement des points de rejet de drainage agricole existant.
- ☞ Adaptation des infrastructures existantes.

IV.3.1)-Curage du lit de l'Oued :

L'opération du curage du lit de l'oued doit se faire à l'aide des engins appropriés et avec précaution. Elle consiste à relever les **terres sédimentaires** et les arbustes, se trouvant sur une largeur de : 300m et les remettre à la décharge en dehors de l'emprise des travaux.

Les tronçons concernés sont :

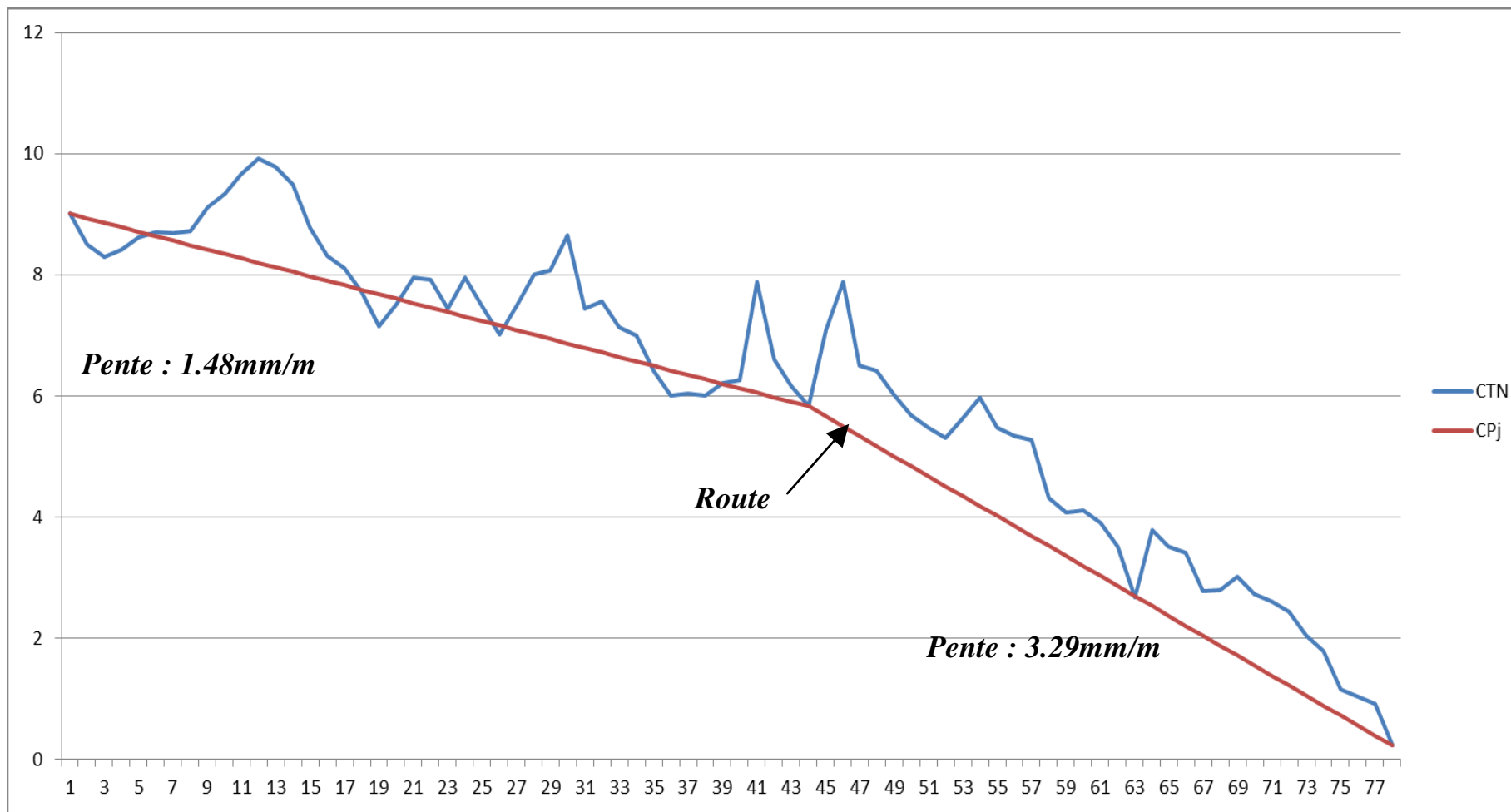
Identification du tronçon	Largeur m	Longueur m	Hauteur maximale m	Hauteur minimale m
P08 au P17	300m	450m	1.8	0.4
P21 au P26	300m	250m	0.9	/
P27 au P35	300m	400m	1.9	0.5
P40 au P43	300m	150m	2.0m	/
P44 au P63	300m	950m	2.7m	1.0m
P63 au P78	300m	750m	1.3m	/
Total	300m	2950m	2.0	0.4

Tableau n° :IV-3: Tronçons concernés par le curage

Il est à signaler que les travaux de relèvement des sédiments doivent suivre une pente définie par les valeurs suivantes :

1.48% ----- P01 au P44

3.29% ----- P44 au P78



Coupe en profil de la zone concernée par les éventuels travaux d'aménagement

Courbe 6 profil de la zone concernée

IV.3.2)-Reconstruction et protection des berges détruites:

Pour arriver à ce but plusieurs méthodes peuvent nous servir dans ce domaine, on peut citer :

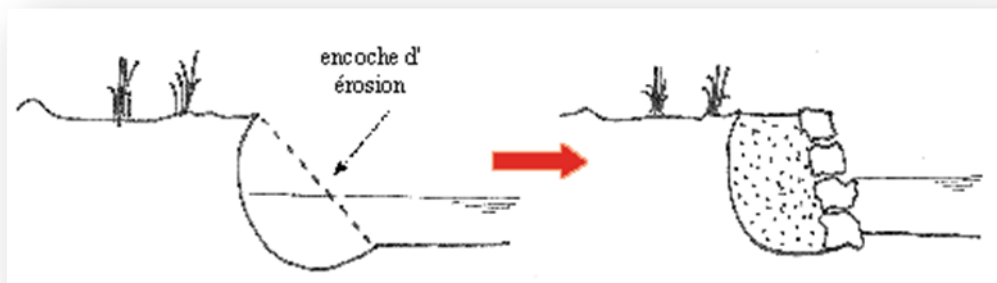
- ☞ Techniques lourdes
- ☞ Techniques douces

IV.3.2.1)- Techniques lourdes

La plus fréquemment utilisée est l'enrochement, c'est donc celle que nous allons décrire en détail.

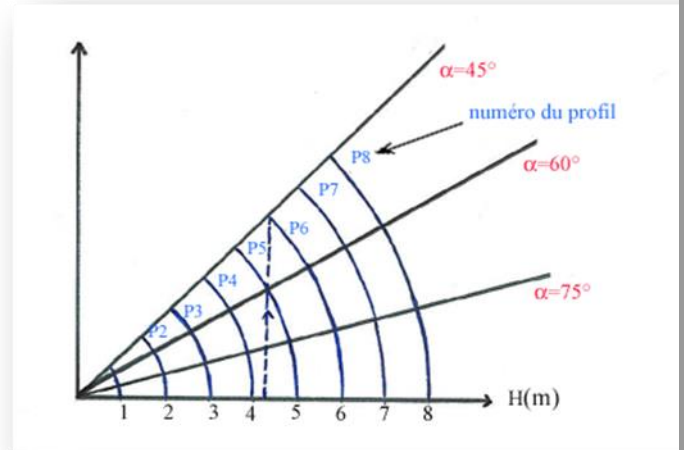
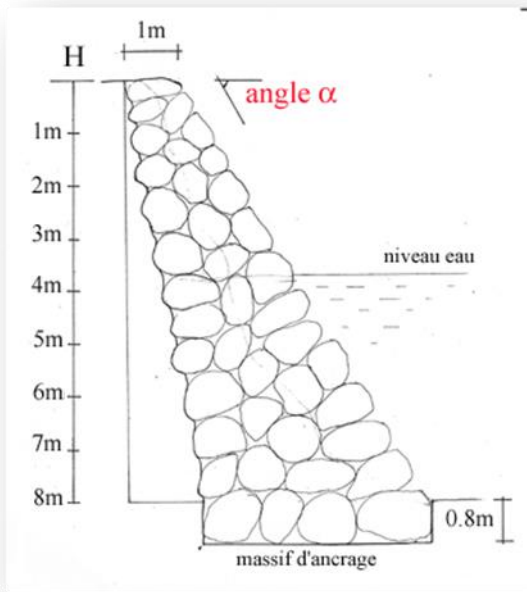
Principe

Cette technique consiste à ériger le long de la berge endommagée par l'érosion un "mur" en rochers d'épaisseur variable et de combler l'espace laissé vide par un matériau meuble, par exemple de la terre, du sable ou des graviers. Entre les rochers et ce matériau on place généralement un matériau géotextile ou un film plastique pour que la terre ne s'évacue pas par ruissellement (affouillement, renard...) de la berge vers la rivière. Ce "filtre" doit laisser passer l'eau et doit retenir les fines et les cailloux. Pour que la ligne d'enrochement tienne, la première rangée de roches, sur laquelle repose tout l'ouvrage, est quasiment complètement enfouie dans au moins 60cm de sol et constitue l'ancrage. On construit généralement l'ouvrage de sorte à ce qu'il tienne seul sans le remblai de terre; on s'assure ainsi de sa solidité.



Afin de bien dimensionner l'ouvrage il convient d'effectuer plusieurs études préalables : d'une part une étude hydraulique de la rivière, d'autre part une étude géotechnique de la berge. Ceci permet de déterminer la qualité du sol sur lequel l'ouvrage reposera et la puissance de la rivière. Dans certains cas, où la protection d'habitations n'entre pas en jeu, il existe des profils types d'ouvrage que l'on peut dimensionner avec des abaques et la hauteur de marnage. Souvent pour assurer une stabilité maximale on peut surdimensionner l'ouvrage à partir de ces mêmes abaques. Si on est dans le cas où l'objectif est de maintenir un talus on peut compléter les deux études précitées par une étude plus poussée de stabilité (courbe de cisaillement critique).

Ci-dessous sont représentés les abaques et tableaux de dimensionnement :



Profil en fonction de H	$\alpha=45^\circ$		$\alpha=60^\circ$		$\alpha=75^\circ$	
	Tonnage /m		Tonnage /m		Tonnage /m	
P2	7.6		8.5		9	
P3	9.5		11		12	
P4	11.5		13.2		14.5	
P5	13.5		15.7		14	
P6	15.5		18		20	
P7	17.5		20.5		22.5	
P8	19.5		22.5		25	

Tableau n° :IV-4: abaques et tableaux de dimensionnement

Il est aussi possible de combler l'espace entre les cavités laissées par les blocs afin d'assurer plus de stabilité. Cependant le béton est à proscrire car il rend l'ouvrage complètement étanche et interdit tout transit d'eau entre la rivière et la nappe. Il peut alors se créer une surpression du côté de la berge qui "pousse" l'ouvrage et peut le rompre.

Matériaux utilisés

Pour un même ouvrage les matériaux utilisés doivent être de qualité homogène. Les blocs de roche doivent posséder une dureté suffisante pour pouvoir être déversés en vrac et manipulés avec des engins mécaniques. Ils doivent être homogènes et propres autant que possible, ne s'altérer ni à l'air ni à l'eau et être exempts de fissures .

Les caractéristiques géométriques des blocs seront définies en fonction de la puissance érosive du cours d'eau, de la vitesse maximale, de la hauteur d'eau et de la pente du talus. De manière générale la masse moyenne des blocs est de l'ordre de la tonne. On cherche le plus souvent à avoir le plus de blocs possible de la même taille, mais on peut avoir des blocs pesant largement jusqu'à plusieurs fois la masse moyenne choisie par le maître d'œuvre. Les roches doivent être de préférence à angles marqués et de forme tétraédrique en respectant un ratio compris entre 1 et 2 entre la longueur et l'épaisseur .

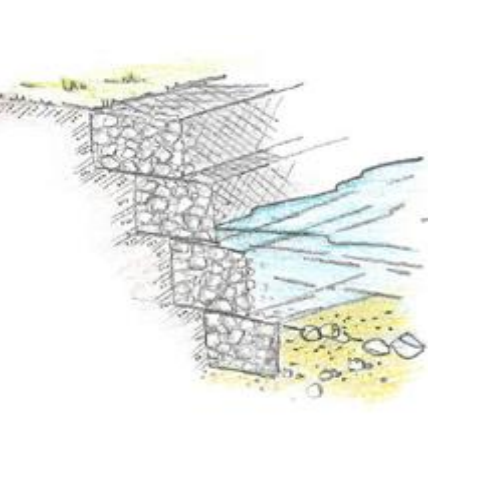
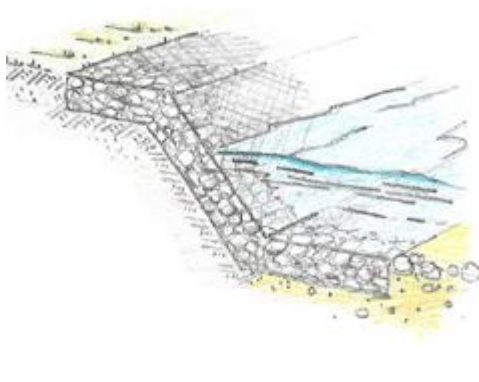
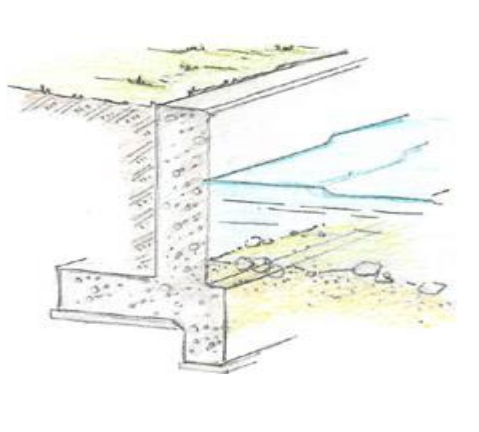
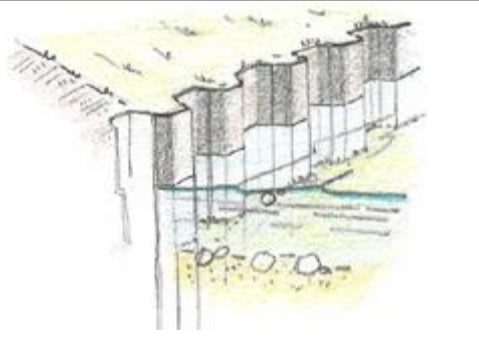
Les caractéristiques physiques des matériaux permettent de valider la solidité de l'ouvrage. On recherche des matériaux non calcaires ayant un poids spécifique apparent sec de l'ordre de 2500kg/m^3 . La sensibilité au gel doit être très faible et sa résistance à la compression élevée.

Les diverses normes suivantes permettent d'évaluer ces caractéristiques :

- AFNOR 18-593
- NF B 10-50
- NF B 10-51

C'est le maître d'œuvre qui décide des matériaux qu'il va utiliser et c'est à lui de fixer la qualité des matériaux qu'il recherche en fixant une commande la plus précise possible concernant les caractéristiques géométriques et physiques précitées.

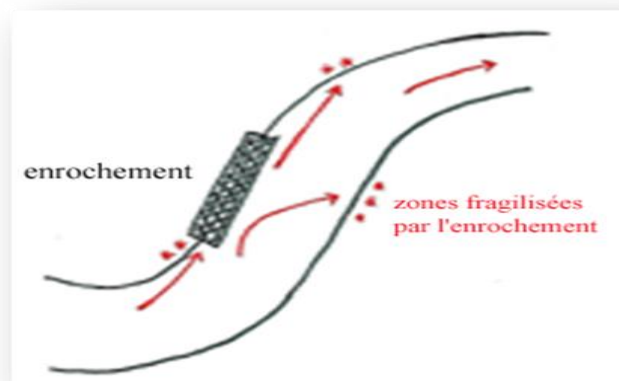
Autres types de confortement de berges

Gabions	Enveloppes de grillage remplies de pierres, confectionnées sur leur lieu d'implantation. Leur souplesse leur permet de s'adapter à l'évolution du lit de la rivière. Leur valeur esthétique est faible mais peut être améliorée par végétalisation.	
Matelas-gabions	Matelas construits sur le principe des gabions d'environ 20cm d'épaisseur. Ils sont plus discrets que les gabions et se végétalisent plus facilement. Ils s'adaptent bien en cas d'évolution du lit et des berges.	
Murs	Constitués de pierre, moellons* ou béton ils remplacent la berge et font du cours d'eau un canal. A réserver pour les agglomérations, leur intégration au site est difficile et relève de l'urbanisme.	
Palplanches	Feuilles de métal épais préformées et emboîtables les unes dans les autres. Protection rigide à réserver à des usages précis: restauration de chaussées, consolidation d'anciennes protections, de ponts...	

* : **Un moellon** est une pierre pour la construction, en général pierre de calcaire plus ou moins tendre taillée partiellement ou totalement, avec des dimensions et une masse qui le rendent maniable par un homme seul.

Inconvénients de ces techniques

- Le principal inconvénient de ces techniques est de modifier le régime hydraulique de la rivière le long du linéaire mis en place. L'écoulement est en effet accéléré car on a diminué la rugosité de la berge. Ainsi il existe des risques de déstabilisation de la berge en amont, en aval ou en rive opposée de l'ouvrage, par épanchement de l'énergie hydraulique supplémentaire créée par la survitesse. Le schéma suivant montre les zones qui seront plus sensibles à l'érosion autour de l'ouvrage:



- La faiblesse de l'enrochement est sa mauvaise résistance au marnage rapide et aux variations saisonnières du régime de la rivière. Souvent réalisé sans assez de soins il peut s'affaisser en son milieu ou s'arracher en amont et aval. L'amont et l'aval sont les points les plus sensibles de la ligne d'enrochement, si l'eau arrive à passer derrière les blocs amont tout l'ouvrage est menacé par l'érosion et peut assez rapidement s'effondrer. L'enrochement doit donc être correctement ancré en amont et en aval par des blocs de taille plus importante que sur le reste de la ligne et déborder largement de la zone à conforter. On peut aussi dans le cas où l'ouvrage se situe non loin en aval d'un affluent prolonger l'enrochement jusqu'au croisement des cours d'eau, le coût s'en trouve alors sérieusement augmenté. D'autre part l'absence du filtre entre les roches et la berge permet l'arrachement des éléments les plus fins de la berge par ruissellement, les blocs sont alors désolidarisés et s'affaissent.

- Le manque d'entretien de ces ouvrages peut aussi s'avérer très coûteux: si le contrôle de la tenue de leur base ne se fait pas et qu'il y a affaissement, les réfections qui sont alors

nécessaires sont très coûteuses car parfois synonymes de reconstruction complète de l'ouvrage. De plus si on n'empêche pas l'implantation d'arbres, tels que les peupliers, entre les rochers, le déracinement de l'arbre lors de forts coups de vent ou de crues entraîne le déplacement des blocs dans la rivière et le reste de l'ouvrage n'est plus efficace.

L'avantage de ces techniques

(si toutefois l'ouvrage est bien réalisé) est de pouvoir résister à des crues importantes et une forte agression hydraulique.

- D'autre part, durant la première année après l'installation il s'adapte à la forme de la berge par tassement des blocs il devient ainsi plus résistant.
- Ces techniques sont préférables lorsque des habitations sont très proches de la zone à conforter. Elles peuvent être placées à la verticale et nécessitent peu de place sur la berge (environ 1m).
- Un autre avantage est de pouvoir répondre à tout moment à une demande de confortement si le risque est imminent. En effet, quelle que soit la saison le matériau peut être disponible et l'efficacité de l'ouvrage est immédiate.

IV.3.2.2)- Techniques douces

Ces techniques sont basées sur l'utilisation de matériaux végétaux inertes ou vivants.

Principes

Le génie végétal favorise une protection naturelle des berges en conservant la végétation existante. Les buts principaux sont comme les techniques de génie civil d'offrir une solution efficace à un problème de protection des sols (érosion, glissement,...) tout en engendrant un coût de réalisation raisonnable. Cependant l'essentiel de leur intérêt repose sur les objectifs suivants:

- ✗ considérer le cours d'eau comme un complexe formé d'un lit, de berges et de rives en relation avec le bassin versant et les nappes phréatiques
- ✗ maintenir une diversité maximale d'habitats aussi bien au niveau du lit que des berges et des rives
- ✗ garder une morphologie correcte et typique au cours d'eau
- ✗ éviter une structure rocheuse des berges là où elle n'existe pas naturellement

- ☒ respecter une distribution étagée de la végétation, du pied au sommet de la berge, régie par des conditions hydriques et hydrauliques
- ☒ intégrer l'ouvrage dans son site
- ☒ minimiser l'impact occasionné par l'implantation d'un ouvrage de stabilisation

Différents types de protection

Les protections en matériaux végétaux inertes sont faciles à réaliser sur de petits cours d'eau lorsqu'elles sont faites avec du bois pris à proximité. Elles sont plutôt destinées à la stabilisation des pieds de berges et s'accompagnent de plantations. Le matériau principal utilisé est le saule.

Le tableau suivant regroupe quelques techniques végétales en matériaux inertes:

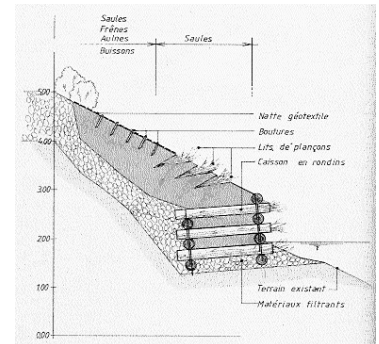
Tableau n° :IV-5 quelques techniques végétales en matériaux inertes

Type de protection	Description sommaire	Qualités/Défauts	Schéma
Clayonnage	Pieux et branches de saule fraîchement coupées entrelacés.	<ul style="list-style-type: none"> + Protection immédiate, efficace, simple, bon marché + Adaptation souple à la berge + Favorable à la vie aquatique - Hauteur de protection limitée d'où nécessité d'autres techniques accompagnatrices - Entretien (fort développement du saule) 	
Tunage	planches ou rondins à l'horizontale + filtre derrière la protection (matériaux d'assez)	<ul style="list-style-type: none"> + plus rigide que le clayonnage - N'offre pas d'abri à la faune aquatique - Hauteur de protection limitée 	<p>Troncs appuyés sur 2 ou 3 pieux et liés aux pieux</p>
Fascine	Fagots de saule fraîchement coupés disposés horizontalement derrière des pieux.	<ul style="list-style-type: none"> + Protection immédiate, stable, solide + Adaptation aux irrégularités de la berge + Favorable à la vie aquatique - Nécessité d'une grande quantité de saules et plus difficile à réaliser que le tressage - Hauteur de protection limitée - Entretien (fort développement du saule) 	

Caisson végétalisé double paroi

Rangées de longrines sur lesquelles sont fixées perpendiculairement des moises. Le caisson est rempli de matériaux terreux et de branches de saules.

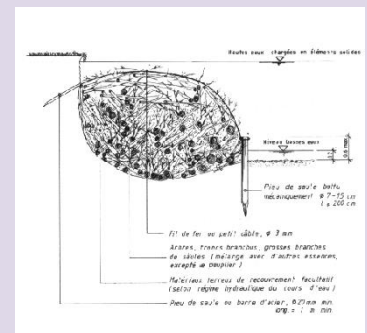
- + Protection immédiate
- + Construction rapide et simple
- Hauteur de protection limitée
- + Ouvrage colonisable par n'importe quelle plante
- Nécessité d'une bonne assise et d'une bonne fondation
- Un ou des seuils nécessaires pour éviter le déchaussement de la base
- n'offre pas d'abri



Peigne

Enchevêtrement de grosses branches, ramilles, troncs branchus et arbres attachés pour former un ensemble végétal filtrant les éléments en suspension dans l'eau (saule)

- + Protection immédiate, peu coûteuse, rapide, applicable en cas d'urgence
- + Effet de filtration augmenté par la production de nouvelles branches de saules
- Nécessité d'un cours d'eau transportant beaucoup d'alluvions fines
- Nécessité de crues fréquentes



Il existe d'autres techniques de protection avec le génie végétal se base principalement sur protections en matériaux vivants

Avantages et inconvénients du génie végétal

L'utilisation de plantes vivantes à la place de matériaux de construction inertes, type enrochement, apporte certains avantages:

- ☒ Les techniques végétales acquièrent une efficacité de stabilisation croissante au fur et à mesure du développement des plantes car elles sont vivantes. Leur résistance aux forces d'arrachement est comparable aux techniques minérales actuelles.
- ☒ Elles opposent une résistance souple aux forces du courant et permettent de mieux dissiper l'énergie.

✕ Elles sont souples dans leur application, car leur grande diversité, les possibilités de les combiner ou de les joindre à des matériaux auxiliaires leur confèrent une grande capacité d'adaptation, répondant aux besoins de chaque cas particulier.

✕ Elles favorisent l'autoépuration du cours d'eau au niveau des racines.

✕ Elles ne perturbent pas les relations entre le cours d'eau et les nappes phréatiques.

✕ Elles contribuent à maintenir et restaurer une grande diversité botanique.

✕ Elles fournissent l'ombre nécessaire pour maintenir la fraîcheur de l'eau et à limiter la croissance de plantes aquatiques.

✕ Elles sont peu coûteuses en fourniture car les matériaux peuvent souvent être prélevés sur place.

✕ Les ouvrages eux-mêmes sont susceptibles de fournir le matériel végétal pour d'autres ouvrages après quelques années.

Malgré ces avantages il existe des facteurs limitant à l'application des techniques végétales directement liés aux conditions de croissance des végétaux: altitude, lumière, type de substrat, régime des eaux ...

✕ La technique de protection des berges d'un cours d'eau à l'aide des techniques végétales est limitée en matière d'hauteur ce qui réduit son efficacité au grands cours d'eau.

✕ L'efficacité n'est souvent pas maximale dès la finition de l'ouvrage. En effet la première année suivant l'installation est capitale, car tous les végétaux plantés doivent prendre racine et pendant cette période l'ouvrage est très fragile et peu résistant aux montées des eaux. Cependant les limites inférieures peuvent être améliorées par l'utilisation de géotextiles ou autres techniques de fixation

✕ Certains types de réalisations sont exigeants en main d'œuvre et en matière première (couches de branches, lit de plants, fascine)

✕ Il se pose aussi le problème de mise en place de l'ouvrage. Il ne peut être fait qu'en automne pour pouvoir assurer un minimum de taux de survie aux plantes. Avec cette technique on ne peut donc pas répondre à des urgences en toute saison.

✕ L'entretien de ces ouvrages est aussi capital. Si dans les premières années il est négligé, l'ouvrage a peu de chance de résister. Il faut aussi veiller à maîtriser l'envahissement de certains rongeurs comme les ragondins qui peuvent entièrement détruire l'ouvrage en cas de colonisation au début de la vie de l'ouvrage.

IV.3.2.3)- Les différents types d'ouvrages de soutènement en gabions

(Les murs poids) :

Un mur de soutènement en gabions ne nécessitant aucun ancrage dans le talus amont est considéré comme un mur poids. Il s'agit de murs dont le poids propre suffit à assurer la stabilité générale.

Les structures gabions sont des structures déformables. La « souplesse » des gabions permet d'accepter des déformations ou des tassements différentiels tant que la stabilité générale n'est pas remise en question. Il devient donc inutile de rigidifier excessivement l'ensemble du mur. Une structure rigide serait davantage sensible aux phénomènes de rupture par cisaillement notamment.

La largeur de l'assise et la flexibilité des gabions ne nécessite pas de fondation béton (sauf pour les habillages de façades).

Pour optimiser la section et l'insertion de l'ouvrage il est conseillé de l'incliner de 6° (ou 10%) et de réaliser un profil en gradins.

**** - Différents types de murs poids en gabion**

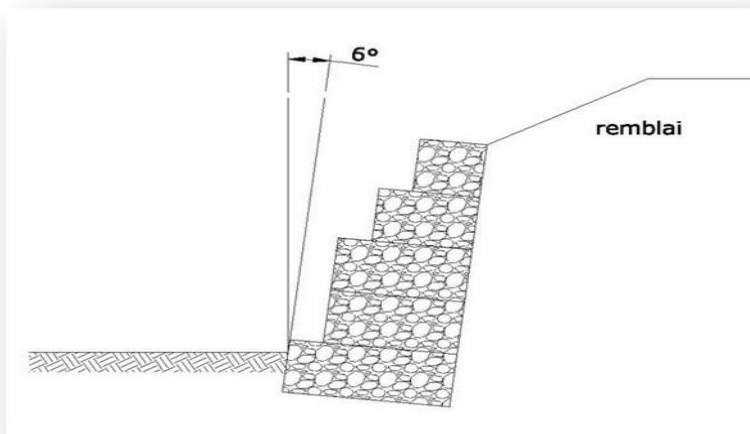


Figure IV-1 Ouvrages gabions à gradins externes

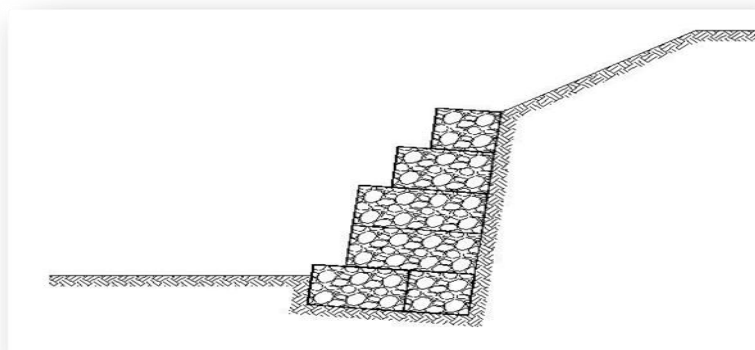


Figure IV-2 Ouvrages gabions à gradins internes (ou à parement aval droit)

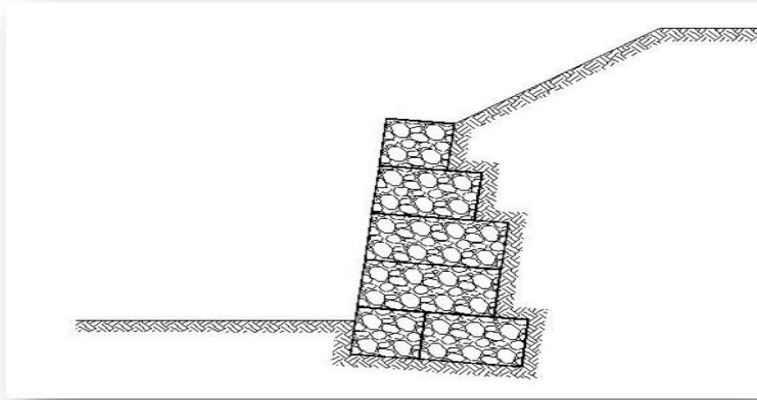


Figure IV-3 Ouvrages gabions à gradins internes (ou à parement aval droit)

Remarque : Les ouvrages à gradins internes sont parfois préférés pour des raisons esthétiques. Toutefois pour des hauteurs supérieures à 5-6 m il conviendra de choisir des gradins externes plus stables dans leur ensemble. Si des gradins internes étaient choisis, il conviendrait toutefois d'incliner l'ouvrage de 6° ou 10%.

Figure IV-4 Ouvrages gabions à gradins mixtes

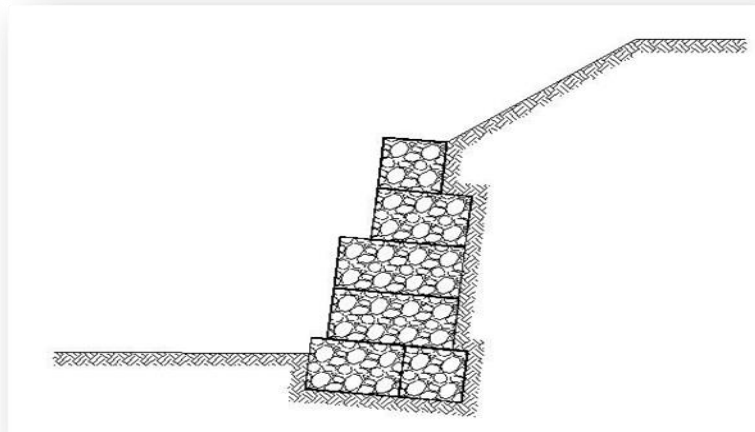
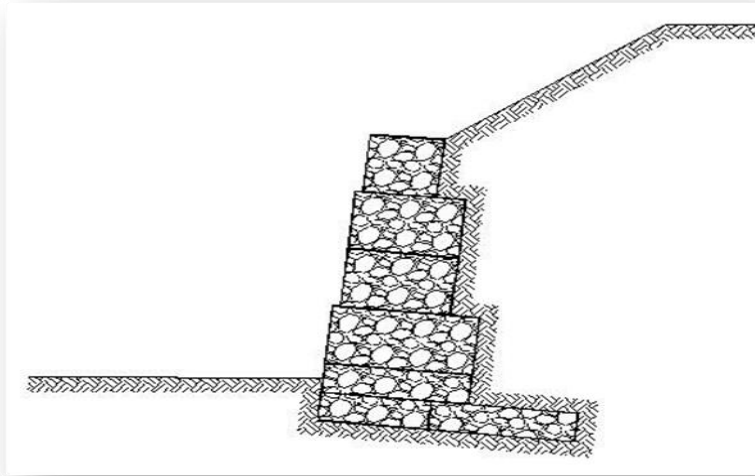
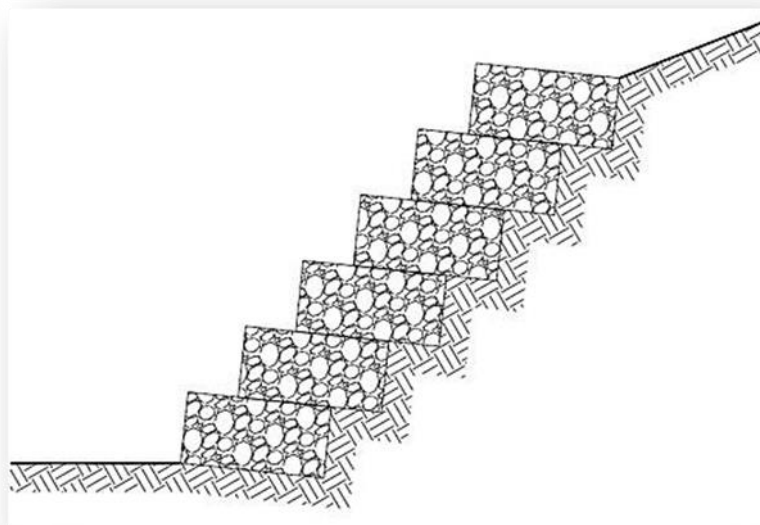


Figure IV-5 Ouvrages gabions à semelle amont débordante



Dans ce cas, une partie de la semelle (étant considérée comme une semelle d'ancrage) participe à l'équilibre de l'ouvrage.

Figure IV-6 Epaulement de talus



Ce cas ne sera utilisé qu'en « habillage » de talus ou berges à pente stable.

**** - Les murs en remblais renforcés**

Il s'agit d'ouvrages associant un parement mince en gabions à des nappes de renfort horizontales à l'arrière. Ces ouvrages utilisent le massif en « remblai armé » comme masse stabilisante.

La base sera d'environ 0.6 à 0.7 H.

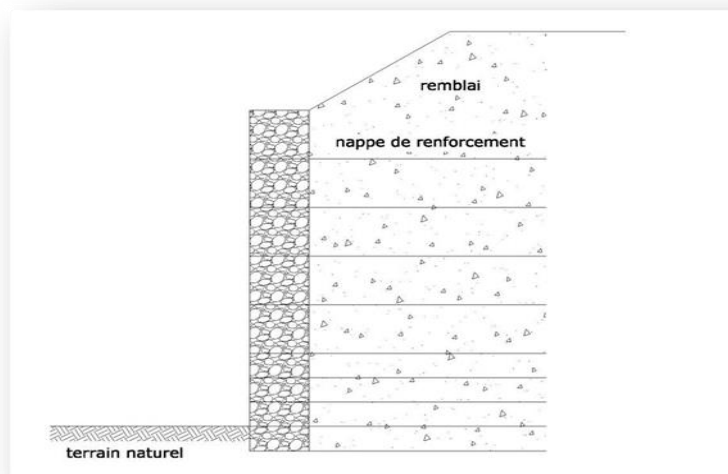


Figure IV-7 Les murs en remblais renforcés

IV.3.2.4)- Vérifications usuelles des ouvrages en gabions

**** - Vérification au glissement**

Le glissement du mur est un déplacement horizontal dans le sens de la poussée exercée sur celui-ci comme illustré ci-après.



Figure IV-8 Vérification au glissement

**** - Vérification au renversement/basculement**

Le basculement ou renversement est lié à un moment déstabilisant. Un moment est le produit d'une force exercée par la distance entre le point d'application de la force et le point de pivot de l'ouvrage. Le moment s'exprime en « MN.m ».

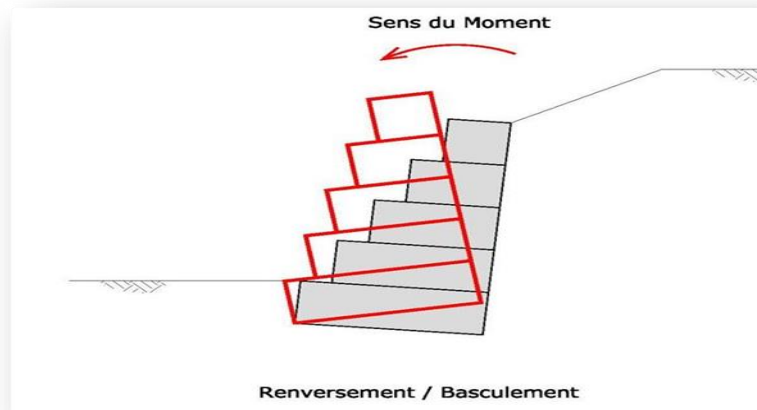


Figure IV-9 Vérification au renversement/basculement

**** - Vérification au poinçonnement**

Le poinçonnement est le phénomène de rupture du sol sous le poids de l'ouvrage.

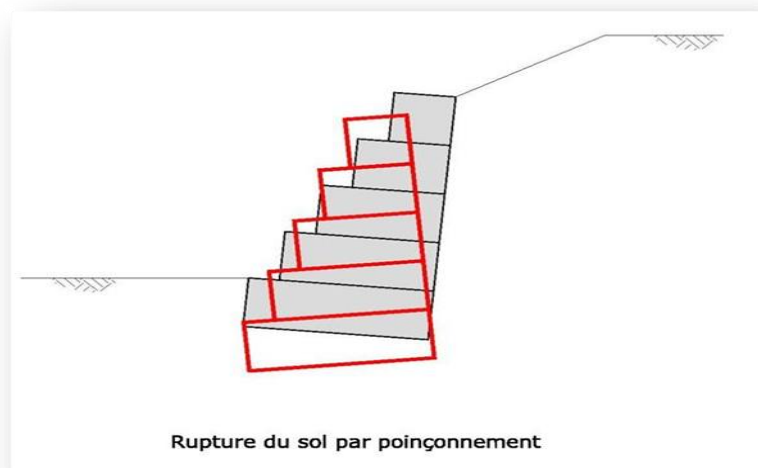


Figure IV-10 Vérification au poinçonnement

****-Stabilité générale**

La stabilité générale concerne non seulement l'ouvrage en lui-même mais également les phénomènes pouvant se produire autour de lui.

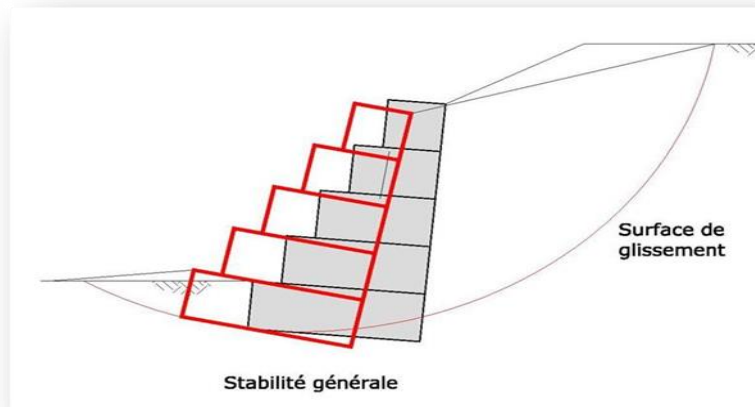


Figure IV-11 Stabilité générale

****-Rupture interne de l'ouvrage**

Il s'agit de la rupture par désolidarisation des gabions.

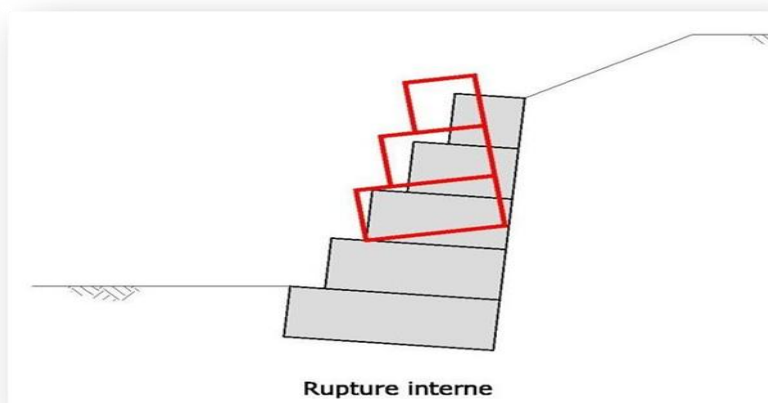


Figure IV-12 Rupture interne de l'ouvrage

IV.3.2.5)- Critères à prendre en compte dans le dimensionnement des gabions

1- Contraintes transmises par le terrain - Termes généraux

Les matériaux situés sous l'ouvrage et à l'amont du mur en gabion possèdent des caractéristiques géotechniques qu'il est nécessaire de prendre en compte dans la stabilité de l'ensemble.

**** - Poids des terres**

Le poids des terres qu'exercent les matériaux situés à l'amont du mur s'exprime par une force (en N) exercée sur une unité de volume (m^3). L'ordre de grandeur est « 17 à 20 kN/m^3 » (ou 1,7 à 2,0 tonnes/ m^3).

Lors de la mise en place des gabions, le talus amont est déblayé sur toute la hauteur de l'ouvrage avec une pente garantissant la stabilité du massif. Une fois le mur installé, le vide sera comblé par des remblais insensibles à l'eau, soigneusement compactés, d'un poids volumique estimé à $\gamma_h = 20 \text{ kN/m}^3$.

**** - Cohésion et angle de frottement interne**

La cohésion s'exprime en Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$). L'ordre de grandeur de la cohésion des terrains habituellement rencontrés est de 0 à 15 kPa. L'angle de frottement interne d'un matériau s'exprime en degrés ($^\circ$). Il s'agit de la pente naturelle d'un matériau dépourvu de cohésion. (Pour appréhender l'angle de frottement interne, on pourrait superposer 2 planches de composition équivalente (rugosité similaire) Inclinez celle de dessous. L'angle formé par la planche avec l'horizontale à la limite du glissement de la planche du dessus est considéré comme étant l'angle de frottement interne.)

Nature du sol	Poids volumique en kN/m^3 (γ)	Cohésion (c en kPa)	Angle de frottement (φ en $^\circ$)
Gravier	20	0	35-40
Sable compact	19	0 - 10	30-35
Sable lâche (peu compact)	18	0-10	25-35
Argile (plus ou moins pure)	17	5-20	0-20

Tableau n° :IV-6: Quelques ordres de grandeur pour des sols non saturés en eau :

Type de roche	Poids volumique (kN/m ³)
Basalte	29
Granite	26
Calcaire	26
Grès	23
Tuf	17

Tableau n° :IV-7: Pour comparaison, le poids volumique de certaines roches* :

*Les matériaux de remplissage des gabions doivent être non gélifs, non friables, et non évolutifs dans le temps.

****Pente du talus à l'amont du mur**

La pente du talus à l'amont du mur a une incidence sur la poussée exercée sur le mur. L'angle du terrain à l'amont est appelé ε , et s'exprime en degrés (°).

****Eventuelle surcharge en tête d'ouvrage (talus, charge ponctuelle ou surfacique)**

Une surcharge appliquée en tête de talus peut être distribuée de manière homogène (répartie uniformément) ou hétérogène. *Par exemple, un remblai en tête de talus représente une surcharge homogène. Un abri bus, un transformateur, une glissière de sécurité peuvent être associés à une surcharge ponctuelle.*

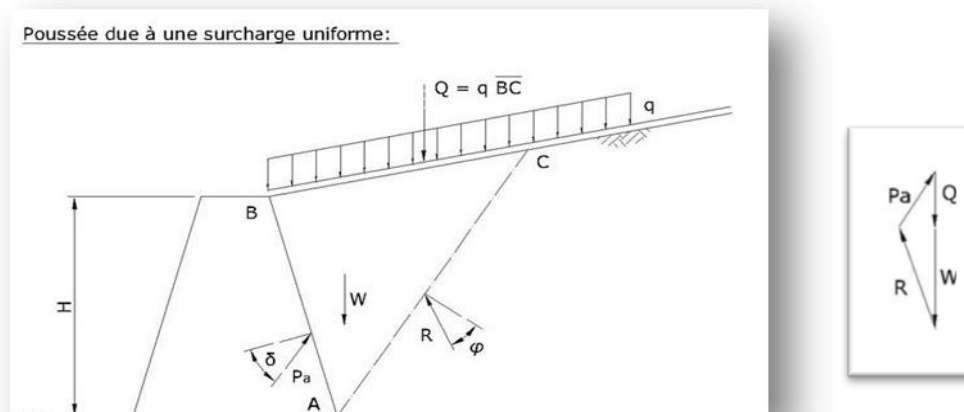


Figure IV-13-poussée due à une surcharge uniforme

****.-Poussée active**

La poussée active est la résultante de tous les paramètres énoncés ci-dessus. Elle est définie par une contrainte et l'angle qu'elle exerce sur un plan vertical fictif à l'aplomb arrière du mur. Il s'agit de la poussée à laquelle le mur devra résister. Le gabion étant une structure déformable, nous pouvons admettre que les matériaux sur toute la hauteur H sont engagés dans le calcul de la poussée active.

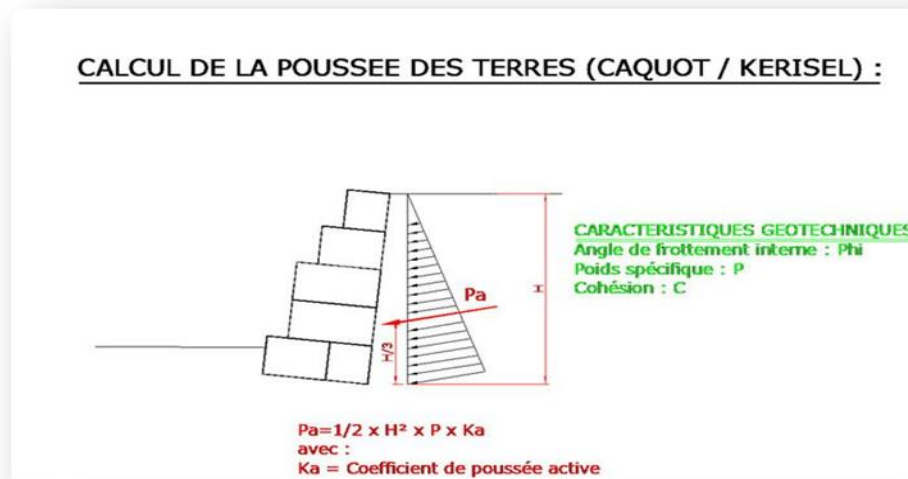


Figure IV-14 poussé de terre (caquot / kerisel)

Même si la pression s'exerce sur toute la hauteur du mur, la résultante de la poussée active (contrainte exprimée en kPa) est appliquée à $1/3$ de H à partir de la base du mur. Le coefficient de poussée active K_a , de la pente du talus ϵ , et de l'angle que forme l'écran à l'aplomb du mur avec l'horizontale énoncé dans le schéma ci-dessus, est fonction de l'angle de frottement des matériaux γ . Des abaques permettent d'obtenir le coefficient K_a en fonction de ces 3 paramètres.

****.-Géométrie du mur**

La base B de l'ouvrage de soutènement en gabions se détermine habituellement par :

$$B = 1/2 * (1+H),$$

Et pour les remblais renforcés par :

$$B = 0.6 \text{ à } 0.7H$$

Avec H : hauteur de l'ouvrage.

A partir de la base, la section de chaque nouveau niveau est diminuée de 0 à 50 cm. De manière générale prévoir des gradins (même petits) en aval du mur. Poids volumique des matériaux de remplissage : 20-30 kN/m³.

IV.3.2.6)- Actions proposées

Il est clair que la meilleure technique adoptée est celle de l'utilisation des matériaux lourds vu à l'importance du cours d'eau pour cela d'une part et vu à l'existence des ouvrages routiers qui traversent la zone d'études et d'après la bibliographie précitée l'aménagement proposé comporte deux formes qui sont :

- ✚ Renforcement de berges existantes à l'amont et à l'aval de la zone d'études.
- ✚ Reconstruction de berges au centre de la zone d'étude où les existants sont complètement démolies.

Ce qui concerne les travaux de renforcement, nous suggérons d'utiliser des enveloppes en gabions sur l'hauteur pré-designer par contre nous préconise l'utilisation des murs en béton armée à la zone où les berges sont complètement démolies.

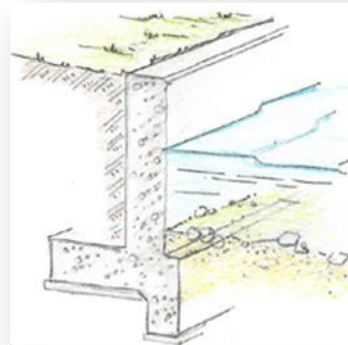
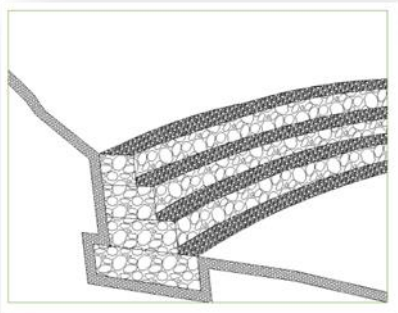


Figure IV-15 Renforcement par le gabion

Figure IV-16 Mur en béton

Identification du tronçon	Longueur m	Type d'aménagement	Berges concernées
P26 au P34	400m	Ouvrage en gabions à gradins externes	Deux côtés
P34 au P54	1000m	Mur en béton remplaçant la berge et travaux de remblaiement à l'amont de l'ouvrage	Deux côtés
P54 au P66	600m	Ouvrage en gabions à gradins externes	Deux côtés

Tableau n° : IV-8 Types d'aménagement

IV.3.3)- Réaménagement des rejets de drainage agricole :

Le réaménagement des rejets de drainage agricole peut être faite par la construction des ouvrages de rejet en béton armée ou en sacs de gabions.

IV.3.4)- Adaptation des infrastructures existantes :

L'aménagement proposé ainsi que la modification des niveaux du site, nous conduisent certainement à une telle adaptation des infrastructures existantes : « route » & « chemin de fer ». (Plans annexes)

CHAP V : ORGANISATION DE CHANTIER

V.1)-Introduction :

Le but de l'organisation de chantiers est, à cet effet, de réaliser des projets dans des délais courts et à moindres coûts.

L'organisation de chantier consiste à rechercher constamment, la meilleure façon d'utiliser économiquement la main d'œuvre et les autres moyens mis en œuvre pour gérer le chantier.

Afin d'atteindre cet objectif, il est impératif de :

- Définir avec précision les méthodes d'exécution, les modes opératoires permettant la mise en pratique des techniques modernes de construction avec un haut rendement ;
- Arrêter en quantité et en qualité le personnel à employer, le coût de la main d'œuvre ayant une incidence importante sur le prix de revient;
- Répartir et coordonner les tâches par la concentration d'une main d'œuvre spécialisée;
- Structurer convenablement les postes de travaux stabilisés pour lesquels, on adoptera une mécanisation de plus en plus poussée.

V.2)-Installations du chantier :

V.2.1)- Installations destinées au personnel :

Ce sont généralement les dortoirs, vestiaires, réfectoires, installations sanitaires et les bureaux de chantier.

V.2.2)- Installations destinées au stockage des matériaux :

Pour les ciments nous utilisons soit des silos, soit des baraquements en bois ou en métal, les agrégats sont stockés en plein air, seulement nous prévoyons un cloisonnement entre les différents types d'agrégats pour éviter leur mélange et de ce fait faciliter le dosage du béton.

Les aciers doivent être stockés dans des endroits loin de la forte humidité

(Baraquements, hangars...).

V.2.3)- Installations destinées à la réparation des engins :

Les grosses réparations ne se font généralement pas sur le chantier lui-même, mais il importe de disposer d'un atelier suffisamment bien équipé pour assurer l'entretien courant et les réparations d'urgence des différents matériels.

V.2.4)- Installations pour la préfabrication :

Ce sont généralement des hangars munis de matériel nécessaire permettant la réalisation des éléments de l'ouvrage

V-3)- Technologie des principaux travaux :

Nous prévoyons une route d'accès à tous les ouvrages pendant la construction, les engins utilisés sont:

- Pour l'exécution des déblais et des remblais nous utilisons des bulldozers;
- Pour l'extraction des alluvions nous utilisons des pelles rétro;
- Pour le transport des terres nous utilisons des camions à benne;
- Pour les travaux de finition (régalage et compactage) nous utilisons

Des niveleuses et des compacteurs à pneus.

V.4)- Mode d'exécution des travaux :

V.4.1)- Excavation

V.4.1.1)- Nature des travaux

Ces dispositions s'appliquent de façon générale à toutes les fouilles nécessaires à l'exécution des ouvrages. Ces travaux comprennent les excavations pour :

Décapage préliminaire pour débarrasser les herbes, les arbustes et toute forme végétale.

Excavation de déblai ordinaire en plein masse de déblais ordinaires (profondeur moyenne 2.5m), Décapage des zones désignées des ouvrages, des zones d'emprunt et des carrières, les excavations dans le lit de l'oued et des berges ;

Les travaux devront être exécutés avec soin afin que les formes réelles des excavations soient conformes à celles des excavations demandées dans les plans.

tronçon	Largeur (m)	Longueur(m)	Nature des travaux
P01 au P26	200 à 275m	1250m	Curage
P26 au P34	280m	400m	Curage & renforcement des berges (murs en gabion)
P34 au P54	300m	1000m	Curage & reconstruction des berges (murs de soutènement)
P54 au P66	300m	600m	Curage & renforcement des berges (murs en gabion)
P66 au P78	300m à 150m	600m	Curage
Total		3850m	

Tableau n° : V-9: Nature des Travaux à réaliser

V.4.1.2)- Profils et surfaces des excavations à ciel ouvert

1. Les travaux devront être exécutés avec soin, afin que les formes réelles des excavations soient conformes à celles des excavations demandées dans les plans.
2. Les profils d'excavation indiqués sur les plans seront à considérer comme profils minimaux. La profondeur définitive des fondations sera arrêtée sur place par le service contractant au vu de la nature et de la qualité de la géologie rencontrée.
3. Les excavations exécutées selon les profils indiqués par les plans ou les directives du service contractant, ne seront en aucun cas remblayées ou bétonnées avant que celle-ci ne les ait pas inspectées et approuvées.
4. Les talus destinés à rester exposés de façon définitive devront être réglés à la satisfaction du service contractant.

V.4.1.3)- Mesures à prendre pendant les travaux de fouille :

1. Le partenaire cocontractant des travaux doit assurer la protection nécessaire et la sécurité des personnes, matériel et de l'ouvrage
2. En cas d'éboulement imprévu dû à une faute qui pourrait se produire durant la construction et jusqu'à la réception finale des ouvrages. Le partenaire cocontractant devra, remettre les lieux en état et mettre en dépôt tous les matériaux éboulés, excaver et mettre en dépôt tous les matériaux supplémentaires selon nécessités appréciées par le service contractant.

V.4.1.4)- Les déblais.

Les déblais provenant des fouilles seront :

- ☞ Soit réutilisés directement pour les remblais (zones de dépression)
- ☞ Soit mis en dépôt en vue d'une réutilisation ultérieure ;(sous murs de soutènement et mur en gabion)
- ☞ Soit mis à la décharge. (Approbation par le service contractant)

Les déblais destinés à une réutilisation ultérieure seront stockés de manière à assurer la conservation de leurs propriétés initiales, on prendra en particulier toute mesure pour éviter la ségrégation et la saturation par les eaux pluviales ou en surface.

Les zones de dépôts et décharges devront être stables, protégés à l'érosion et de toute contamination par éléments étrangers, ne devront pas gêner l'écoulement de l'eau, ni les travaux ultérieurs.

La surface de ces décharges sera dressée et nivelée. Les décharges devront s'intégrer au site après la fin des travaux. A cet effet, le service contractant pourra prescrire, que

certaines décharges, soit réalisées en respectant des formes bien déterminées, ayant fait l'objet de plans approuvé ou établis par le service contractant.

Toutes ces sujétions sont réputées incluses dans le prix de bordereau des prix.

V.4.2)- Remblais

V.4.2.1)- Domaine d'application

Les remblais derrière les murs en gabion ou de béton du canal

Les remblais derrière les murs de soutènement en béton armé

Les données principales concernant les matériaux à mettre en œuvre pour l'exécution des remblais sont données dans les documents d'information.

V.4.2.2)- Contrôles et essais

Le service contractant se réserve le droit d'effectuer tous les contrôles, les prélèvements et essais, quelle estime nécessaire sur les matériaux.

Le partenaire cocontractant doit fournir pour ces contrôles et essais, toutes les facilités et la main-d'œuvre qui lui sont demandées par Le service contractant. Par ailleurs, Le partenaire cocontractant exécute tous les sondages et tranchées de reconnaissance demandés par le service contractant, que ce soit dans les terrains de fondation, ou les remblais.

Le partenaire cocontractant est tenu de disposer sur le chantier de tout le matériel nécessaire à l'exécution de ces travaux.

V.4.2.3)- Prescriptions générales applicables à l'ensemble des remblais

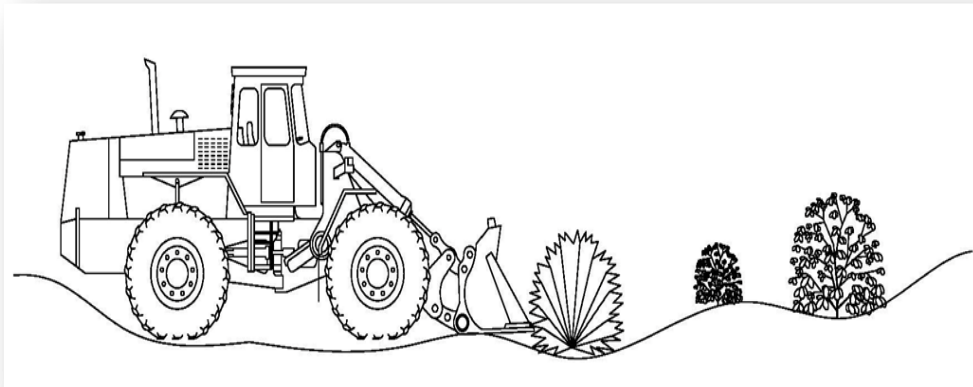
1. Le partenaire cocontractant soumet à l'agrément du service contractant les procédés et moyens, qu'il compte mettre en œuvre pour l'exécution des remblais.
2. De manière générale, ces procédés et moyens sont conformes aux règles de l'Art et aux meilleures pratiques habituellement en usage.
3. Les remblais sont mis en place conformément aux dimensions figurant sur les plans d'exécution ou aux indications du service contractant. Le service contractant se réserve à tout moment le droit de modifier la forme des remblais, si elle le juge nécessaire à la stabilité ou à l'économie de l'ouvrage.
4. Le service contractant se réserve le droit de faire écarter par Le partenaire cocontractant tout matériau indésirable, que ce soit sur les zones d'emprunt, pendant l'extraction ou le transport et sur les remblais, avant ou après compactage de la levée suivante.
5. Dans tous les cas, Le partenaire cocontractant coopère avec le service contractant pour s'assurer que seuls des matériaux acceptables, soient utilisés pour les remblais.

6. Les phases d'exécution doivent assurer à tout moment la stabilité des remblais, compte tenu d'un coefficient de sécurité suffisant.
7. Aucun remblai, ne peut être mis en place avant réception des fouilles ou surface de reprise sous-jacente par le service contractant.
8. Le partenaire cocontractant est tenu de laisser les lieux dans un état satisfaisant, tant du point de vue sécurité, que du point de vue esthétique.
9. La réception en est effectuée par le service contractant.

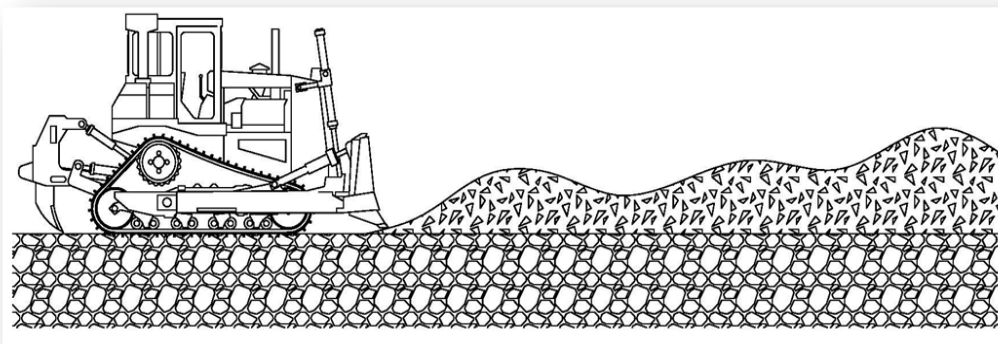
V.4.3)- Décapage

V.4.3.1)-Le décapage superficiel (déblais, herbes,)

La zone des travaux à exploiter est tout d'abord décapée de toute végétation, de terre végétale ou de toute autre matière indésirable.



V.4.3.2)- Excavation de déblai ordinaire en plein masse



V.4.3.3)- Mise à teneur en eau pour le compactage

L'attention du partenaire cocontractant est attirée sur le fait que cette teneur en eau est généralement au moment du compactage doit être comprise entre plus ou moins 3% (par

rapport à la teneur optimale de l'essai de compactage PROCTOR NORMAL).

V.4.4)- Gabionnage

V.4.4.1)- Définition

Les gabions sont des structures modulaires constitués par des éléments parallélépipédiques en grillage d'acier à maille hexagonale double torsion remplis de pierres. Le tissage double torsion empêche le démaillage. La résistance aux agents du milieu est assurée par la haute galvanisation du fil utilisé. Les pierres employées pour le remplissage ne doivent pas être friable ou gélive et par contre manifester un poids spécifique . La dimension optimal de ces pierres est celle comprise entre 1 et 2 fois la dimension inférieure de la maille du grillage ; cela pour empêcher que les pierres sortent du grillages et pour avoir en même temps un bon assortiment et donc une meilleure densité. Les gabions sont compartimentés tous les mètres par des cloisons appelées diaphragmes. Le couvercle fait partie de la cage. Tous les bords des éléments sont renforcés par des fils de plus gros diamètre que le grillage. Les gabions sont livrés pliés, en fardeaux de l'ordre de 500 à 700 kg et d'environ 2.3 x 1.5 x 0.5 m.

Ces structures présenteront les caractéristiques suivantes :

Maille type	fil Ø (mm)	Epaisseur (m)
10x12	2,7 à 3	0,5
8x10	2,7 à 3	
6x8	2.2 à 2.7	1
5x7	2 à 2,4	

Tableau n° : V-2: caractéristiques des structures du gabion

Les dimensions présentées dans le tableau ci-dessus sont valables pour des largeurs 1à 2m, longueur 2-3-4m ainsi que des longueurs de 3-4-5m pour une largeur de 2m.

Les pierres pour gabionnage provient de la zone des carrières la plus proche, ils seront durs bien gisant, et dégagés de toute impuretés et lavés.

V.4.4.2)- Installation :

1.Préparation du site ;

Prévoir pour le premier rang d'éléments, une assise horizontale compactée ou en grave ciment.

2.Dépliage de la cage :

Sur une surface plane et dure, relever la face avant, les côtés puis la face arrière et les attacher ensemble au moyen des extrémités des barrettes puis à mi hauteur avec une agrafe ou une attache en fil. Faire la même chose avec les diaphragmes et les ligaturer aux faces avant et arrière. La ligature peut être faite avec du fil diamètre 2.4 mm (ayant les mêmes caractéristiques que le fil des mailles) ou par agrafage pneumatique avec des agrafes de 45x24x3 mm en Galva ou inox qui améliorent considérablement rendement et qualité.

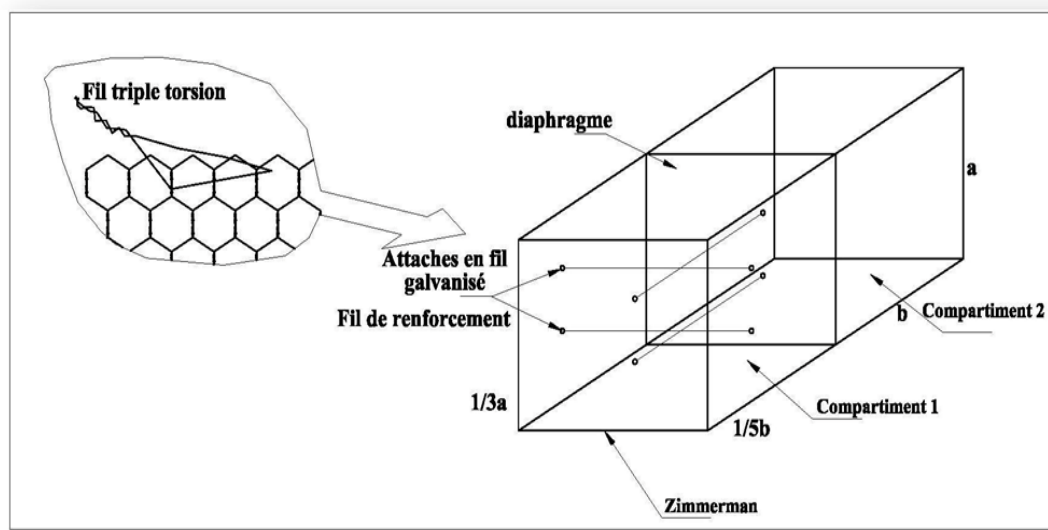


Figure V-1 préparation des gabions

3. Mise en place des cages :

Une fois plusieurs cages montées, les transporter à leur place définitive et les assembler entre elles (bien solidariser les gabions entre eux sur toutes les arêtes communes). Aligner les cages. Pour améliorer l'aspect de l'ouvrage, fixer provisoirement sur l'arête supérieure du parement vu un fer à béton de 10 ou 14 mm ou de préférence mettre des cadres de guidage (coffrage provisoire) au niveau du parement vu et recouvrant plusieurs éléments. Prendre soin de bien plaquer le grillage contre les cadres de guidage.

4. Remplissage des cages :

Le remplissage se fait à la pelle mécanique en prenant soin de garder la dernière cellule vide afin de faciliter la ligature de la cage suivante. Pour avoir un parement plus soigné et éviter les déformations, procéder à l'arrangement manuel du parement vu. Utiliser des matériaux non gélifs et non friables de forme homogène, d'une granulométrie de 80 à 250 mm pour la maille de 60 et 100 à 250 mm pour les mailles de 80x100 et 100x120. Les gabions de 0.5 m sont remplis en deux couches alors que les cages de 1 m sont remplies en trois couches égales avec interposition de tirants reliant la face vue à la face opposée. Ces tirants seront espacés, horizontalement de 0.3 à 0.4 m. Prévoir 4 tirants/m² de parement (tirants préfabriqués ou avec le fil de ligature). Vérifier le bon remplissage de toutes les cellules, tout particulièrement dans les coins. Le compactage n'est pas nécessaire.

5. Fermeture des gabions :

Disposer alors les couvercles et les fixer solidement aux bases (cotés et diaphragmes). Pour avoir un ouvrage monolithique, nous recommandons d'englober les bases et les couvercles contigus. Fixation tous les 8 à 12 cm en englobant les côtés et couvercles.

La face vue des pierres taillées ne doit pas présenter par rapport au plan du parement et de l'ouvrage, de saillie ou flèche supérieure à 3 cm.

Mailles à double torsion : Une maille à double torsion est réalisée en tournant chaque pair de fils au moins trois demi autour l'autre pour obtenir des mailles hexagonales (hexagone).

Dans le paragraphe suivant, sont présentés les différents fils utilisés pour l'élaboration des gabions :

6. Fil de tissage :

Un fil utilisé pour la production du grillage de mailles. On l'utilise pour la fabrication du revêtement, les parois latérales et les cloisons.

7. Fil de lisière :

Un fil final attaché à tous les bords libres du grillage de maille. Cette fixation se passe machinalement.

8. Fil de renforcement :

Le fil de renforcement est le fil tissé là où on plie les gabions pendant le montage. Ceci se passe machinalement durant la production de gabions. Le fil de renforcement est obligatoire pour des gabions en forme de boîtes.

9. Fil de ligature :

Un fil galvanisé ou un fil d'acier revêtu de PVC utilisé pour assembler et lier les unités vides et pour celles remplies de pierres. On peut le remplacer des clips de fil d'acier avec une résistance à la traction d'environ 1.605 N/mm² avec la même qualité d'acier et avec au moins le même degré de galvanisation ou de revêtement Galva

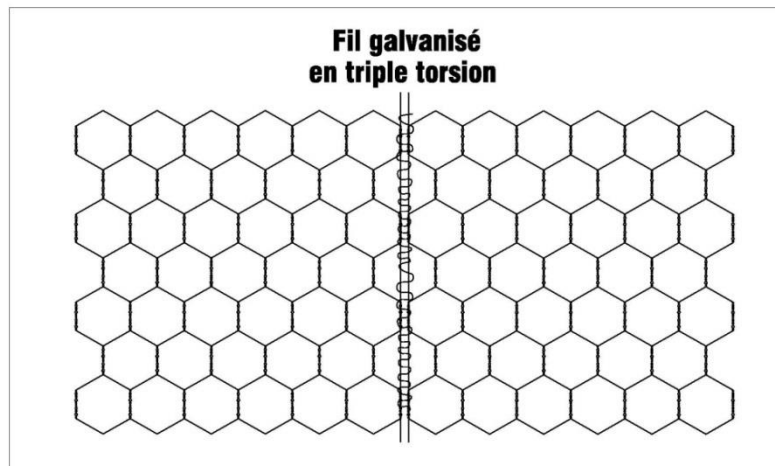


Figure V-2/ fil de ligature

V.4.4.3)- Moyens de mise en œuvre

Dans des conditions normales, une équipe de 5 personnes disposant d'une pelle mécanique réalisera 30 à 45 m³ de gabions/jour. La consommation des agrafes est environ 60 unités/m³ (50/ m³ pour les boîtes de 1 m. et 75/m³ pour les semelles de 0.50m.)

Ces rendements sont donnés à titre indicatif et devront être réajustés au cas par cas par chantier en fonction des particularités du site.

V.4.5)- ouvrages en béton

V.4.5.1)- Eléments concernés

Les prescriptions du présent chapitre s'appliquent à tous les travaux, matériaux et installations nécessaires à l'exécution des ouvrages en béton. Ceux-ci comprennent principalement la réalisation du mur de soutènement.

V.4.5.2)- Les murs de soutènement

Le mur de soutènement est un mur vertical ou subvertical qui permet de contenir des terres (ou tout autre matériau granulaire ou pulvérulent) sur une surface réduite. La retenue des terres par un mur de soutènement répond à des besoins multiples : préserver les routes et chemins des éboulements et glissement de terrain, structurer une berge naturelle en un quai

(ports maritimes et voies navigables), parer en soubassement les fondations d'édifices de grande hauteur ou de digues, créer des obstacles verticaux de grande hauteur (murs d'escarpe et glacis dans les fortifications), soutenir des fouilles et tranchées de chantier pour travailler à l'abri de l'eau (batardeau), établir des fondations ou créer des parkings souterrains, etc.

Le mur de soutènement choisis est une structure modulaire constituée en béton armé, formé d'une semelle à deux talons (amont et aval) et un mur à épaisseur décroissant dans le sens vertical qui remplace les berges complètement détruites

Ces ouvrages sont employés dans les tronçons où les berges sont complètement détruites, Après le dimensionnement notre mur prend les dimensions suivantes :

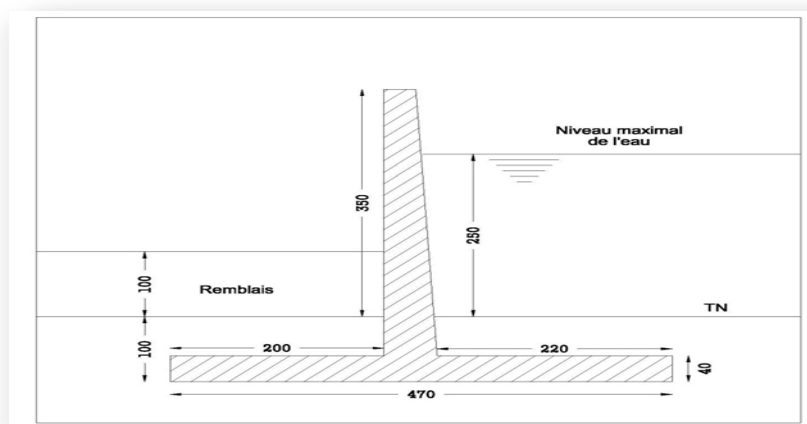


Figure V-3 mur de soutènement

1. Exécution des fouilles

Le partenaire cocontractant doit fixer préalablement les axes des éléments (axe de fut/ piliers) sur le béton de propreté. Toute faute d'implantation implique le refaire de l'élément.

Il prend les dispositions utiles pour éviter tout éboulement et assurer la sécurité du personnel, conformément au règlement en vigueur, si nécessaire en talutant, étayant, blindant ou confortant la fouille par tous les moyens adaptés à la nature du sol.

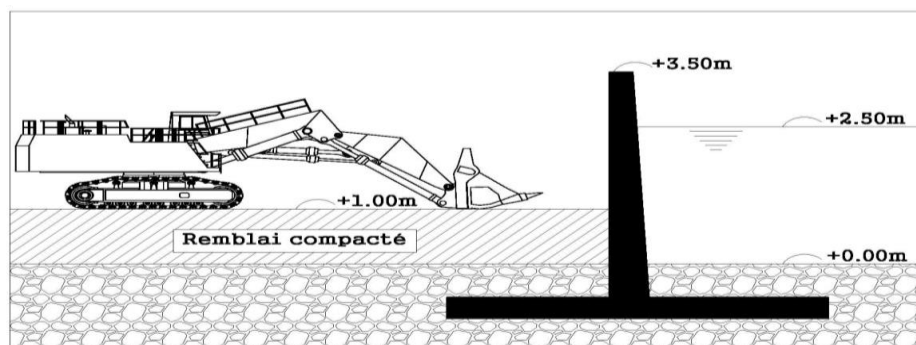


Figure V-4 remblaiement après la réalisation**.2.Collage du béton**

Une couche de béton de propreté est mise en place (de 10cm) avant le reste des opérations de collage

Le béton à un dosage de 400kg/m³ de ciment CRS avec un adjuvant hydrofuge de masse. D'autre part, il doit préparer un coffrage adéquat et conforme aux plans. L'enrobage d'acier en général est de l'ordre de : 50mm

3.Preparation du mélange

Le partenaire cocontractant mis au chantier les équipements qui permettent le contrôler avec précision exacte du poids et les quantités pour chaque classe de matériaux entrants dans la composition de béton.

Chaque type de matériaux, ciment, additifs, eau, doit être équilibré dans toutes les situations.

Le partenaire cocontractant doit préparer le chantier de telle sorte que pendant la période de mise en œuvre du béton, donne la possibilité de modifier l'un des pourcentages de matériaux entrants dans la préparation de béton.

Le contrôle se déroule régulièrement et le service contractant a le droit de le demander à tout moment, ainsi la vérification de tous les résultats des essais et ordonne les modifications nécessaires pour la bonne exécution.

L'opération de mélange doit être duré au moins deux minutes et demi après l'introduction de tous les éléments de béton, après l'achèvement de l'opération de collage de l'élément concerné, la bétonnière doit être vidée et bien nettoyé.

4.Transport et mise en œuvre :

Le béton doit être transporté rapidement au point de collage par des moyens appropriés.

Les moyens de transport de béton sont choisis afin d'éviter toute séparation ou la perte.

Les conteneurs de béton doivent assurer une vidange facile et sa forme doit être proportionnelle au point de collage (moules).

La période maximale entre la sortie du mélange et le point de collage ne doit pas être dépassée en tout état de cause : trente (30) minutes

Le béton ne doit être pas jeté d'une hauteur qui dépasse les deux mètres.

Une plaque de vidange est nécessaire afin d'éviter les pertes de béton.

Pour la bonne cohésion du béton, une opération de nettoyage et piquage de l'ancien est obligatoire.

L'utilisation du vibreur pour:

- ☞ Une bonne cohérence
- ☞ L'échappement de l'air
- ☞ Assurance de remplissage complet des vides jusqu'à l'émergence et l'apparition de mortier sur la surface.

L'épaisseur soumise à la vibration ne doit dépasser les 45 cm.

5.Reprise de bétonnage :

S'il y a une appelle à une reprise de bétonnage inattendu et ne figure pas sur les plans et apparemment utiles, le partenaire cocontractant mis en œuvre initialement aux normes de compression. S'il y a une rupture entre la surface du béton causée par la faiblesse de la reprise, il doit être démolie de façon concrète qui permet l'obtention d'une surface adéquate pour une reprise de bétonnage.

En cas de collage du béton humide sur un autre sec, les procédures de : piquage, nettoyage jusqu'au l'apparition d'ancien surface. Après on lance une opération de mouillage pour arrivé à une surface près au collage (Après le traitement et lors du collage, la surface doit être libre des correctifs d'eau)

6.Protection et le traitement

Le traitement du béton destiné pour une utilisation humide (en contact avec l'eau) est nécessaire pour une étanchéité satisfaisante, il peut être effectuée par deux méthodes : une hydratation ou à l'aide d'un enduit temporaire.

Dans le premier cas, le béton doit être rester humide pendant une semaine après la bonne cohérence par la pulvérisation l'eau continue ou mousseux, les moyens utilisés dans ce processus doivent être approuvés par le service contractant, la pulvérisation discontinue est interdit

Dans le second cas : les composants (type, quantité par unité de surface) doivent être sujet d'approbation de la part du service contractant. L'enduit doit être coloré

7.Le coffrage :

La durabilité des coffrages doivent être complètement garantie. Les moules doivent être :

- ☞ Parfaitement placés
- ☞ Soigneusement et correctement installés
- ☞ Résistants à l'inclinaison et à la pression exercée par le poids du béton et de l'abaissement par vibration
- ☞ Epais
- ☞ Leur face interne doit être complémentaire lisse et humide au moment de collage.

☞ La continuité des surfaces est obligatoire avec une lubrification des faces qui sont en contact avec le béton

Dans tout les cas le système de fixation est soumis au contrôle du service contractant.

8. Le recouvrement et le façonnage d'acier :

8-1- Le façonnage

Les barreaux doivent être parfaitement propres et n'ont pas des traces de rouille ou des autocollants de peinture ou de graisse.

Le ferrailage se prépare à froid dans un atelier destiné à cet effet.

Pendant le transport des barreaux façonnés, le partenaire cocontractant assure la protection et la garde des propriétés mécaniques de matériaux

8-2- le recouvrement :

La règle générale de recouvrement demande une longueur minimum de recouvrement de (50*section) le ferrailage verticale s'effectuer sans rupture si est possible si non le recouvrement minimal est de l'ordre de 2m. La soudure est strictement interdite

9. Le décoffrage :

Le décoffrage doit être effectué après la permission du service contractant,

Cette opération s'effectuera avec soins et par des forces purement statiques, le décoffrage démarre lorsque le béton atteint une dureté satisfaisante, de telle sorte qu'il peut résister aux contraintes appliquées au cours du processus, sans dégradation des éléments collés et dans les conditions sécuritaires.

Le représentant du service contractant assiste au décoffrage rédige un procès-verbal où il note toutes les événements de décoffrage.

10. Etat des surfaces :

10-1- Défauts de planéité :

La marge admissible de planéité sur l'ensemble de l'ouvrage ne dépasse pas en toutes état de causes les 3 mm, ce qui implique un traitement immédiate pour les surface non planifie (zone rigoureuses, bullage ...) par les moyens approprier, sans remboursement de la part du service contractant.

Toutes les instabilités ou les défauts de coffrage sont sur la responsabilité du partenaire cocontractant et sa correction n'implique aucun remboursement de la part du service contractant.

10-2- Défauts de segregation :

Ce genre de défauts est considéré comme défaut de réalisation, et le partenaire cocontractant attend la discision du service contractant sur la possibilité de réparation.

V.5)-Calcul des volumes des travaux :

Travaux de protection des agglomérations de la commune de still contre les crues d'oued ittel

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité
A-Installation de chantier			
01	Aménagements de chantier : l'amenée du matériel, les études préliminaires, la construction des bureaux des renions, sécurisation des lieux, planning d'intervention ainsi toutes sujétions.	u	1
B-Travaux d'excavation			
01	Le décapage superficiel : cette tâche sert à arracher et dégager, toutes les formes d'obstacles tels que les herbes, les arbustes.... et les faire transporter loin de la zone d'intervention (rayon de 5000m) jusqu'au l'arrivée à un relief clair.	m3	210000
02	Excavation de déblai (de toutes natures) en pleine masse, l'excavation avec: (profondeur moyenne de: 2.5m et une largeur varie de: 150 à 300 m), le profil en long et la géométrie naturel du l'oued doivent être respectés. Cette opération inclura les travaux de chargement, de transport et la mise soit : au point de la décharge désignée par le maitre de l'ouvrage (la distance peut atteindre au maximum : 5000 m) ou de les réutiliser pour le remblaiement des ouvrages réalisés (mur en gabion ou mur de soutènement).	m3	550000
03	Remblai derrière les parois de gabion Exécution des remblais entre les parois de gabion et les berges existantes avec de la terre excavée, ces travaux seront enchainés parallèlement avec les travaux de réalisation des sacs en gabion, ce prix inclura les travaux de compactage ainsi toutes sujétions.	ml	2000
04	Remblais derrière les murs de soutènement Exécution des remblais derrière les parois de mur de soutènement sur une bande de 4m à l'aide de la terre excavée, ce prix inclura les travaux de compactage ainsi toutes sujétions.	ml	2000
05	Démolition de l'ouvrage de déviation routière Travaux de démolition de l'ouvrage de déviation routière (voirie, dalot,) avec des moyens appropriés, ce prix rémunéra les travaux de transport au point de décharge situé dans un rayon de:	ml	500

	5000m (désigné par le service contractant)		
C- Ouvrages annexes			
01	<p>Les gabions</p> <p>Travaux de gabionnage (gabion à gradin externe) des berges en amont et en aval de la zone où les berges sont complètement détruites, base : 2m, hauteur: 3m ce prix inclura les travaux de préparation de sol, préparation des Gabarits, fourniture et façonnage des sacs en « Zimmerman », fourniture et remplissage des pierres sèches, pose en gradin, angle d'inclinaison 6°, aménagement des points de rejet des eaux de drainage agricole ainsi toutes sujétions</p>	ml	2000
02	<p>Béton de propreté</p> <p>Fourniture et mise en œuvre du béton de propreté sous le mur de soutènement dosé à 150 Kg/m³ en ciment HTS, ce prix rémunérera les travaux de préparation de sol, coffrage et décoffrage ainsi toutes sujétions.</p>	ml	2000
03	<p>Mur de soutènement</p> <p>Travaux de confection d'un mur de soutènement où les berges sont complètement détruites, Dimensions: hauteur de: 3.5m à partir du terrain naturel, ancrage de 1m, épaisseur de mur du bas vers le haut varie de : de 50cm à 30cm- la coupe des semelles : 40cm * 470cm, le béton est dosé à 400kg/m³ en ciment HTS, ce prix rémunérera les travaux d'excavation, le coffrage, décoffrage, ferrailage en : (T12-e15), le vibreur ainsi toutes sujétions.</p>	ml	2000

V.6)- Estimation financière des travaux :

Travaux de protection des agglomérations de la commune de still contre les crues d'oued ittel

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
A-Installation de chantier					
01	Aménagements de chantier : l'amenée du matériel, les études préliminaires, la construction des bureaux des renions, sécurisation des lieux, planning d'intervention ainsi toutes sujétions.	u	1	500,000.00	500,000.00
B-Travaux d'excavation					
01	Le décapage superficiel : cette tâche sert à arracher et dégager, toutes les formes d'obstacles tels que les herbes, les arbustes.... et les faire transporter loin de la zone d'intervention (rayon de 5000m) jusqu'au l'arrivée à un relief clair.	m3	210000	50.00	10,500,000.00
02	Excavation de déblai (de toutes natures) en pleine masse, l'excavation avec: (profondeur moyenne de: 2.5m et une largeur varie de: 150 à 300 m), le profil en long et la géométrie naturel du l'oued doivent être respectés. Cette opération inclura les travaux de chargement, de transport et la mise soit : au point de la décharge désignée par le maitre de l'ouvrage (la distance peut atteindre au maximum : 5000 m) ou de les réutiliser pour le remblaiement des ouvrages réalisés (mur en gabion ou mur de soutènement).	m3	550000	200.00	110,000,000.00
03	Remblai derrière les parois de gabion Exécution des remblais entre les parois de gabion et les berges existantes avec de la terre excavée, ces travaux seront enchainés parallèlement avec les travaux de réalisation des sacs en gabion, ce prix inclura les travaux de compactage ainsi toutes sujétions.	ml	2000	500.00	1,000,000.00
04	Remblais derrière les murs de soutènement Exécution des remblais derrière les parois de mur de soutènement sur une bande de 4m à l'aide de la terre excavée, ce prix inclura les travaux de compactage ainsi toutes sujétions.	ml	2000	1,000.00	2,000,000.00
05	Démolition de l'ouvrage de déviation routière Travaux de démolition de l'ouvrage de déviation routière (voirie, dalot,) avec des moyens appropriés, ce prix rémunéra les travaux de transport au point de décharge situé	ml	500	25,000.00	12,500,000.00

	dans un rayon de: 5000m (désigné par le service contractant)				
C- Ouvrages annexes					
01	Les gabions Travaux de gabionnage (gabion à gradin externe) des berges en amont et en aval de la zone où les berges sont complètement détruites, base : 2m, hauteur: 3m ce prix inclura les travaux de préparation de sol, préparation des Gabarits, fourniture et façonnage des sacs en « Zimmerman », fourniture et remplissage des pierres sèches, pose en gradin, angle d'inclinaison 6°, aménagement des points de rejet des eaux de drainage agricole ainsi toutes sujétions	ml	2000	40,000.00	80,000,000.00
02	Béton de propreté Fourniture et mise en œuvre du béton de propreté sous le mur de soutènement dosé à 150 Kg/m3 en ciment HTS, ce prix rémunère les travaux de préparation de sol, coffrage et décoffrage ainsi toutes sujétions.	ml	2000	18,000.00	36,000,000.00
03	Mur de soutènement Travaux de confection d'un mur de soutènement où les berges sont complètement détruites, Dimensions: hauteur de: 3.5m à partir du terrain naturel, ancrage de 1m, épaisseur de mur du bas vers le haut varie de : de 50cm à 30cm- la coupe des semelles : 40cm * 470cm, le béton est dosé à 400kg/m3 en ciment HTS, ce prix rémunère les travaux d'excavation, le coffrage, décoffrage, ferrailage en : (T12-e15), le vibreur ainsi toutes sujétions.	ml	2000	100,000.00	200,000,000.00
Total en hors taxes					452,500,000.00
TVA 19 %					85,975,000.00
Total en TTC					538,475,000.00

V.7)- Conclusion :

D'après ce chapitre on peut conclure que l'organisation de chantier est nécessaire avant le commencement des travaux, car elle nous permet de définir tout le volume des travaux nécessaires pour l'élaboration du chantier. D'autre part on peut avoir une information sur le coût total de projet ainsi que leur temps de réalisation. L'organisation de chantier définie aussi tous les moyens que l'on peut utiliser dans le chantier et leurs choix final seront basés sur une étude économique.

CONCLUSION GENERALE

La protection des sites urbains contre les crues et les inondations est une nécessité indispensable afin de réduire les risques humains, matériels et économiques.

En effet, qui dit protection contre l'inondation, dit protection de la ville, sauvegarde du patrimoine, de l'architecture et, somme toute paisible vie pour l'homme.

C'est pour ces multiples raisons que nous sommes occupés, tant que chercheur, de cette question qui, pour la moindre négligence et pour un minimum d'inattention, risque de porter atteinte à l'homme et à l'environnement dans lequel il évolue.

A travers ce mémoire, nous avons essayé d'abord d'expliquer la notion du risque d'inondation, notre but est la protection de la ville de Still contre ces inondations.

Une protection fiable passe certainement par une étude des causes d'inondation puis par une proposition des solutions convenables.

En discutant les modes de protection on s'est amené à la conjugaison de plusieurs mesures dans le but d'assurer le plus de sécurité.

✓ Au niveau du chevelu hydrographique :

Oued Ittel draine un bassin versant qui a nécessité une étude morpho métrique Permettant de mettre au point tous les paramètres d'influence du bassin versant et sa réponse vis-à-vis des précipitations.

Ce bassin versant de forme allongée ($Kc = 2.28$) possède un relief fort ($Ig=0.0085m/m$), un temps de concentration lent ($tc=33.29min$) ceci est due à l'absence des montagnes dans la région. La valeur de la densité de drainage ($Dd = 0.25$) témoigne de moyennes capacités de drainage de l'oued.

✓ Au niveau des zones drainantes des eaux pluviales :

Pour cette zone les intensités de précipitations ont fait l'objet également d'analyse par l'étude des averses de courtes durées et l'établissement des courbes durées – intensités – Fréquences.

Toutes ces investigations multiples ont été consolidées par l'utilisation des différents documents topographiques permettant la projection des ouvrages de protection.

Les résultats de calcul et d'analyse des différents paramètres cités, nous ont permis la conception et le dimensionnement des ouvrages de protection en l'occurrence.

✓ Le curage du lit de l'oued qui permet le rétablissement du paramètre moteur de l'écoulement (correction de la pente).

- ☞ Reconstruction des berges détruites avec des moyens appropriés.(murs de soutènement en :Gabion et Béton armé)
- ☞ Réaménagement des points de rejet de drainage agricole existant.
- ☞ Adaptation des infrastructures existantes.

Le dimensionnement du mur de soutènement à projeter est basé sur l'étude hydrologique, pour un débit de crue de 2625,89 (m³/s). Le mur de soutènement est la solution la plus appropriée pour la protection de berges d'oued Ittel, dont les caractéristiques de l'ouvrage sont: largeur de lit d'oued 300m, hauteur de l'eau 2.5m, hauteur de mur 3.5m, et une pente moyenne de lit d'oued 0.002385, sur un linéaire de protection de berges de 4000 ml (2000 ml mur en gabion à gradins externes et 2000 ml mur en Béton Armé).

En définitive, pour assurer la durabilité et le bon fonctionnement de nos ouvrages, nous espérons que les travaux d'entretien et de maintenance seront pris en vigueur.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- ZAIZ ISSAM, 2008, Etude de protection de la ville de cherchell (w. tipaza) contre les inondations
- Abdeddaim H., 2008, Contribution à la mise en œuvre d'une méthode d'analyse du risque d'inondation et de prévision des solutions d'aménagement, Thèse de magister, Université de Batna.
- Abdelbaki C., 2011, Allal M. A. & Bachi M, Cartographie de l'aléa inondation par approche hydraulique : Cas de l'agglomération de sidi bel Abbés, Editions universitaires européennes.
- ASNOUNI F., 2014, Etude du transport solide en suspension dans le Bassin Versant d'oued AL ABD, Mémoire de master en hydraulique, Université de Tlemcen.
- Bachi M., 2011, Problématique du Risque Inondation en milieu urbain ; cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbés » Mémoire de Magister en hydraulique, Université de Tlemcen.
- BARROCA B, POTTIER N, LEFORT E., 2005, Analyse et évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Orge Aval, Septièmes Rencontres de Théo Quant, janvier 2005.
- BARROCA B., 2006, Risque et vulnérabilités territoriales : les inondations en milieu urbain, Thèse de Doctorat en hydraulique, Université de Marne-La-Vallée.
- BENAICHA AMAR CHERIF., 2011, Etude des processus des transports solides et leur impact sur l'alluvionnement des barrages, Mémoire de Magister en Hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna.
- BENMECHERNANE N., 2013, étude de protection de la ville de bensekrane (w. Tlemcen) contre les inondations, Master en hydraulique, Université de Tlemcen.
- BENMIA K., 2012, Evaluation de la performance des barrages de protection contre les inondations, cas de la ville de Ghazaouet, Thèse de magister, Université de Tlemcen.
- BENNIS SAAD, 2004, Canada, Hydraulique et hydrologie 2eme édition.
- BLIN PIERRICK., 2001, Développement d'une nouvelle méthode de cartographie du risque unitaire d'inondation (crue) pour des résidences-Université du Québec.
- BOUANANI A., 2004, Hydrologie, Transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérien). Thèse de Doctorat d'état, Univ. Tlemcen, 250
- BOUBCHIR A., 2007, Risques d'inondation et occupation des sols dans le thore (région De Labruguière et de Mazamet), Mémoire de Master de Géographie et Aménagement, Université de Toulouse.
- DESBOS E., 1995, Quantification de la vulnérabilité du territoire face aux inondations. Rapport de D.E.A. "Conception en bâtiment et techniques urbaines", INSA Lyon, laboratoire Méthodes. Cemagref Lyon. p70 .
- DUNGLAS J., 2014, Stockage de l'eau : quel avenir pour les retenues collinaires, La gestion du risque inondation
- GERARED DEGOUTTE, 2012, Diagnostic aménagement et gestion des rivières Hydraulique et morphologie fluvial appliquées 2édition Expert hydraulique à Irstea, enseignant en écoles d'ingénieur.
- GRELOT F., 2004, Gestion collective des inondations, peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ? Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Université de Paris.
- HACHEMI S.M., 2015, Protection Des Agglomérations Contre Les inondations cas Du Centre D'el Gouassir (W. TLEMCEN), Mémoire de Master en hydraulique, Université de Tlemcen.
- HALLOUCHE B., 2007, <<Cartographie des zones inondables de la plaine de sidi Bel Abbes par l'approche Hydro géomorphologique Mémoire Magister Université de Sidi Bel Abbes.

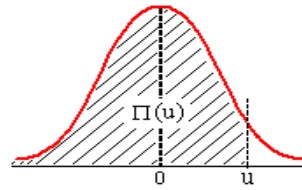
- HOSTACHE R., 2006, Analyse d'images satellitaires d'inondation pour la caractérisation tridimensionnelle de l'aléa et l'aide à la modélisation hydraulique, Thèse de Doctorat, Ecole nationale du Génie Rural des Eaux et Forêt, Université de Montpellier.
- INTITULE DU RAPPORT, 2005, Etude de réduction du risque inondation sur le bassin versant de l'Orne (Départements du Calvados et de l'Orne) Rapport de phase 4 Propositions de principes d'aménagement BURGÉAP 27, rue de Vanves 92772 BOULOGNE-BILLANCOURT Cedex RPR.4912a/A.11692/C.3R4203 JHO – SGa - YRa Décembre 2005 Page : 51/59 !
- Protection de la Commune de STILL Contre les Inondations BETH HYDRO SAHARA 2012.
- Protection contre les inondations cas du centre d'ain fezza tlemcen-I.Medaoui-2015.
- MARC IGIGABEL, 2014, Virginie Chaouch (CETMEF), Mohamed El Fadili (CETMEF) Juillet 2014-Coût des protections contre les inondations fluviales
- MEDD, 2004, Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations. Guide des aménagements associant l'épandage des crues dans le lit majeur et leur écrêtement dans de petits ouvrages, Ministère de l'écologie et du développement durable, Cemagref, 129 p. Le guide est téléchargeable à l'adresse suivante (consultée le 30/8/2010) : Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés.
- MERABET A., 2006, Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations, Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés.
- METREVELI. V, 1990, Alger, Hydrogéologie Et Phénomène De Transport.
- Mériaux. P et Royet. P et Folton. C, 2001, Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations, Cemagref Editions,
- NAAIM M, DEGOUTTE G, DELORME F., 2010, Les vagues dans les retenues d'altitudes analyse et méthodes pour la prévention. Cemagref, Sciences eaux et territoires, numéro spécial risques naturels.
- PIERRE J., 2007, Surveillance du risque hydrologique diffus le long des itinéraires routiers, Thèse de Doctorat, Ecole nationale des ponts et chaussées, Paris.
- ROYET P, DEGOUTTE G, MERIAUX P, 2009, Méthodologie pour le recensement d'un parc de nombreux petits barrages et d'établissement d'un ordre de priorité en vue de leur classement. Cemagref, PATOUH, MEEDDM
- SALOMON J.N., 1997 : « L'homme face aux crues et aux inondations », Presses Universitaire de Bordeaux, Université Michel de Montaigne - Bordeaux.p69-80
- SERRE D., 2005, Evaluation de la performance des digues de protection contre les inondations Modélisation de critères de décision dans un Système d'Information Géographique THÈSE pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Marne-La-Vallée Paris.
- SPPPI., 2004, Prise en compte du risque inondation dans les études de dangers des installations classées Cahier technique N°8, DRIRE Haute-Normandie - 21, avenue de la Porte des champs - 76037 ROUEN CEDEX Tél. 02 35 52 32 00.
- TALAH S., 2014, Contribution à l'étude des risques des inondations de l'oued Mellah W. Djelfa par les systèmes d'informations géographiques (Arc Gis et HEC-geoRAS) ; en utilisant le logiciel HEC-RAS, Mémoire de Magister, Université de M'silla.
- YAHIAOUI A., 2012, Inondations torrentielles_ cartographie des zones vulnérables en Algérie du nord (cas de l'oued Mekrra, Wilaya de Sidi Bel Abbés), Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique.

ANNEXES

Table de Loi Normale

Fonction de répartition Π de la loi normale centrée réduite.

Probabilité de trouver une valeur inférieure à u .



$$\Pi(-u) = 1 - \Pi(u)$$

u	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91309	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997

<i>Les années</i>	<i>sept</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dec</i>	<i>Janv</i>	<i>Fev</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juil</i>	<i>Août</i>	<i>PJ max (mm)</i>
1988	5.08	5.19	15.49	9.59	1.52	0.25	5.72	119.38	1.53	23.62	0	0	119.38
1989	23.74	1.02	5.84	4.15	4.85	7.12	1.02	10.92	0	21.84	0	0	23.74
1990	5.32	0	22.1	0	27.96	0	1.53	26.5	30.48	3.65	3.41	27.41	30.48
1991	16	32.51	4.06	10.74	1.99	15.56	47.89	2.25	5.36	1.02	0	2.84	47.89
1992	25.4	1.02	89.48	2.54	19.52	4.31	22.29	10.11	10.32	0.51	8.19	0.51	89.48
1993	56.1	0	17.48	144.21	0	43.43	28.76	0	7.47	0	0	0	144.21
1994	93.39	48.78	1.54	0	0	0	124.42	0	0	2.6	57.33	3.05	124.42
1995	227.89	4.16	16.26	18.4	3.25	1.88	9.98	6.9	0	3.23	0	1.52	227.89
1996	9.39	0.99	23.88	3.71	62.61	23.35	56.56	0.43	2.13	6.09	97.03	9.06	97.03
1997	7.25	14.75	44.59	18.96	15.24	5.08	9.15	71.63	0	7.87	0	0.37	71.63
1998	2.13	3.27	0	1.16	0	17.08	1.92	48.33	17.83	11.9	0	1.24	48.33
1999	0	12.49	42.73	36.67	0	0	0	0	0	0	0	0	42.73
2000	27.23	5.97	5.11	8.28	0	0	3.31	9.93	17.36	0	0	0	27.23
2001	3.06	0.5	18	15.91	34.32	0.3	0	0	0.71	0	0	8.8	34.32
2002	0.66	12.35	20.47	0.54	1.27	0	0.43	2.58	0.68	3.7	12.74	5.91	20.47
2003	6.1	48.01	1.35	13.14	69.06	1.64	57.25	5.04	3.8	2	0	0	69.06
2004	4.64	4.21	33.27	31.39	1.22	1.13	108.24	65.72	39.57	1.09	0	15.37	108.24
2005	4.98	0.51	0	14.54	0	18.33	8.08	0	0	24.89	3.67	2.69	24.89
2006	16.19	0	48.01	10.89	16.27	29.42	0	15.13	3.26	7.46	0	0.7	48.01
2007	37.07	3.37	0	1.91	0	2.26	10.88	13.68	1.35	0.46	0	0	37.07
Moyenne													71.82
Ecart type													52.77

Tableau n° :15 les précipitations journalières maximales enregistrées à la station de Biskra

**Protection des Agglomérations de la Commune de STILL
Contre les Inondations de l'OUED ITTEL Wilaya d'ELOUED
PLANING DES TRAVAUX**

N°	DESIGNATIONS	MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01	Installation de chantier																									
02	Travaux d'excavation																									
03	Curage lit d'oued																									
04	Exécution des ouvrages																									
4--1	Reconstruction des berges en Gabions																									
4--2	Béton de propreté																									
4--3	Reconstruction des berges en Béton Armé																									
05	Travaux de finition et remise en état																									

Photos de la zone d'étude



Lit d'oued Ittel



Route nationale n° :03



Sable Sédimentaire



Végétation sur le lit de l'oued



Ouvrage de protection du chemin de fer



Dégâts au niveau de l'ouvrage de déviation
(Séquelle des dernières inondations)



Dégradation des ouvrages et infrastructures existantes
(Réseau électrique, route...etc.)



Dégradation des ouvrages et infrastructures existantes
(Réseau électrique, route...etc.)



Dégradation des ouvrages et infrastructures existantes
(Réseau électrique, route...etc.)



Zone urbaine touchée par les inondations

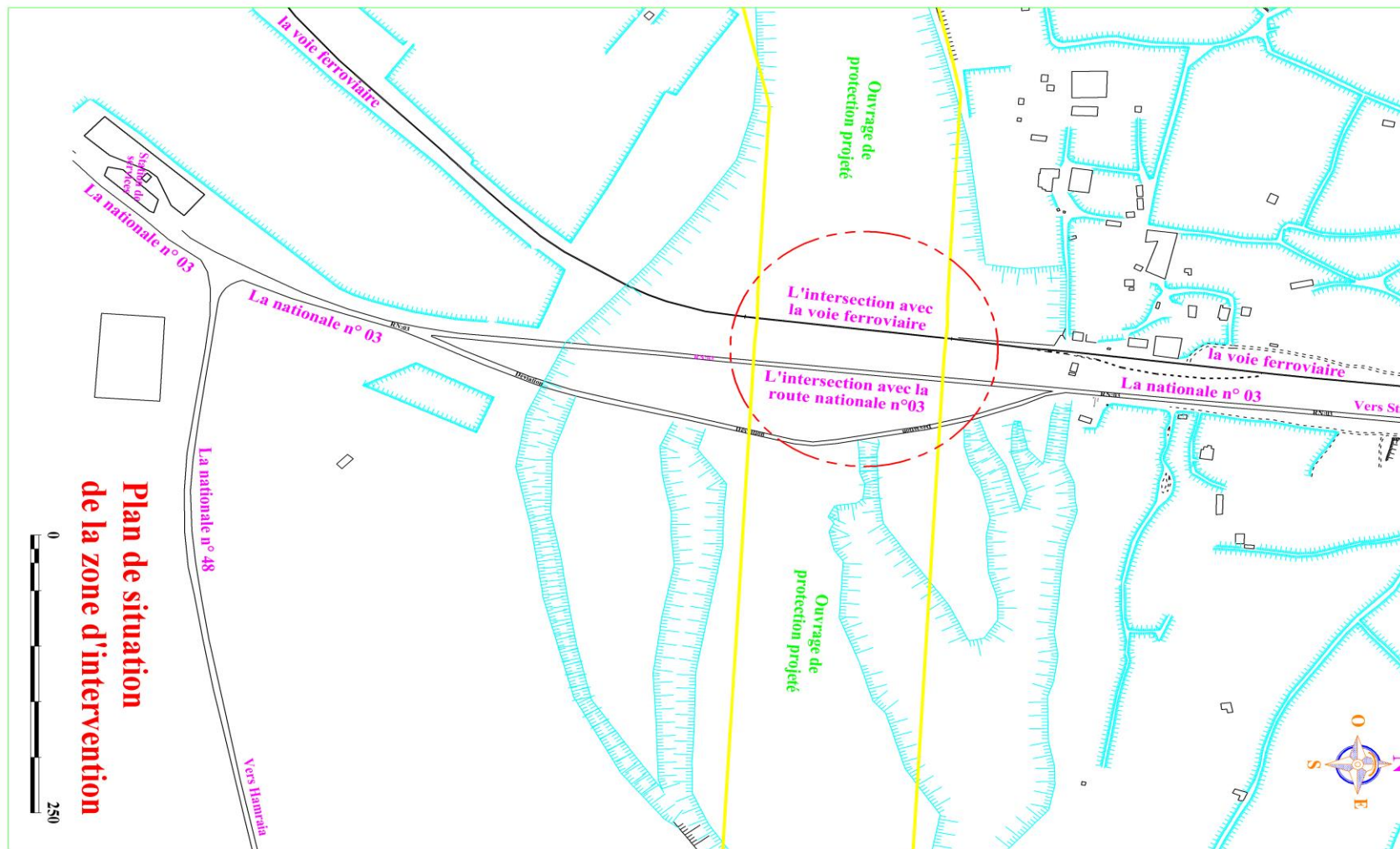


Planche 1: plan de situation



Planche 2: plan d'aménagement d'oued



Planche3: plan de curage d'oued

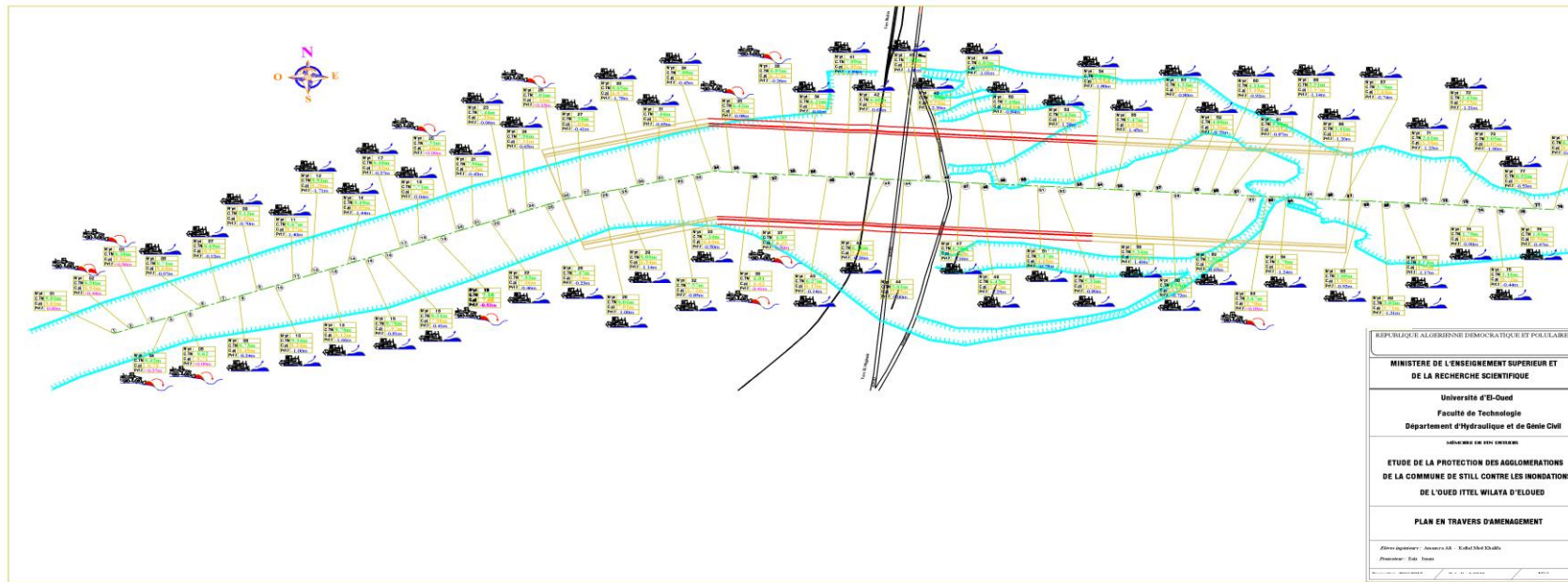


Planche 4: profil en long d'oued

PHOTO GOOGLE DE LA VILLE DE STILL ET OUED ITTEL

