



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Hydraulique
Hydraulique Urbaine

Réf. : HU 39 / 2018

Présenté et soutenu par :
BAADACHE LINDA

Le : lundi 25 juin 2018

Protection Des Infrastructures Urbain Contre Les Inodations D'oued BISKRA (Wilaya De BISKRA, ALGERIE)

Jury :

M.	DJEDRI TOUFIK	MCA	Université de Biskra	Président
M.	ABED SAMAD FOUZI	MAA	Université de Biskra	Examineur
M.	BOURICHE FOUZI	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2017 - 2018

Remerciements

En premier, je remercie dieu tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la volonté pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

En second, je remercie respectueusement MR Fouzi BOURICHE pour avoir accepté de nous encadrer tout ou long de la réalisation de ce modeste mémoire, et pour tous les conseils instructifs et leur disponibilité.

Je remercie également le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Nous tenons à remercier le personnel d'ALGEOS qui m'a aidé pendant cette période.

Je remercie finalement mes enseignants : Brima Abed Hafid LEGUERICHY Yazid, Mourad HACHANI, BADAACHE Ghania, DJOUDI Tarek et DJEMI Hocine, et tous les enseignants du département d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est à la base de la vie en général : présente dans notre sang, dans les liquides que nous buvons, dans les aliments que nous prenons, elle nous permet de survivre et de rester en bonne santé. Elle est également une voie de communication et elle est indispensable au développement économique. Sa valeur est reconnue partout dans le monde.

D'ailleurs, elle constitue un symbole puissant dans toutes les cultures et dans toutes les croyances.

Mais elle est également un des éléments les plus destructeurs de notre planète. Car l'eau, quand il y en a trop, provoque des inondations, et des catastrophes.

Le problème des inondations n'est pas une nouveauté, depuis l'existence de l'homme sur terre, celui-ci a préféré s'installer dans des régions à relief plat et aux environs des points d'eau et dans des zones occasionnellement inondables, qui lui permet de réaliser ces activités habituelles (agriculture, industrie,....)

Donc, des cités entières se sont développées à proximité des cours d'eau occasionnant des dégâts considérables à l'homme et à ces biens. Devant cette menace, l'homme a tenté d'aménager ces

cours d'eau pour réduire le risque d'inondation qui représente le risque naturel le plus coûteux, le plus répandu, faisant le plus de victimes et de dégâts dans le monde.

En Algérie, la wilaya de BISKRA est l'une des zones qui sont touchées par ce phénomène des inondations. Les plus récentes ont réveillé les mémoires et ravivé les inquiétudes. Se situant dans l'SUD-EAST algérien, cette wilaya s'élève sur les rives de l'oued BISKRA.

Les inondations sont devenues un aspect très important à cause de leur impact destructeur sur les plans humain et matériel. Par conséquent, l'État est contraint de traiter ce problème car il devient une contrainte quant au développement des zones touchées. Toutefois, on ne peut intervenir efficacement que si l'on cerne avec précision ce risque en utilisant les moyens modernes qui sont à notre disposition. Comment peut-on cerner ce problème sur le plan spatial et est-ce que les interventions effectuées pour freiner ce phénomène ont été efficaces ?

Méthode d'approche :

Afin de répondre à cette problématique, la cartographie automatique a été la base de notre travail. En effet, en récoltant plusieurs documents cartographiques (cartes topographiques et images satellitaires à différentes dates), associés à des éléments relatifs à l'altitude et d'autres paramètres liés à la fréquentation du phénomène inondation.

(Système d'informations géographiques). Ce système nous a permis de dresser une série de cartes où l'on peut délimiter les aires les plus vulnérables, donc favorables à l'inondation dans les différentes agglomérations de la wilaya. La cartographie produite a été faite selon deux types d'échelles :

- Au niveau de la wilaya où il a été question de délimiter les communes les plus concernées par les inondations,
- Au niveau des agglomérations et des centres urbains où on a cerné les quartiers situés dans les zones inondables.

Au niveau pratique, on a suivi trois étapes pour réaliser ce mémoire :

1- Recherche bibliographique :

Se résume dans la préparation de la documentation nécessaire pour l'étude du phénomène inondations et toute la littérature concernant les concepts liées au risque. Cette documentation a touché des ouvrages, des mémoires, des thèses, des sites web, et autres travaux opérationnels.

Objectif de l'étude :

Ce travail a pour but :

- D'utiliser les moyens cartographiques modernes afin de cerner ce problème d'inondations sur un plan local (agglomérations) et régional (wilaya),
- De proposer aux décideurs des documents cartographiques pour leur permettre de mieux gérer l'espace et orienter les différents programmes de développement en fonction de la vulnérabilité de la région à l'inondation.
- Des visites à l'oued Biskra

Organisation du mémoire :

En fonction de la problématique posée au départ, notre recherche a été structurée de la manière suivante.

Le premier chapitre : « Le risque inondation en Algérie : Approche conceptuelle et historique ».

Dans un premier lieu, ce chapitre traite les notions de base liées au problème des inondations avec des définitions relatives à la problématique du risque. Dans un second lieu, il s'agit de donner un aperçu sur le phénomène inondation au niveau national.

Le deuxième chapitre : « La wilaya de SIDI BEL ABBES : Dans sont contexte géographique ».

Dans ce chapitre, il s'agit d'analyser la zone d'étude sur le plan géographique en rapportant les éléments du milieu naturel et un aperçu sur les activités humaines dans cette wilaya.

Le troisième chapitre : « Les inondations et leurs impacts ».

Ce chapitre traite l'historique des inondations dans la wilaya de bisra et les conséquences de ce phénomène sur le plan spatial et social.

Le quatrième chapitre : « Les travaux d'aménagements et les études de protection contre les inondations ».

Ce chapitre est consacré aux solutions envisagées pour protéger la wilaya de SIDI BEL ABBES contre les inondations avec les différentes méthodes et les travaux d'aménagement.

Table des matières

Liste des indices

Liste des tableaux

Liste des figures

Chapitre 1 : Généralités sur les inondations et leurs risques sur les infrastructures urbain	4
Introduction.....	5
1. Les crues	6
1.2. Le processus de formation des crues :	6
2. Inondation	10
2.4. Connaissance des risques d'inondation :	15
2.4.1. Risques majeurs d'inondation :	16
On a pu distinguer plusieurs types des risques qui sont regroupés en cinq familles ;	16
2.4.2. Connaissance de L'aléa :	16
2.4.3. Evaluation du risque d'inondation :	17
2.4.4. Evaluer l'aléa « inondation » et ses incertitudes :	17
2.4.5. La vulnérabilité envers l'inondation :	19
2.6. La maîtrise des risques des inondations.....	22
2.6.1. La réglementation:	22
2.6.2. La Prévention face au risque d'inondation:	23
2.6.3. La répartition des responsabilités :	23
2.6.4. Les travaux de protection pour réduire l'aléa :	23
2.6.5. La maîtrise de l'urbanisation pour réduire la vulnérabilité :	23
2.7. La gestion du risque d'inondation :	24
2.7.1. Dans le monde :	24
2.7.2. En Algérie :	24
Conclusion :	26
Chapitre II: Procédés de protection des métropoles contre les Inondations	Erreur ! Signet non défini.
INTRODUCTION :	Erreur ! Signet non défini.
1. Paramètres fondamentaux du cours d'eau	Erreur ! Signet non défini.
2. Les aménagements des cours d'eau.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1. Recalibrage du cours d'eau	Erreur ! Signet non défini.
1.2. Les digues de protection contre l'inondation	Erreur ! Signet non défini.
1.2.1. Les digues en charge en permanence	Erreur ! Signet non défini.
1.3. Reboisement	Erreur ! Signet non défini.
1.4. Préservation -restauration - création des zones d'expansion des crues	Erreur ! Signet non défini.

1.5.	Retenues d'eau.....	Erreur ! Signet non défini.
<hr/>		
1.6.	Barrage écrêteur.....	Erreur ! Signet non défini.
1.7.	Correction torrentielle.....	Erreur ! Signet non défini.
2.9.	Ouvrages de stockage en dérivation et son fonctionnement	Erreur ! Signet non défini.
2.10.	Les murs de soutènements	Erreur ! Signet non défini.
2.10.5.	La paroi moulée	Erreur ! Signet non défini.
	CONCLUSION :	Erreur ! Signet non défini.
	CHAPITRE III : Étude de milieux physique du bassin versant du Biskra.....	Erreur ! Signet non défini.
1.	Cadre géographique :	Erreur ! Signet non défini.
2.2.	Les piedmonts	Erreur ! Signet non défini.
2.3.	Les Plaines	Erreur ! Signet non défini.
2.4.	Les caractéristiques morphométriques du bassin :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.5.1	Caractéristiques orographique du bassin versant.....	Erreur ! Signet non défini.
2.5.2.	Analyse et commentaire	Erreur ! Signet non défini.
2.6.	La forme des bassins	Erreur ! Signet non défini.
2.7.	Le système des pentes	Erreur ! Signet non défini.
3.	Cadre Géologique	Erreur ! Signet non défini.
3.1.	La structure du bassin :	Erreur ! Signet non défini.
3.1.1.	Stratigraphie et aperçu lithologique global :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2	Stratigraphie de la région d'étude	Erreur ! Signet non défini.
4.	Hydrogéologie :.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.	Le réseau hydrographique.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.1.	Présentations du réseau hydrographique.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.2.	Classement de chevelu hydrographique	Erreur ! Signet non défini.
4.2.3.	Profils en long.....	Erreur ! Signet non défini.
5.	Hydrologie des Ziban	Erreur ! Signet non défini.
7.	Climatologie	Erreur ! Signet non défini.
1.1.	Le climat de la région	Erreur ! Signet non défini.
	Chapitre IV.....	Erreur ! Signet non défini.
	Présentation des données hydrologiques sur le bassin versant de l'oued Biskra.....	Erreur ! Signet non défini.
1.	Les précipitations	Erreur ! Signet non défini.
1.	Pluies de courte durée (Courbes IDF) :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.	Les précipitations moyennes annuelles	Erreur ! Signet non défini.
1.	Etude de température	Erreur ! Signet non défini.
2.	Le vent	Erreur ! Signet non défini.

3.	L'humidité relative	Erreur ! Signet non défini.
<hr/>		
4.	Etude des débits	Erreur ! Signet non défini.
5.2.	Débits mensuels	Erreur ! Signet non défini.
4.2.	Estimation du temps de concentration	Erreur ! Signet non défini.
	CHAPITRE V : ETUDE PRATIQUE	Erreur ! Signet non défini.
	Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
1.	La résistance et la stabilité de l'ouvrage	Erreur ! Signet non défini.
2.	Généralités sur les palplanches	Erreur ! Signet non défini.
2.1.	Différents types de palplanches	Erreur ! Signet non défini.
2.2.	Buts d'un soutènement par un rideau de palplanche.....	Erreur ! Signet non défini.
5.	Dimensionnement d'un rideau de palplanche	Erreur ! Signet non défini.
6.	Méthode de calcul des palplanches	Erreur ! Signet non défini.
6.1.	La méthode analytique de Blum ou de la poutre équivalente.....	Erreur ! Signet non défini.
6.2.	Présentation du modèle de Blum.....	Erreur ! Signet non défini.
6.3.	Principe de la poutre équivalente	Erreur ! Signet non défini.
6.4.	Choix d'une palplanche et vérification	Erreur ! Signet non défini.
7.	Étude pratique	Erreur ! Signet non défini.
7.1.	Donnée de sol de fondation	Erreur ! Signet non défini.
7.2.	Calcul de la hauteur d'eau	Erreur ! Signet non défini.
7.3.	Nombre de froud.....	Erreur ! Signet non défini.
7.4.	Revanche	Erreur ! Signet non défini.
7.5.	Section ovale des ponts busees.....	Erreur ! Signet non défini.
7.6.	Dimensionnements des palplanches.....	Erreur ! Signet non défini.
7.6.1.	Détermination des terres.	Erreur ! Signet non défini.
7.6.2.	Calcul des fors buttée et pausée	Erreur ! Signet non défini.
7.6.3.	Somme des moments auteur O $\Sigma_0 = \text{zéro}$	Erreur ! Signet non défini.
7.6.4.	Détermination de la position ou $V = \text{zéro}$	Erreur ! Signet non défini.
7.6.5.	Calcul de M_{max}	Erreur ! Signet non défini.
7.6.6.	Conception de la section de la palplanche.....	Erreur ! Signet non défini.
	Conclusion :	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre 1 :
Généralités sur les inondations et leurs risques sur les
infrastructures urbain

Introduction

L'Algérie est confrontée aux phénomènes naturels qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social,

Plusieurs régions du pays sont régulièrement menacées par ces catastrophes hydrologiques dont les effets sont souvent intensifiés par d'autres facteurs qui aggravent les effets des crues tels que :

- L'urbanisation « anarchique » par l'occupation des terres inondables
- La défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales
- Le gonflement des oueds par les décombres et les débris

Les risques d'inondations sont dus, donc à l'interaction complexe de plusieurs composantes, c'est le produit de la concomitance de facteurs topographiques, géologiques et météorologiques.

1. Les crues

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. De nombreux géographes et hydrologues ont adopté le critère qu'une rivière est en crue lorsque son débit est trois à cinq fois supérieur à son débit moyen. De façon plus pratique, on admet qu'une rivière est en crue lorsqu'elle déborde des limites de son lit mineur. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui n'est exceptionnel que lorsque les débits deviennent considérables par rapport à son module ; on parle alors de crue critique, laquelle peut engendrer une inondation sur les zones riveraines.

1.1. Genèse des crues et des inondations :

Sous les termes de crues et d'inondations se cache un phénomène multiforme. Les crues, terme plutôt hydrologique, désigne le dépassement d'un certain débit ou d'une certaine hauteur par un cours d'eau. Cette hauteur d'eau peut être qualifiée en fonction de sa durée de retour : crue décennale pour une hauteur d'eau ou un débit qui a une chance sur dix de se produire chaque année. Le terme inondation est d'acceptation plutôt topographique ou géomorphologique, il désigne le débordement d'un cours d'eau de son lit mineur, mais aussi le remplissage d'une cuvette topographique par les eaux de ruissellement local. Ce type d'inondations pluviales se distingue par la vitesse de l'eau, le volume d'eau écoulé et la hauteur d'eau. Ces paramètres sont essentiels pour comprendre les dommages et instaurer des politiques de prévention efficaces (Yahiaoui, 2012).

1.2. Le processus de formation des crues :

Comprendre ce processus de formation des crues revient à analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau. En simplifiant, on distingue :

- L'eau mobilisable : constituée de l'eau reçue par le bassin versant.
- Le ruissellement qui : correspond à la part de l'eau qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Il dépend de la nature du sol, de sa pente, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux.

1.3. Le temps de concentration : qui est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau partant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci. La propagation de l'onde de crue : qui est fonction de la structure du lit et de la vallée alluviale, notamment de la pente et des caractéristiques du champ d'inondation (Asnoui, 2014).

1.4. Les différents Types des crues

On peut classer les crues selon la possibilité de construire :

1.4.1. crue de faible probabilité

Ou scénarios d'événements extrêmes ;

1.4.2. crue de probabilité moyenne

Période de retour probable supérieure ou égale à 100 ans ;

1.4.3. crue de forte probabilité

le cas échéant. L'État est en charge de la surveillance et de la transmission de l'information concernant les crues, ainsi que de la prévision dans ce domaine. Des services de prévision des crues (SPC) ont été mis en place, auprès des préfets, Ils reçoivent le soutien technique du service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations.

1.5. Les différentes crues selon les saisons

1.5.1. Les crues d'été (crues éclair, crues "cévenoles")

Elles sont le fait de précipitations très intenses sur un bassin au relief assez fort sur lequel un effet « entonnoir » concentre vers la rivière la quasi-totalité de l'eau tombée, dans un laps de temps très court, qui n'a pu ni s'infiltrer, ni s'évaporer. Ces crues sont à déclenchement rapide (quelques heures après la pluie), ne durent que quelques jours et se traduisent par des écoulements torrentiels.

1.5.2. Les crues de redoux

Elles surviennent à la suite d'un épisode froid au cours duquel le sol a gelé, avec ou sans neige. Au redoux (influence atlantique, vents d'ouest et pluies intenses), l'atmosphère froide et humide ne permet aucune évaporation, la neige fond. Par son inertie thermique, le sol reste gelé plusieurs jours ou semaines : il est alors totalement imperméable. Le ruissellement est maximum. La durée de ces crues est de l'ordre d'une à deux semaines.

1.5.3. Les crues de nappes

Plusieurs facteurs favorisent ces crues : nappes hautes en fin d'été (novembre) à la suite d'au moins deux années humides, pluies d'hiver abondantes, éventuellement un épisode de pluies très intenses, milieu géologique très poreux possédant une capacité de stockage considérable (craie), relief de plateau avec une nappe plus haute que la plaine alluviale. On peut alors assister à des crues fortes, durant entre deux semaines et deux mois.

Les crues provoquées par les chevelus hydrographiques :

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans la rivière (Débit) et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière.

Elle dépend essentiellement de l'abondance et de l'intensité de la pluie : son évolution obéit principalement à la puissance et l'intensité de l'averse. Sa vitesse est largement influencée par le couvert végétal, la lithologie, par des paramètres morphométriques du bassin (indice de compacité, densité de drainage, rapports des confluences et des Longueurs etc...), par la pente des thalwegs et la forme du lit (**Bouanani, 2004**).

Le processus de la genèse de crue est le résultat de plusieurs processus concomitants.

Il peut être le résultat de l'écoulement superficiel ou souterrain ou les deux ensembles. Les crues sont de trois types :

- Les crues d'averses : Ce sont les crues les plus connues et plus répandues.
- Les crues de fonte de neige : Caractéristiques aux régimes climatiques Neigeux. Elles sont liées à l'augmentation de température.
- Les crues d'embâcles : Généralement dues aux blocs de glaces ou troncs d'arbres qui s'accumulent formant des petits barrages et provoquant des Inondations à l'amont. La débâcle est l'effet de la rupture de ces petits Barrages résultant des inondations à l'aval (**Benmia, 2012**).

1.6. La fréquence d'une crue « temps de retour »

Les crues, qui dépendent principalement des phénomènes météorologiques, sont difficilement prévisibles à long terme. Mais on peut estimer leur « temps de retour », c'est-à-dire la durée moyenne qui sépare deux événements. Par exemple, la crue décennale pour un certain cours d'eau signifie qu'elle se produit en moyenne une fois tous les dix ans lorsqu'on examine les relevés de débits sur de très longues périodes ; mais il s'agit d'une moyenne calculée dont les intervalles peuvent être très irréguliers. Ainsi, des crues dites décennales

En raison de leur débit, peuvent se produire à plusieurs reprises dans une même année. En conséquence, pour éviter de croire, après la survenance d'une telle crue, qu'on est « tranquille pour 10 ans », il vaut mieux dire qu'une crue décennale a une « chance » sur dix de se produire chaque année. De même, la crue centennale a une « chance » sur cent de se produire chaque année. En ville, les réseaux d'eaux pluviales sont en général calculés en fonction du débit décennal.

1.6.1. La crue centennale

Ou la plus forte crue connue, est la crue de référence pour les travaux de protection et le zonage réglementaire des risques.

1.6.2. La crue millénaire

Est retenue pour dimensionner les systèmes de sécurité des grands barrages ou des centrales nucléaires placées au bord des rivières.

1.7. Exemple des crues de l'oued Biskra et ses affluents :

Le bassin versant de l'oued Biskra connaît des crues généralement au début de l'année hydrologique, se sont les mois de septembre et octobre comportent le plus de crues.

1.7.1. La crue de septembre 1989

C'est un autre exemple de crues de saison chaude, ce type de crues les plus fréquentes dans l'oued Biskra se produit au début et en fin de saison, qui revêtent un caractère de gravité élevé en raison de la forte intensité des averses et de l'absence du couvert végétale, ces paramètres peuvent l'emporter sur les effets de l'évaporation et du pouvoir absorbant du sol élevé en cette période. La crue de 1989 qui a lieu le 29 Septembre, dont la hauteur pluviométrique à Djemoura est de 146 mm et un débit journalier de 82,7 m³/s ce débit est de 297 m³/s à la station hydrométrique d'El Kantara.

Malgré les fortes possibilités d'infiltration et d'évaporation, l'intensité particulièrement élevée des précipitations a provoqué des montées importantes des niveaux d'eau qui ont atteint près de 2m à la station de Djemoura et 4m à la station d'El Kantara.

Il importe enfin, de souligner la brutalité caractérisant la montée de l'hydrogramme de crue de la station d'El Kantara, par rapport à celui de Djemoura ; nous constatons que le bassin versant de l'oued El Hai est responsable d'une grande partie de la crue. La phase de décrue est également rapide en raison de l'arrêt de l'averse après la pointe de la crue.

1.7.2. La crue d'août 1984

Au mois d'août, une pluie abondante s'était abattue sur le bassin (une hauteur pluviométrique moyenne mensuelle de 131,8mm). Ces précipitations généralisées sur tout le bassin ont provoqué la crue du 29 août 1984.

En cette crue, la station d'El Kantara a enregistré 127,6 m³/s et Djemoura 102,88 m³/s. L'allure des hydrogrammes relative de cette crue donne une image suggestive de la rapidité et la brutalité caractérisant la montée et la descente des crues surtout pour l'oued El Hai, où les variations plus accusées dues essentiellement à l'importance de l'évaporation et de la nature lithologique des formations alluvionnaires traversées par l'oued qui engendrent une descente très rapide de la crue, après une montée aussi bien rapide.

1.7.3. La crue du mois d'octobre 1982

Cette année là, de fortes précipitations eurent lieu sur l'ensemble du bassin de l'oued Biskra. La hauteur pluviométrique est de 137,7mm à la station de Biskra 551,7mm à la station de Menaâ et 256,6mm à la station de Bouzina.

En mois d'octobre, une pluie diluvienne s'était abattue sur le bassin, qui a engendré des inondations dans la plaine de Djemoura et El Outaya.

L'hydrogramme relatif à ces crues donne une image suggestive de la rapidité et la brutalité caractérisant la montée des eaux : pour la station hydrométrique de Djemoura ; le débit journalier est passé de 0,105 m³/s à 314,80 m³/s, au bout de deux heures à la station hydrométrique d'El Kantara, le débit passe de 0,025 m³/s à 242,6 m³/s au bout d'une heure. Ces mêmes caractères se retrouvent, mais à un degré moindre au niveau de la phase de décrue.

1.7.4. La crue de Juin 1981

Cette année là, de fortes précipitations tombent sur le bassin versant de l'oued Biskra ont provoqué la crue du 25/06/1981. La station hydrométrique d'El Kantara a enregistré un débit journalier de 178,20 m³/s, alors que la station de Djemoura n'a enregistré que 19,94 m³/s, l'écart entre ces débits journaliers pour ces deux stations est très important et témoigne de la variété des réponses des sous bassins (la morphologie du lit, les caractéristiques physiques notamment, la lithologie et les conditions météorologiques).

Il est à noter sur les hydrogrammes journaliers des deux oueds ; les débits maximums journaliers sont juxtaposés (figure n°30) la puissance de la crue a diminué de l'amont à l'aval du fait de la répartition des précipitations ainsi que la faiblesse de la pente vers le Sud, l'importance des dépôts alluvionnaires perméables et l'augmentation de la température qui engendre une évaporation intense.

2. Inondation

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau et pouvant être habitée. D'une autre façon, l'inondation c'est le débordement des eaux de son lit lors d'une crue. Le risque de ce dernier phénomène, est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement et l'homme qui s'installe dans l'espace alluvial pour y implanter toutes sortes de construction, d'équipements et d'activités.

Au sens large les inondations comprennent les débordements d'un cours d'eau, les remontées de nappes, les ruissellements résultant de fortes pluies d'orages, les inondations par rupture d'ouvrages de protection (brèche dans les digues), les inondations estuariennes résultant de la conjonction de fortes marées, de situations dépressionnaires et de la crue des fleuves.

2.1. Les causes des inondations :

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. Elles interviennent par, leur répartition spatiale et leur répartition temporelle.

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) ; des facteurs qui influent sur l'écoulement et le régime hydrologique du bassin (**Talah, 2014**).

2.2. Paramètres influençant les inondations :

Un grand nombre de facteurs autres que celles dictés précédemment interviennent, souvent de façon aggravante, dans les dégâts occasionnés par les inondations. Parmi ces derniers, on peut rappeler l'influence des facteurs naturels et anthropiques (**Ledoux et al, 2006**).

2.2.1. Influence des facteurs naturels:

Surface et forme du bassin versant : ainsi pour une même surface, l'allure de l'hydrogramme de crue résultant d'une pluie donnée est très différente suivant la forme du bassin versant ; un bassin très allongé ne réagit pas comme un bassin de forme ramassée ce qui a amené l'utilisation d'un indice pour évaluer le « coefficient de compacité ». En principe plus cet indice est faible, plus la concentration des eaux apportées par les affluents est rapide et plus les crues risquent d'être brutales et bien différenciées (**Defrance, 2009**).

Configuration du relief des lits des cours d'eau : La pente exerce une influence directe sur la rapidité de l'écoulement et donc sur la puissance de la crue. Si le profil en long du cours d'eau est assimilable à une suite de segments plus ou moins pentus, il exerce une action visible sur la crue. Le profil en travers est aussi important ; pour un même débit de crue, un cours d'eau encaissé verra sa hauteur d'eau monter beaucoup plus vite qu'un cours d'eau à profil plus évasé. En contrepartie, ce dernier a de plus grands risques de débordements.

Densité des cours d'eaux et perméabilité du bassin versant : ainsi la densité des cours d'eau était.

2.2.2. Influence des facteurs anthropiques :

Occupation de zones riveraines : la concentration des personnes et l'accumulation des biens dans les champs d'inondation génère le risque d'inondation par accroissement des enjeux, augmentation des vulnérabilités et absence de prévention-précaution.

Imperméabilisation forte (conséquences d'aménagements urbains ou agricoles).

Défiance des dispositifs de protection (digues, déversoirs) (Ledoux et al, 2006).

2.3. Les différents Types d'inondations :

2.3.1. Les inondations classiques dites « de plaine » ou fluviales:

Le cours d'eau sort de son lit mineur lentement et peut inonder la plaine pendant une longue période. La rivière occupe alors son lit moyen voire son lit majeur (figure N°01). Lorsque le sol est saturé d'eau, il arrive que la nappe phréatique affleure et qu'une inondation spontanée se produise. On parle alors d'inondation par remontée de nappe phréatique (figure N°02).

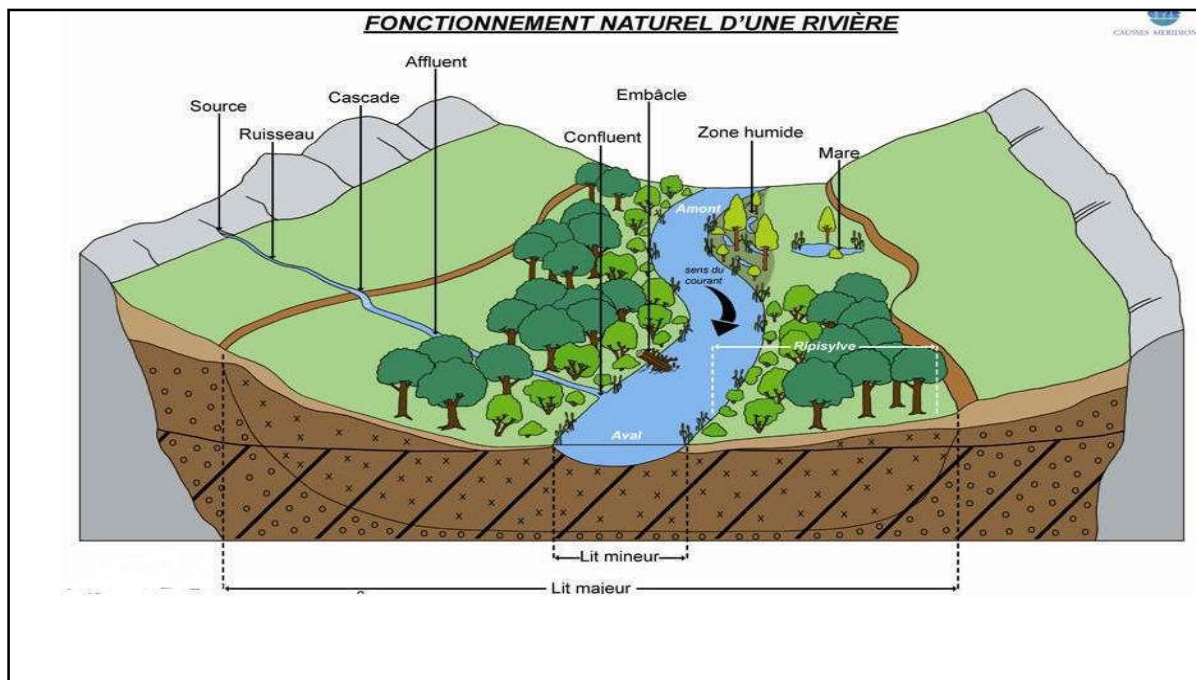


Figure 01 : La rivière occupe son lit moyen voire son lit majeur

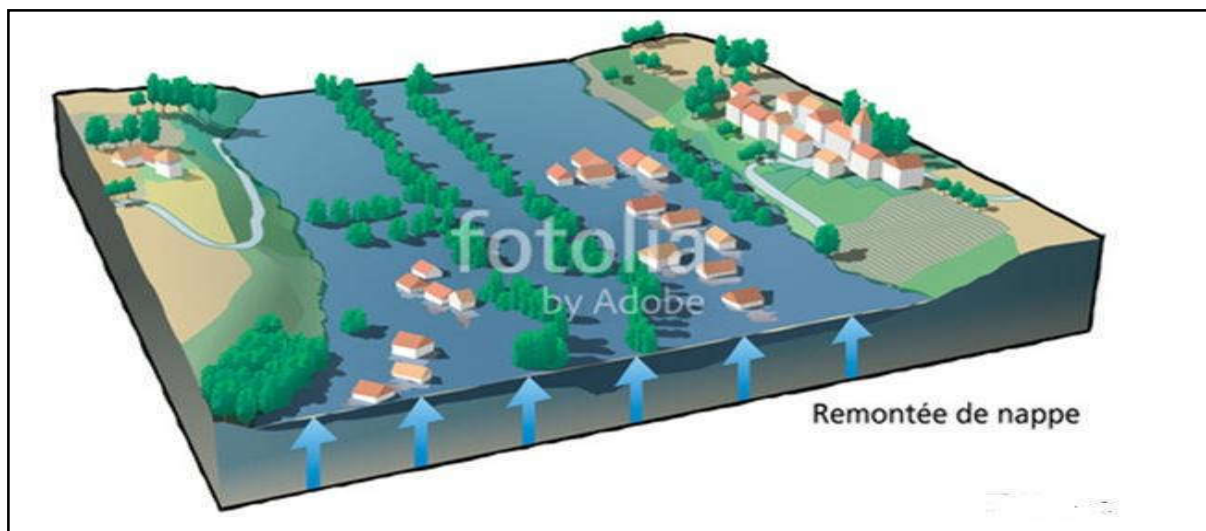


Figure 02 : Inondation par remontée de nappe phréatique

2.3.2. Les inondations par crues torrentielles :

Les crues torrentielles sont des phénomènes brusques et violents résultant d'épisodes pluvieux intenses et localisés, du type d'orages convectifs. Si la vitesse de montée des eaux est extrêmement rapide, la décrue l'est également. On parle aussi de crues éclairs pour désigner des crues torrentielles survenant de très petits bassins versants et se formant en quelques heures.

De manière un peu conventionnelle, on parle de crues torrentielles lorsque la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau tombant sur le point "hydrologiquement" le plus éloigné atteigne l'exutoire est inférieure à 12 heures (ou 24h pour certaines hauteurs). Ces crues touchent principalement les zones de montagne, les cours d'eau du pourtour méditerranéen, mais aucun petit bassin au relief accentué, à forte capacité de ruissellement, n'est à l'abri.

2.3.3. Les inondations par ruissellement en secteur urbain :

En secteur orages intenses peuvent occasionner un très fort ruissellement en dehors des lits des cours d'eau proprement, 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 comme c'est le cas de l'inondation récente à Biskra. ce fut aussi le cas des inondations de Bâb el oued du 10 novembre 2001. Des pluies exceptionnelles et intenses, sur une étendue de 40km², de l'ordre de 214 mm pendant 24h, ont causé 750 morts et 120 personnes disparues et plus de 10000 familles sinistrées.

Les inondations par ruissellement concernent principalement les milieux urbanisés. Les pluies qui ne peuvent s'infiltrer et s'évacuer par les réseaux artificiels d'écoulement (réseau d'assainissements superficiels et /ou souterrains) s'accumulent dans les points de bas.

Le ruissellement pluvial urbain peut provoquer d'importantes inondations lorsque les chenaux d'écoulement en site urbain sont devenus insuffisamment dimensionnés après l'urbanisation et l'imperméabilisation des sols (Ledoux, 2009).



Figure 03 : montant l'inondation du centre ville de Biskra le 29-30 octobre 2011.

Figure04 : montrant l'ampleur des dégâts et le caractère torrentiel de l'inondation de Bâb el oued.

2.3.4. Les coulées de boue :

Le terme de coulée de boue pose un problème délicat de définition car il est utilisé avec des acceptations très diverses. Dès l'origine, les arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de la loi de juillet 1982 ont utilisé l'intitulé "inondation et coulées de boue".

L'expression désignant dans la grande majorité des cas une eau chargée en particules fines, par opposition à une eau "claire". Or, l'eau de la plupart des inondations, même celle des plaines, est toujours chargée en terre, en plus ou moins grandes quantités en fonction des sols du bassin versant et de lit majeur submergé (Soppi, 2004).

2.3.5. 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.

2.3.6. Inondations marines :

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (fortes dépressions et vents de mer) et forts coefficients de marée. 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) (Soppi, 2004).



Figure 05 : phénomène de la submersion marine.

2.4. Connaissance des risques d'inondation :

les risques d'inondations sont toujours les plus redoutés, faisant les plus de victimes et de dégâts. Ils contribuent de 58% dans le nombre des victimes des catastrophes naturelles et 31% dans le montant des pertes économiques. ces risques sont la conséquence de deux composantes : que sont la vulnérabilité et l'aléa.

Par ailleurs, les dégâts occasionnés par une inondation dépendent de plusieurs facteurs:

- La hauteur et la durée de submersion,
- La vitesse d'écoulement,
- Le volume de matière solide transporté,
- L'érosion des berges.

2.4.1. Risques majeurs d'inondation :

On a pu distinguer plusieurs types des risques qui sont regroupés en cinq familles ;

- a) Risques naturels : avalanche, feu de forêt, inondation, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique ;
- b) Risques technologiques : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaire, biologique, rupture de barrage...
- c) Risques de transports collectifs (personnes, matières dangereuses) : sont des risques technologiques, on en fait un cas particulier car les enjeux varient en fonction de l'endroit où se développe l'accident ;
- d) Risques de la vie quotidienne (accidents domestiques, accidents de la route...) ;
- e) Risques liés aux conflits (**Merabet, 2006**) : L'un des meilleurs moyens de prévention contre les risques d'inondation est d'éviter d'urbaniser les zones exposées à ce risque.

2.4.2. Connaissance de L'aléa :

L'aléa, dans notre cas, c'est l'oued qui déborde traduit un phénomène naturel présentant un caractère aléatoire : c'est le composant aléa du risque.

Les principaux paramètres nécessaires pour évaluer l'aléa sont :

- La période de retour des crues.
- La hauteur et la durée de submersion.
- La vitesse d'écoulement.
- La torrencialité du cours d'eau.

La possibilité d'apparition d'une crue dépend de nombreux paramètres autres que la quantité de pluie tombée : répartition spatiale et temporelle des pluies par rapport au bassin versant, évaporation et consommation d'eau par les plantes, absorption d'eau par le sol, infiltration dans le sous-sol ou ruissellementet pour une même quantité précipitée, la crue apparaîtra ou non .



Figure 06 : montre Les risques d'inondation (Ledoux, 2006).

2.4.3. Evaluation du risque d'inondation :

Puisque le risque inondation est caractérisé par deux composantes l'aléa inondation et la vulnérabilité des enjeux exposés, alors l'évaluation de celui-là se base à la fois sur l'évaluation de ces deux derniers. Ainsi, évaluer le risque inondation veut dire apprécier, estimer, quantifier, calculer et mesurer la valeur de l'aléa, délimiter, localiser, identifier, peser, chiffrer et analyser l'importance de la vulnérabilité.

L'évaluation de la première composante l'aléa inondation bénéficie aujourd'hui de méthode bien rôdées qui permettent de découper un territoire inondable en zones d'aléa d'intensité plus ou moins forte, en fonction de paramètres hydrauliques (hauteur d'eau, durée de submersion, vitesse d'écoulement) et pour différentes crues.

2.4.4. Evaluer l'aléa « inondation » et ses incertitudes :

La prédominance de l'aléa a gommé partiellement la vulnérabilité de l'équation du risque. L'aléa étant le concept phare du risque, comment est-il évalué et quantifié dans le cas du risque inondation et est-ce qu'il y a des incertitudes associées ?

L'évaluation de l'aléa inondation est en quelque sorte apprécier la crue responsable de la formation de l'inondation. Cela veut dire qu'on interpelle deux disciplines principales : l'hydrologie et l'hydraulique fluviale. L'hydrologie est la discipline qui permet d'obtenir les débits et leurs périodes de retour. Tandis que l'hydraulique permet d'obtenir les hauteurs et les vitesses d'eaux correspondantes à ces débits. La combinaison de ces deux disciplines permet donc

d'associer des périodes de retour à des niveaux et vitesses d'écoulement en divers points d'un cours d'eau pour obtenir la carte des aléas (Blin, 2001).

L'évaluation de l'aléa fait l'objet de nombreuses contestations de la part des collectivités territoriales ou des habitants des secteurs inondables. Les « experts », producteurs d'information scientifique sur le risque travaillent selon des méthodes spécifiques dont l'intérêt et les limites ne sont pas toujours compris du public. Le fait de livrer la cartographie au public suscite la confrontation entre le savoir expert et le savoir vernaculaire.

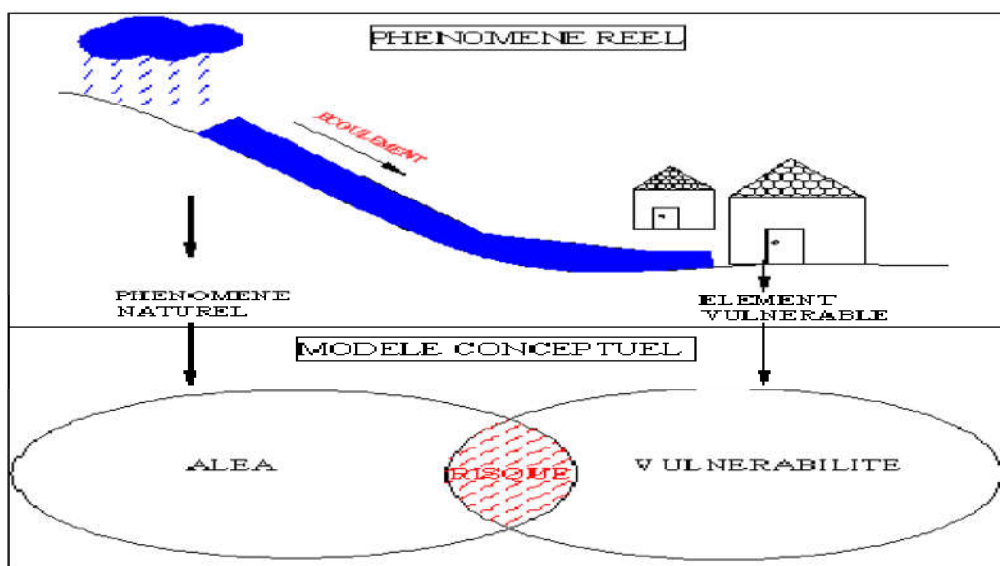


Figure 07 : Model conceptuel du risque (Benmecherrane, 2013).

a) Hydrologie pour estimer l'aléa :

Lorsqu'on fait appeler la science de l'hydrologie, veut dire quand on fixe la cible sur la détermination du débit de la crue, de sa période de retour et de sa durée de submersion de la crue. En hydrologie, il y a deux approches : l'approche déterministe et celle statistique. L'approche déterministe considère tous les apports et facteurs pouvant influencer le débit (pluie, neige, eau dans le sol, etc.) et les introduit dans un modèle qui estime le débit. Cette méthode n'est pas conçue pour donner une période de retour correspondante au débit trouvé. Ce qui empêche son utilisation dans l'estimation de l'aléa inondation puisque la probabilité des crues est un élément essentiel du calcul du risque. Par contre, elle peut servir à la prévision des crues et conséquemment à la gestion opérationnelle du risque. Tandis que l'approche statistique permet d'estimer des débits, d'une probabilité donnée, à partir de lois statistiques qui ont été ajustées à partir de séries de données de débits mesurés (Blin, 2001).

b) Hydraulique pour quantifier l'aléa :

Une fois que l'hydrologie arrive à déterminer le débit, on fait l'appelle à l'hydraulique pour continuer l'évaluation de l'aléa. Cela veut dire qu'on va estimer la hauteur et la vitesse de la crue responsable de l'inondation. En fonction de la rugosité du terrain, la forme de la section en travers et la pente du fond, on peut déterminer la hauteur de l'eau de l'écoulement. Ensuite, lorsqu'on connaît la section en travers de l'écoulement, on peut facilement calculer la vitesse de l'eau (**Barroca, 2006**).

c) Incertitudes dans l'évaluation de l'aléa :

Pour évaluer la crue en cas d'inondation, un ensemble d'étude et de choix doit être opéré. A chaque étape, des incertitudes apparaissent, ce qui rend complexe l'estimation de l'incertitude globale. Lorsqu'une incertitude est affichée pour la modélisation de crue, elle correspond généralement à la seule incertitude liée à l'échantillonnage. Cette incertitude affichée oublie l'incertitude de la donnée, l'incertitude liée au choix du modèle statistique, et les incertitudes liées aux modèles hydrauliques qui reposent eux-mêmes sur des données comportant aussi des incertitudes. Et par conséquent, l'erreur globale de l'évaluation de la crue paraît bien difficile à apprécier, ce qui explique peut-être le manque de travaux sur ce thème malgré la profusion de recherches – notamment sur le choix du modèle statistique - liées à des étapes spécifiques (**Barroca, 2006**).

2.4.5. La vulnérabilité envers l'inondation :

La prise en compte du risque inondation devra nécessairement passer par la Valorisation des études d'évaluation de la vulnérabilité comme base indispensable à la Définition des objectifs pour une gestion territorialisée de ce risque. L'évaluation de la Vulnérabilité des enjeux est en quelque sorte déterminée, identifiée, chiffrée et quantifiée.

Localiser et analyser les effets dommageables de l'aléa sur les enjeux. Différentes Démarches méthodologiques permettent d'analyser et d'évaluer la vulnérabilité (**Barroca, 2006**).

a) Démarches quantitatives :

Elle se fonde essentiellement sur l'élément vulnérable, il s'agit de mesurer les conséquences dommageables a priori d'un phénomène sur les enjeux. La vulnérabilité est ici conçue soit comme le pourcentage de ce qui peut être perdu en cas de sinistre, soit comme le coût économique des dommages probables. Généralement, ces méthodes couplent des modèles hydrauliques avec des relevés de l'occupation du sol, des hypothèses de valeur des biens et des courbes d'endommagement.

a) Démarches qualitatives :

Dans une approche qualitative, la vulnérabilité apparaît comme la tendance d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel comme l'inondation. Cette propension varie selon le poids de certains facteurs qu'il est nécessaire d'identifier et d'analyser car ils induisent un certain type de réponse de la société (**Barroca et al, 2005**).

2.5. Conséquences des inondations :

Les 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.

Ensuite, les inondations peuvent avoir diverses conséquences : elles entraînent de nombreux dégâts, les principaux types de dégâts sont les dégâts matériels et les dégâts humains. Beaucoup d'aménagements sont détruits suite aux inondations, et de nombreuses personnes trouvent la mort. Cependant, les inondations n'ont pas que des conséquences négatives, dans certains pays, elles ont un effet bénéfique.

L'Algérie a enregistré un certain nombre d'événements liés aux inondations en l'occurrence:

- **Azazga (Tizi Ouzou) :** le 12 octobre 1971 et qui ont occasionné 40 morts et des centaines d'habitations détruites.
- **Tizi Ouzou :** du 28 au 31 mars 1974 et qui ont provoqué 52 décès dans la Wilaya, 18000 sinistrés et des dégâts évalués à l'époque à 27 millions de DA.
- **El Eulma (Sétif) :** le premier septembre 1980 qui a fait 44 décès,
- **Annaba :** le 11 novembre 1982, au niveau du centre-ville et qui ont fait 26 morts et 9 500 sinistrés
- **Jijel,** le 29 décembre 1984 et qui ont occasionné 29 morts et 11 000 sinistrés.
- **Bordj Bou Arréridj :** le 23 septembre 1994 et qui ont provoqué 16 décès et des dégâts évalués à 10.000.000 DA
- **Alger (Bab-El-Oued) :** le 10 novembre 2001, et qui ont fait 710 décès, 115 disparus et 30 milliards de DA de pertes. (Lahlah, 2004)
- **Ghardaïa 2008 :** 29 morts et 84 blessés
- **Oued Ferrane et Hai El Fidayine El Bayadh : 01 octobre 2011,** 10 décès et des dizaines de disparus au cours de 3 jours d'inondations pluies diluviennes, 733 victimes, 30 000 sans-abris. (Benmechane, 2013).

Le tableau ci-dessous, qui présente, par wilaya, le nombre de constructions en zones inondables, fournit une idée de la gravité de la situation que peut générer le double phénomène des inondations et de l'urbanisation.

Wilaya	Nombre de constructions
Chlef	2248
Laghouat	3083
O. E. Bouaghi	1999
Batna	16261
Béjaia	500
Biskra	763
Bouira	1438
Tamanrasset	1159
Tébessa	17236
Tlemcen	375
Tiaret	13
Alger	14545+ quartiers Merdja et Baraki
Djelfa	784
Jijel	47(05 zones à risques très élevés)
Sétif	1261
Saida	976+ 09 cités
Skikda	4009
S.B.Abbés	576 +04 cités en centre ville
Annaba	30 cités et quartiers
Guelma	360
Constantine	620
Médéa	3075
Mostaganem	1633
M'sila	1185
Oran	06 cités
Boumerdès	561
El Tarf	2370
Tissemsilt	1340
El Oued	766

Souk Ahras	La plupart des communes
Tipaza	2710
Mila	1663
Ain Defla	7772
Naama	4924
Ain Témouchent	14 zones jouxtant différents lits d'oueds
Relizane	350

Tableau 01 : Habitations construites en zones inondables

2.6. La maîtrise des risques des inondations

2.6.1. La réglementation:

Elle devrait prendre en compte les actions anthropiques aboutissant à une modification substantielle du relief, à l'édification de tout aboutissant à une modification substantielle du relief, à l'édification de toute construction en zones inondable.

La prévention : qui a les principes suivants :

- Améliorer la connaissance du phénomène.
- Maîtrise de l'urbanisation : la connaissance du risque est intégrée dans les documents d'urbanisme afin que des zones ne soient pas ouvertes à l'urbanisation lors d'un aléa potentiel capable d'impacter ces zones.
- Agir sur la limitation de l'aléa et de la vulnérabilité : pour l'aléa, il s'agit de travaux de ralentissement hydraulique. Et pour la vulnérabilité, encourager les autorités locales et les particuliers à prendre des mesures adoptées pour les habitations existantes
- Favoriser l'information des populations : grâce aux moyens disponibles.

La prévision : qui s'articule sur les principes suivants :

- Le suivi du phénomène : analyser aux différentes zones susceptibles de subir une inondation l'ampleur et la typologie de cette inondation ainsi que la délimitation précise des secteurs inondables.
- La surveillance du phénomène : mise en place d'un service d'annonce et d'alerte des crues.
- La préparation de la crise : organisation et mise en œuvre des plans de secours.

2.6.2. La Prévention face au risque d'inondation:

La prévention intervient au préalable d'une crise, elle regroupe l'ensemble des Dispositions à mettre en œuvre pour réduire l'impact d'un phénomène naturel prévisible sur les personnes et les biens, ce sont les procédures et les règles visant à limiter la vulnérabilité des hommes face à l'aléa ; elle se base sur trois (03) principes fondamentaux :

2.6.3. La répartition des responsabilités :

L'État, les collectivités territoriales, et les habitants localisés dans les zones exposées ont un rôle à jouer face au risque, en effet ; la responsabilité de l'Etat et les collectivités territoriales représentée par des actions d'information et une politique d'entretien et de gestion des cours d'eaux domaniaux. De plus, les collectivités territoriales ont à leur charge la prise en compte du risque dans les documents d'urbanisme et l'État la réalisation des plans de prévention des risques naturels (PPR) pour les communes les plus menacées. Le PPR permet de délimiter les zones à risques et d'y prescrire les mesures préventives nécessaires.

2.6.4. Les travaux de protection pour réduire l'aléa :

La protection consiste en l'aménagement du cours d'eau ou du bassin versant en vue de contrôler le déroulement et la conséquence de la crue : on parle de protection passive. Diverses mesures existent, tels que les enrochements, endiguements, pièges à matériaux, plages de dépôts, etc. «L'aménagement d'un cours d'eau peut être conçu à plusieurs niveaux et revêtir plusieurs formes : suppression d'obstacles, curages, dragages et protection des rives, voire recalibrage, enrochement, épis, construction de seuil.» **Saloman. J, 1997.** Ces protections sont efficaces pour une certaine intensité du phénomène, appelée crue de projet. En cas de dépassement de celle-ci, les protections peuvent être inefficaces, voire dangereuses en cas de rupture. C'est le cas des digues qui peuvent être submergées ou des barrages égaliseurs sur les grands fleuves, dont l'efficacité est faible en cas de crue majeure.

2.6.5. La maîtrise de l'urbanisation pour réduire la vulnérabilité :

La maîtrise de l'urbanisation doit s'exprimer à travers le document d'urbanisme et le plan de prévention des risques. Dans le premier, le code de l'urbanisme exige d'imposer la prise en compte des risques dans les documents d'urbanisme. Il est nécessaire d'effectuer une formation des divers intervenants (architectes, ingénieurs en génie civil, entrepreneurs etc.) en matière de conception et de prise en compte des phénomènes naturels climatiques, aussi que la définition de règles de construction. L'application de ces règles doit par ailleurs être garantie par un contrôle des ouvrages. Tandis que les plans de prévention des risques (PPR), définissent

des zones d'interdiction et des zones de prescription, constructibles sous réserve. Ils peuvent imposer d'agir sur l'existant pour réduire la vulnérabilité des biens. Ainsi, les propriétaires, locataires ou plus simples citoyens, peuvent contribuer à se protéger efficacement et diminuer leur propre vulnérabilité. «L'objectif de ces deux actions est double : le contrôle du développement en zone Inondable et par conséquent la réduction de la vulnérabilité, et la préservation des Champs d'expansion des crues».

2.7. La gestion du risque d'inondation :

La gestion du risque inondation doit intervenir à la fois au niveau de l'aléa et de la vulnérabilité, c'est l'ensemble des dispositifs mis en œuvre pour assurer les meilleures conditions de secours, de sécurité et d'intervention des moyens, la gestion d'inondation comporte à combiner ses deux objectifs qui sont de limiter l'implantation des biens et des personnes au sein des zones fortement exposées et de protéger l'existant à fin d'offrir la base d'une démarche cohérente de gestion.

2.7.1. Dans le monde :

En matière de gestion des inondations, il est de coutume de considérer que le monde accuse un certain retard par rapport au pays réputés pour leur savoir-faire en la matière. Les démarches entreprises par les pays du monde dans le cadre de leur lutte contre les inondations sont nombreuses mais reposent sur les mêmes principes.

2.7.2. En Algérie :

La stratégie Algérienne prise en compte pour faire face au risque d'inondation s'introduit dans la politique générale de prévention des risques majeurs, elle se résume à une politique de prévention basée sur l'évolution de la législation et des comportements ; ce sont les procédures et les règles visant à limiter la vulnérabilité des hommes et des biens face aux aléas naturels ; cette stratégie est bien détaillée à travers la loi 04-20 « ... est qualifié de système de gestion des catastrophes, lors de la survenance d'un aléa naturel ou technologique entraînant des dommages au plan humain, social, économique et/ou environnemental, l'ensemble des dispositifs et mesures de droit mis en œuvre pour assurer les meilleures conditions d'information, de secours, d'aide, de sécurité, d'assistance et d'intervention de moyens complémentaires ou spécialisés... » [La loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable].

Afin de garantir la protection des biens et des personnes, la loi 04-20 prend deux autres mesures importantes relatives au recours obligatoire au système national d'assurances, dans le cadre des plans et le recours à la procédure de l'expropriation pour cause d'utilité publique face aux risques majeurs. Sans nous attarder sur la gestion des catastrophes, la loi la prévoit dans son titre 3. Selon l'importance de la catastrophe, sont institués des plans ORSEC, au niveau national ; régional ; de wilaya ; communal et des plans ORSEC sites sensibles

Conclusion :

La situation géographique de la ville de Biskra, à la confluence de l'oued El Hai et l'oued Djemoura (l'oued Biskra), avec la présence de l'oued Z'mor et autres petits cours d'eau traversant la ville ; en cas de fortes pluies, les débits de ces cours d'eau s'ajoutent les uns aux autres et inondent cette agglomération et amplifient par l'action de l'homme.

Les inondations ont plusieurs aspects, en effet, il existe différents types d'inondation : les inondations par débordement direct, les inondations par débordement indirecte et les inondations par ruissèlement. Ces inondations sont déclenchées par différents facteurs tels que la quantité de pluie ou bien encore l'état des sols.

Enfin, de nombreuses mesures ont été prises dans le but de lutter contre les inondations comme la délimitation des zones inondables et la préservation des champs d'expansion des crues. De plus, de nombreux travaux de protection ont été réalisés par différents organismes pour faire face aux inondations. L'Etat est lui aussi assez actif dans ce domaine car c'est en partie lui qui prend ces mesures, il a aussi un rôle préventif envers la population

Chapitre II

Procédés de protection des métropoles contre les Inondations

Introduction :

L'homme a toujours accepté d'encourir les risques d'inondations, mais il s'est efforcé d'en limiter les méfaits. La délimitation des zones inondables, les assurances, les prévisions, les plans d'assistance et la réparation des dégâts sont des efforts d'adaptation de l'homme à l'inondation, d'autre part, les digues, les levées, l'aménagement des lits, détournement des eaux de crue et l'utilisation des réservoirs manifestant une réaction positive de l'homme pour se protéger des inondations en contrôlant les eaux.

Grâce au progrès des différentes sciences, les projets de lutte contre l'inondation deviennent plus efficaces et réussissent mieux à atteindre leur but : une protection à un coût abordable avec un impact minimum sur les hommes, l'habitat et l'environnement.

Dans ce chapitre, il s'agit de traiter les différents moyens pour limiter les dégâts des crues, des projets et des travaux d'aménagement contre les inondations.

1. Paramètres fondamentaux du cours d'eau

Le niveau d'eau et l'espace occupé par le cours d'eau varie en fonction de son débit. Un cours d'eau analysé selon sa coupe transversale présente une section principale occupée par les écoulements normaux (appelé lit mineur) et une plaine d'inondation occupée lorsque le cours d'eau est en crue.

Les principaux termes sont :

- Lit: désigne tout l'espace occupé, en permanence ou temporairement, par un cours d'eau.
- Lit mineur: lit du cours d'eau en écoulement normal.
- Lit majeur: lit qu'occupe le cours d'eau lors des crues, incluant les zones inondées.
- Lit d'étiage ou chenal d'étiage: partie du cours d'eau occupé lors des étiages.
- Plaine d'inondation: zone de terrain inondée lors du chenal du cours d'eau lorsque le cours d'eau est en crue.

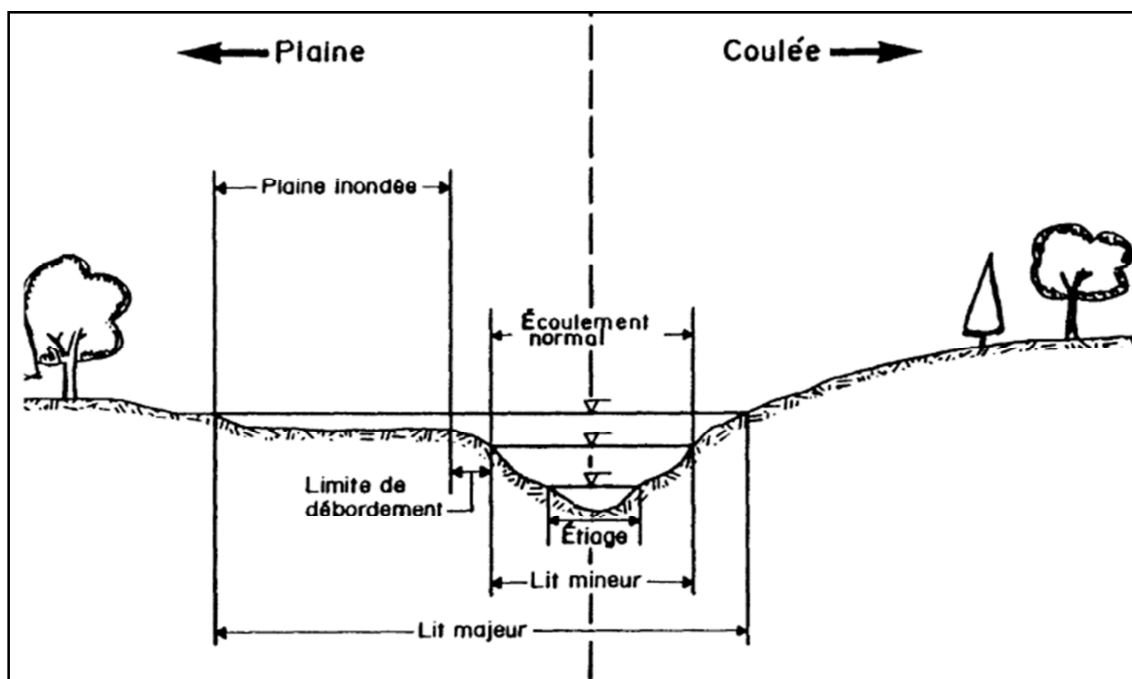


Figure 08: Lit du cours d'eau

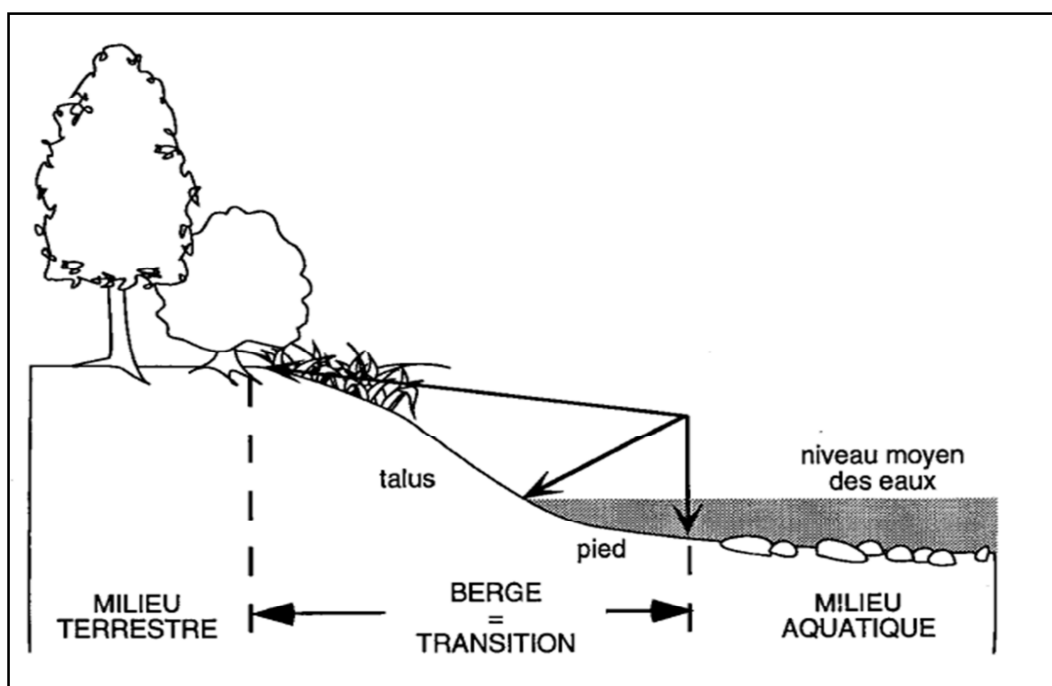


Figure 09: Lit du cours d'eau

- A. **La berge :** La berge est la portion de terrain qui limite tout cours d'eau et elle est subdivisée en deux parties.
- B. **Talus :** proprement dit : qui n'est qu'occasionnellement en contact avec le courant et qui est situé au-dessus du niveau moyen des eaux.
- C. **Pied de talus :** la zone du talus soumise à l'action quasi permanente du courant et qui est située sous le niveau moyen des eaux ; La limite inférieure de la berge est le point le plus bas du pied (fond du lit) ;

La limite supérieure étant le point le plus haut du talus au-delà duquel on considère la plaine alluviale. Ces limites déterminent ce que l'on appelle le lit mineur du cours d'eau. La berge, c'est aussi la zone de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. De par cette situation, elle possède une grande valeur écologique. En effet, la constitution d'une lisière augmente la gamme des micros habitats favorisant de ce fait la diversité et la densité des espèces végétales et animales.

- **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).

L'espace longitudinal et latéral qu'occupe un cours d'eau et ses composantes (chenal principal et plaine d'inondation) est appelé "corridor du cours d'eau" ; La figure présente aussi les principaux termes utilisés.

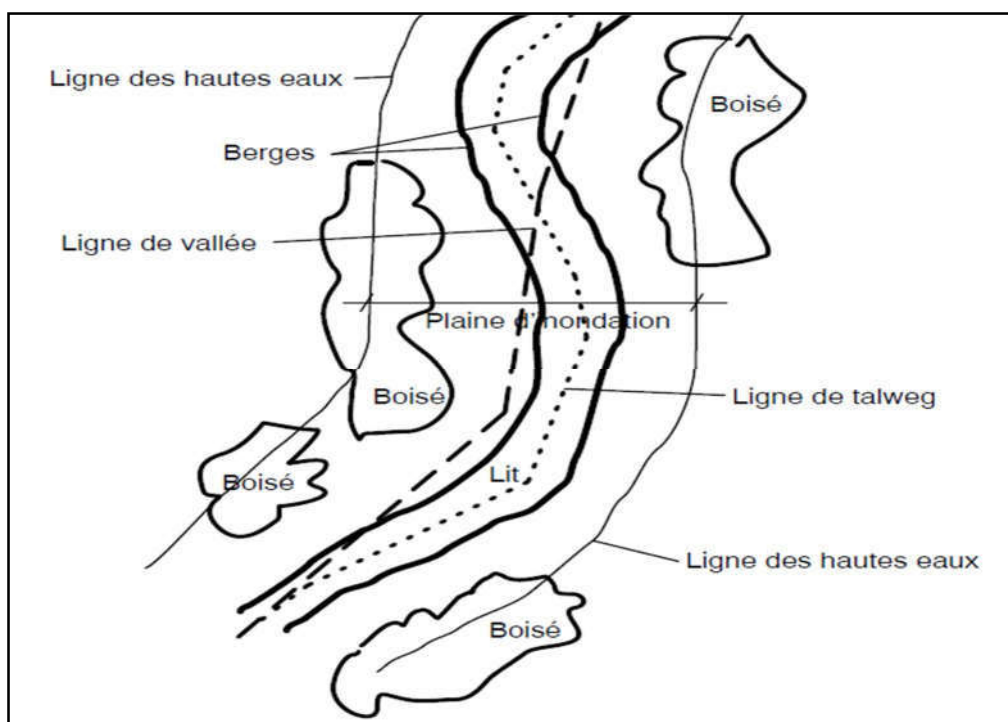


Figure 10: La figure présente les principaux Lit du cours d'eau

2. Les aménagements des cours d'eau

2.1. Recalibrage du cours d'eau

Il s'agit de modifier la géométrie du lit du cours d'eau (abaissement de la ligne de fond, augmentation de la section en travers) pour modifier la valeur de la crue de plein bord. À l'instar de l'endiguement, le recalibrage du cours d'eau a un effet positif mais également des effets potentiellement négatifs à l'aval de son implantation. Le recalibrage du cours d'eau implique également des modifications à grande échelle de la dynamique géomorphologique du cours d'eau, dont les effets peuvent être négatifs (Abaissement de la nappe phréatique, problème de transport solide etc....). (Grelot, 2004).

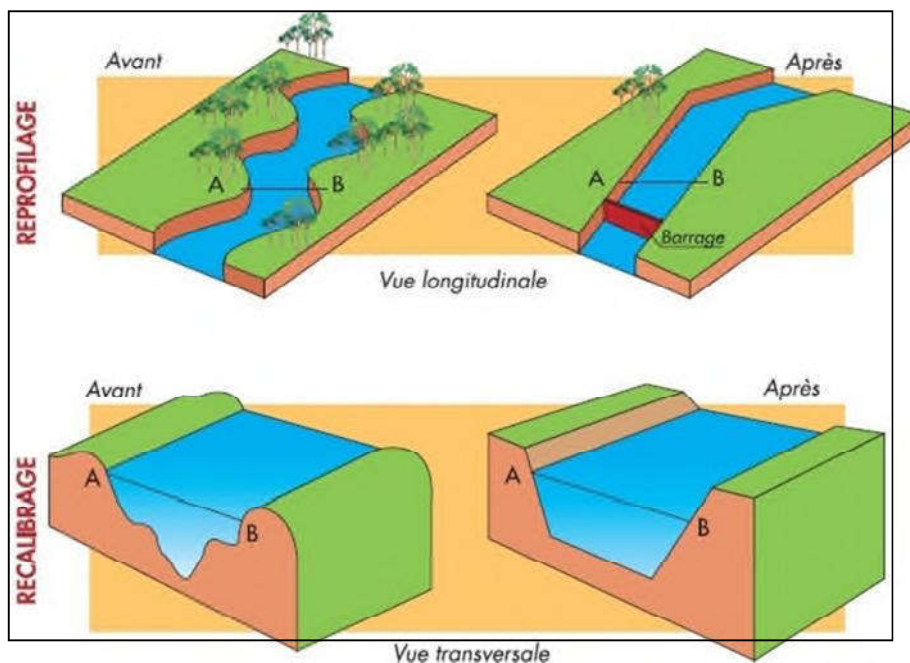


Figure 11 : Recalibrage d'un cours d'eau (Talah, 2014)

Ce type de travaux hydrauliques a été mis en œuvre très anciennement dans les zones urbaines et périurbaines, souvent accompagné d'endigements étroits, pour réduire la fréquence des inondations (diminuer la fréquence des submersions). Il a été utilisé de manière quasi systématique dans les zones rurales. (Talah, 2014).

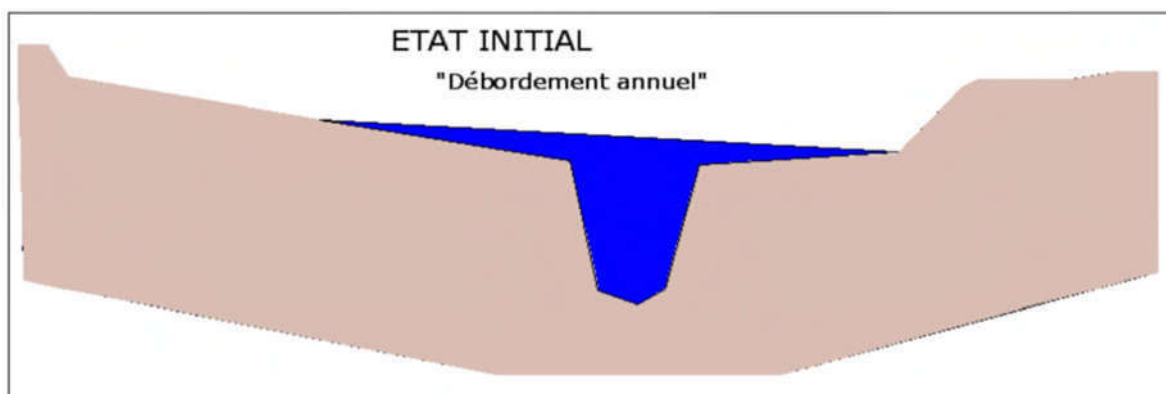


Figure 12 : Etat initial du cours d'eau (Abdeddaim, 2008)

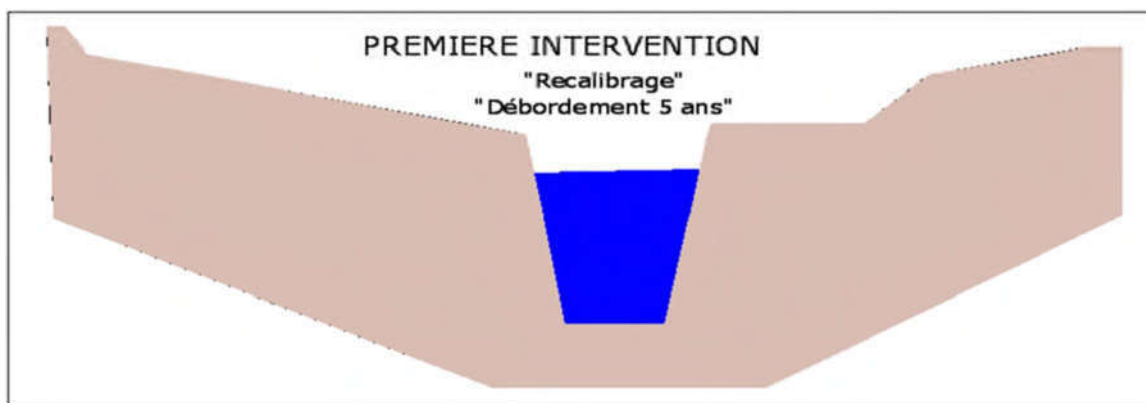


Figure 13 : Première intervention sur le cours d'eau (Abdeddaim, 2008)

1.1.1. Les conséquences d'un recalibrage

a) Sur les débits de pointe

Un recalibrage a forcément pour conséquence de diminuer localement la fréquence des submersions et donc de diminuer l'effet de laminage des crues par épandage dans le lit majeur. (Talah, 2014)

b) Morphologiques pour le profil en long

Les conséquences sur le profil en long d'un recalibrage avec risberme sont analogues. Si la risberme est fréquemment inondée, elle est l'objet de dépôts fins ou grossiers et se surélève. Lorsque des vieux seuils sont supprimés, une érosion régressive s'en suit ainsi qu'un exhaussement aval. (Talah, 2014)

c) Morphologiques pour les berges

Un recalibrage s'accompagne souvent, comme on l'a vu, d'un enlèvement important de la végétation, ce qui accroît la sensibilité des berges à l'érosion.

De plus, un recalibrage entraîne une augmentation de la vitesse de l'eau. Une conséquence directe est l'accroissement de l'érosion en rive concave. Il faut aussi noter que l'augmentation des vitesses infléchit vers l'aval le courant dans les coudes.

Comme on trouve une autre conséquence est l'augmentation de la rapidité de la décrue. La stabilité au glissement des berges est donc affectée. Les solutions sont :

- L'adoption de pentes de berges suffisamment douces pour améliorer la tenue au glissement.
- Les poses de matériaux plus résistants dans les coudes les plus prononcés.

- Et chaque fois qu'il est possible le maintien des arbres ou au moins des souches et le maintien des seuils existants. (Talah, 2014)

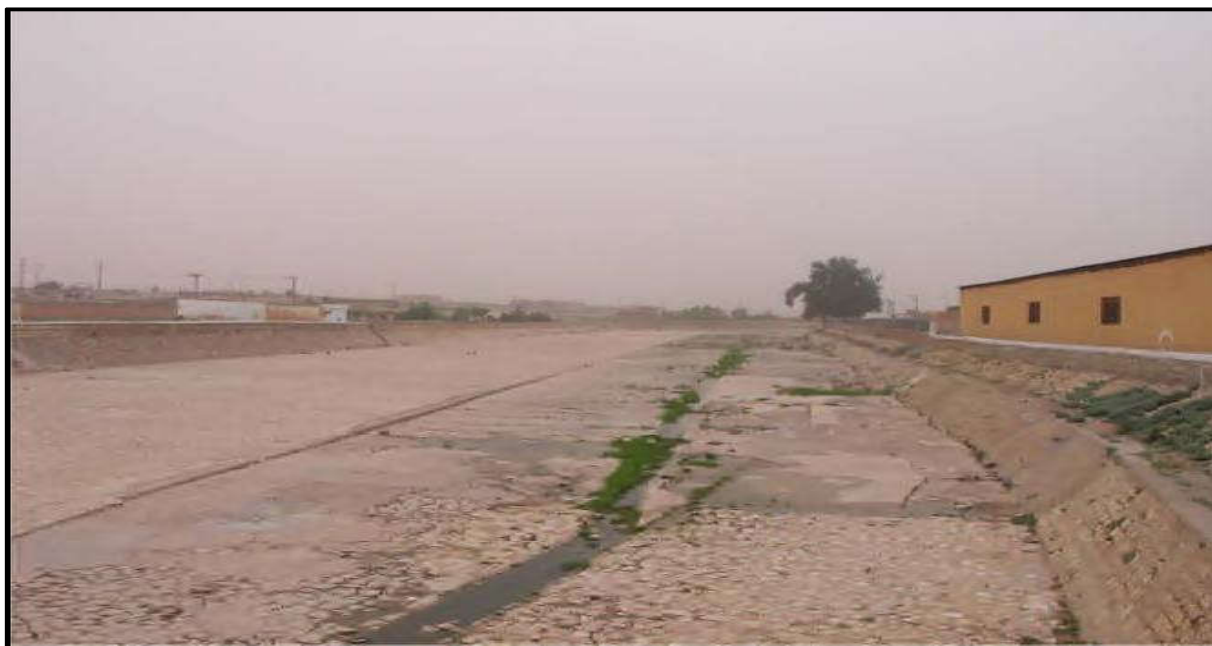


Figure 14: Oued Mekerra (Wilaya de Sidi Bel Abbés) recalibré dans la traversée de Ras El Ma.(Garry, 1993)

1.1.2. Les inconvénients du recalibrage

Parmi les inconvénients de cette technique on trouve :

- Aggravation des inondations au débouché dans un tronçon aval non recalibré.
- Evacuation accélérée : moindre recharge des nappes en crue.
- Déconnexion des annexes fluviales, perturbation du cycle de reproduction de certaines espèces.
- Perturbation du transport solide : érosions et/ou dépôts.
- Augmentation des contraintes hydrauliques en crue (Talah, 2014).

1.2. Les digues de protection contre l'inondation

Une digue est une construction établie dans le but de contenir des eaux ou de se protéger de leurs effets cette définition est d'une portée générale et englobe tous les types de digues, existants. Les digues peuvent avoir deux fonctions principales : dériver l'eau et/ou canaliser ou protéger contre l'inondation

Les digues de protection contre les inondations sont des ouvrages dont au moins une partie est construite en élévation au-dessus du niveau du terrain naturel et destinés à contenir épisodiquement un flux d'eau afin de protéger des zones naturellement inondables. (Abdeddaim, 2008).

On outre, ce type de digues de protection constitue le deuxième grand type de digues. On trouve ces digues essentiellement le long des cours d'eau, parfois positionnées directement en contact avec la berge, ou éloignées de plusieurs mètres, ou plus (quelques centaines de mètres), de celle-ci (Figure. 16).

1.2.1. Les digues en charge en permanence

Une digue en charge en permanence est sollicitée en situation normale d'exploitation par la charge hydraulique. Ce cas correspond aux digues de navigation ou aux digues de dérivation pour certaines industries (hydroélectricité, nucléaire..).

Les digues de navigation le long des canaux à grand gabarit sont relativement récentes et en bon état. Par contre, les digues de navigation le long des canaux de plus petit gabarit sont plutôt. Anciennes, une partie d'entre elles datant du 19^e siècle. Les ouvrages sont donc hétérogènes et assez mal connus des gestionnaires, et on note environ 10 ruptures par an, en moyenne, le long des 6700 km de canaux navigables. Les digues de navigation le long des canaux présentent divers profils, selon la topographie du site (Mérieux, 2001).

L'effet d'un endiguement est d'empêcher le débordement pour des crues dont les débits

berges qui sert à protéger de l'inondation des zones où sont présents des enjeux importants (habitations, zones commerciales industriels...etc.) (Serre, 2005).

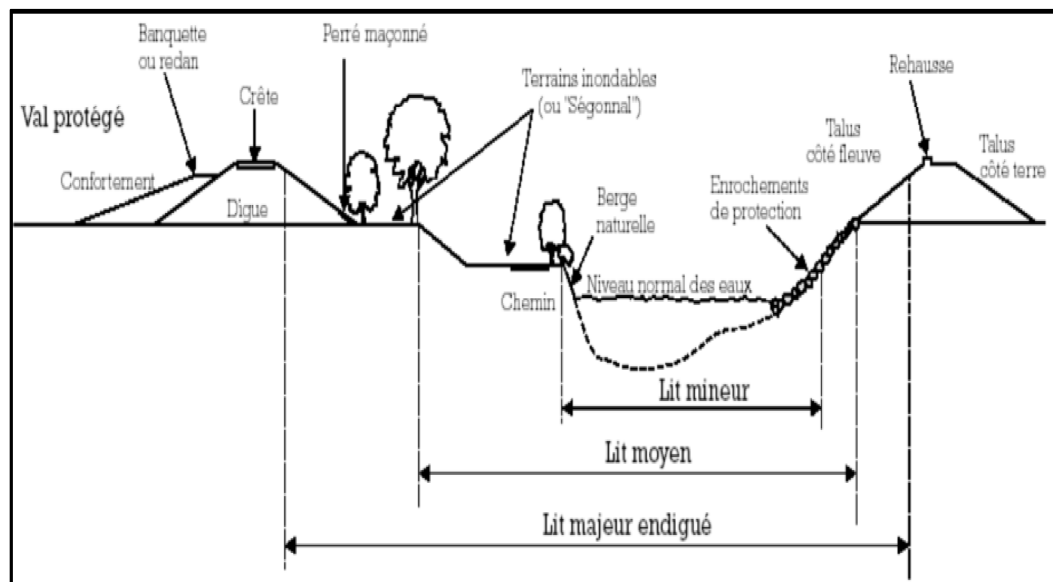


Figure 15: Coupe type d'une vallée endiguée (Martiaux, 2001).

1.3. Reboisement

Le processus de reboisement est basé sur : La nature du sol ; la qualité de la plante efficace et le type de climat. La végétation favorise la rétention, ralentit les temps de réponse et atténue les volumes ainsi que les débits de pointe mesurés sur le bassin versant. Il s'agit de planter de la végétation pour stabiliser les berges. (Abdeddaim, 2008).

Au plan de la tenue des berges, un arbre peut jouer différents rôles selon, sa taille, sa position et son espèce citons ici le platane qui tapisse la berge et la protège de l'érosion. (Abdeddaim, 2008).

Au plan morphologique, la végétation a un rôle important. Lorsque la végétation existe au niveau des berges, le lit est moins large plus profond et la pente des berges est plus forte. (Abdeddaim, 2008)

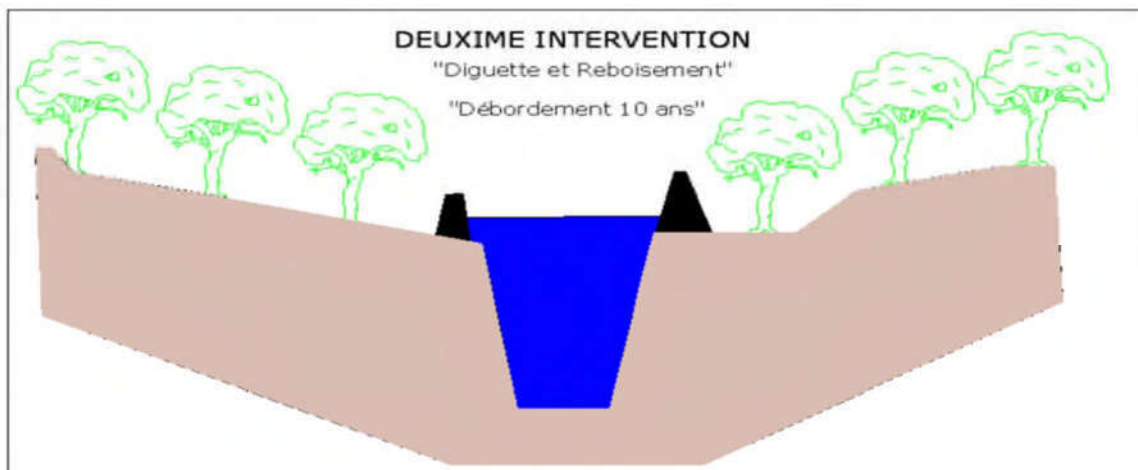


Figure 16: Intervention sur le cours d'eau (Abdeddaim, 2008)

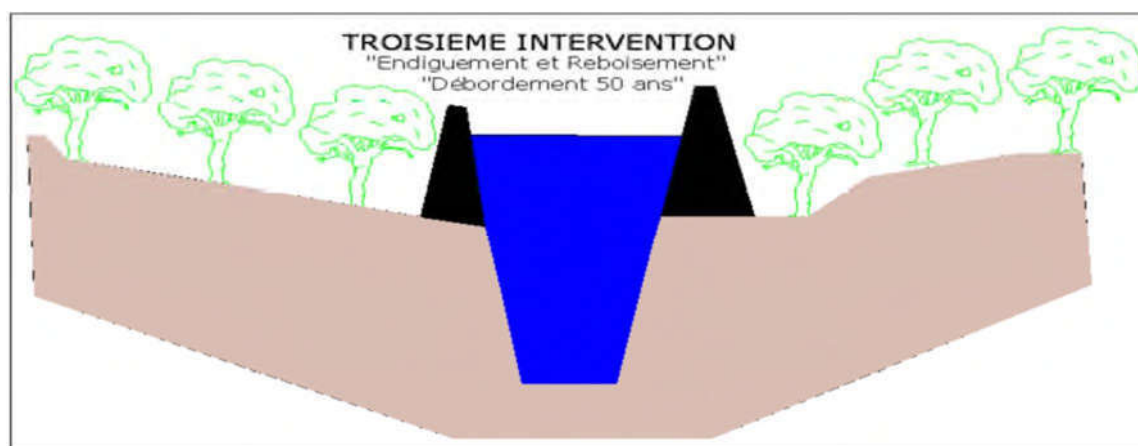


Figure 17 : Intervention sur le cours d'eau (Abdeddaim, 2008)

1.4. Préservation -restauration - création des zones d'expansion des crues

Il s'agit de préserver ou de restaurer des zones connues d'expansion de crues du cours d'eau. Ceci implique généralement de contrôler l'occupation de la zone d'expansion de crues de telle sorte que la submersion de la zone ne soit pas finalement remise en compte.

Les effets positifs sont à une échelle plus ou moins locale en fonction de la surface de stockage effectivement en jeu. (Abdeddaim, 2008)

Ce type d'aménagement n'a que peu d'impact sur la vie aquatique de la rivière et sur son fonctionnement. (Benmia, 2012)

1.5. Retenues d'eau

Les retenues créent un espace de stockage de l'eau de la crue. Elles peuvent être en eau seulement au moment de la crue ou de façon permanente. Dans ce dernier cas, elles ne sont que

rarement construites dans un seul but de protection contre les inondations, mais ont également des objectifs de soutien d'étiage, de production hydro-électrique, de récréation. **(Grelot, 2004).**

Ces objectifs, qui sont souvent prioritaires, sont potentiellement contradictoires avec les objectifs de protection contre les inondations dans le sens où ils nécessitent que les retenues soient hautes en période de bas étiage. **(Grelot, 2004)**

Les retenues ont un effet d'écrêtement des crues en aval de leur emplacement. Au final, le même volume total circule dans le cours d'eau en aval de la retenue, mais sur une plus longue durée. Le débit maximum par rapport à une situation sans écrêtements est atténué. Les retenues provoquent une inondation d'une portion du territoire en amont de leur construction. **(Abdeddaim, 2008).**

Ces retenues peuvent avoir différentes échelles d'effet du local ou global selon leur importance. La réalisation d'une retenue implique un risque supplémentaire sur le territoire en aval lié à la rupture de cette retenue en pleine eau.

1.6. Barrage écrêteur

Le barrage écrêteur a pour but l'écrêtement des crues, et parfois à vocation multiple, son principe de fonctionnement est stocker temporairement un certain volume dans le lit du cours d'eau de façon à diminuer le débit de crue en aval selon la figure 22. **(Serre, 2005)**

Il est équipé de pertuis (libres ou vannés), dont le dimensionnement est basé sur la capacité du lit en aval. On évalue le débit maximal non dommageable du cours d'eau en aval du barrage et on dimensionne les pertuis pour délivrer au maximum ce débit. Si le débit entrant dans la retenue lui est supérieur, il y a stockage temporaire dans la tranche d'eau de laminage, jusqu'à atteindre la cote d'un déversoir de surface dont la fonction est d'assurer la sécurité du barrage lors des événements extrêmes. **(Benmia, 2012).**

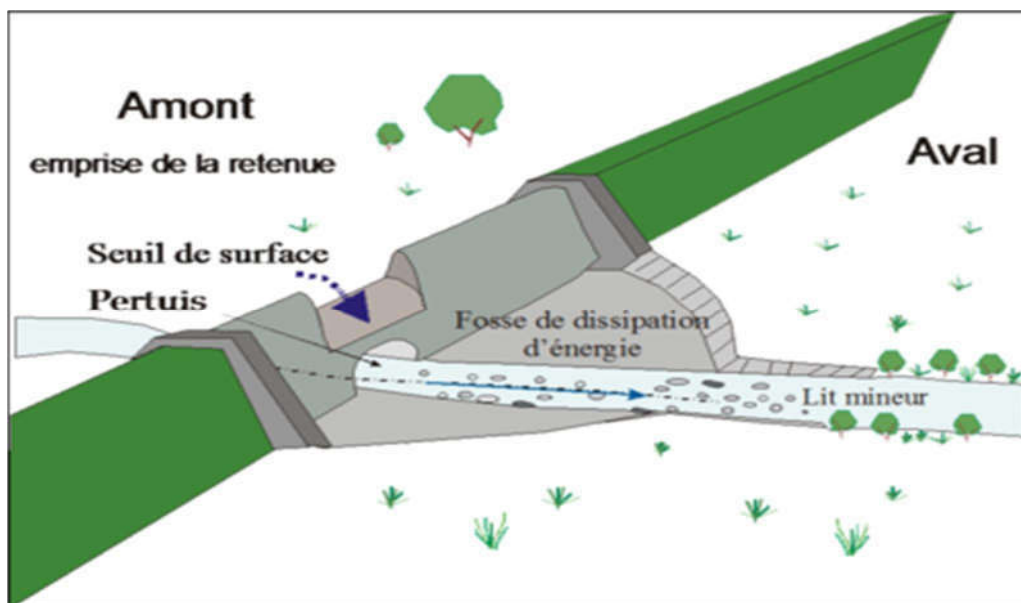


Figure 18 : Schéma de fonctionnement d'un barrage écrêteur de crue (Benmia, 2012)

1.7. Correction torrentielle

C'est une technique qui a pour objectif de limiter les vitesses des écoulements dans les cours d'eau ayant des régimes torrentiels.

Un torrent est corrigé par la construction d'un nombre de digues successives transversales sur les lits des canaux naturels. (Abdeddaim, 2008).



Figure 19 : Succession de seuils dans le chenal d'écoulement

2.8. Les épis

Un épi est un talus en enrochement de faible hauteur, enraciné à la berge et établi transversalement par rapport au cours d'eau. Il constitue un obstacle à l'écoulement de l'eau et provoque différents types de courants. (Slimani, 2011)

L'espacement entre les épis dépend de la largeur de la rivière, de leur longueur et de leur nature. Théoriquement, pour qu'un système d'épis soit efficace, il faut que l'écart entre deux épis successifs soit de l'ordre d'une fois et demie (1,5) leur longueur moyenne. (Abdeddaim, 2008)

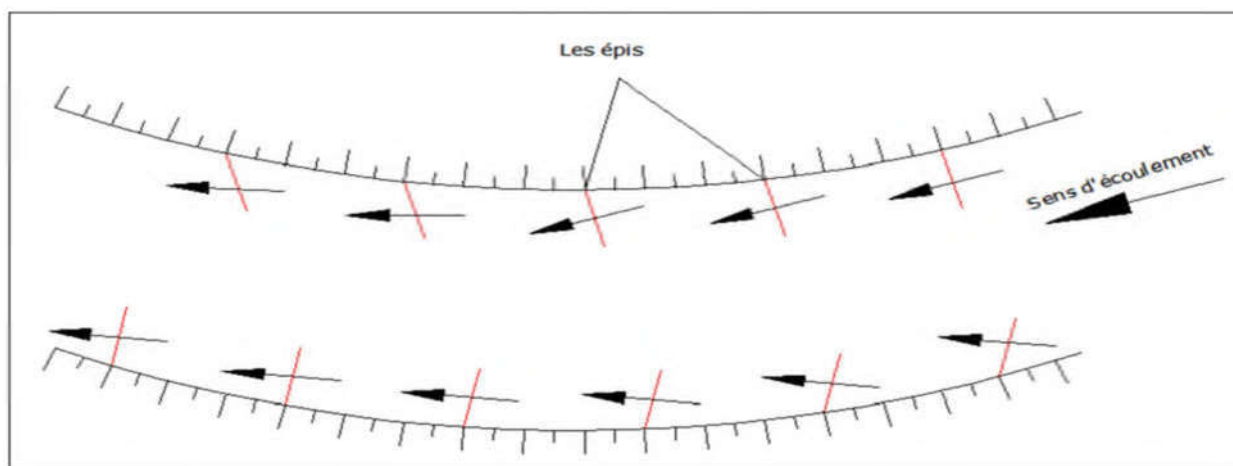


Figure 20 : Implantation des épis (Abdeddaim, 2008)

2.9. Ouvrages de stockage en dérivation et son fonctionnement

Contrairement au fonctionnement naturel des champs d'expansion, ce type d'ouvrage est alimenté par dérivation de cours d'eau par un ouvrage de prise et un chenal d'aménagé.

Les bassins de stockage sont creusés dans le terrain naturel ou par construction de digues. Selon la topographie, ils peuvent être aménagés en plusieurs bassins en cascade qui se remplissent successivement de l'amont vers l'aval par déversement. (Benmia, 2012)

L'ouvrage n'entre en jeu que lorsque la crue dépasse une certaine hauteur. En cas de crue exceptionnelle un dispositif de sécurité limite les débits déversés pour protéger les bassins de surverse. (Benmia, 2012).

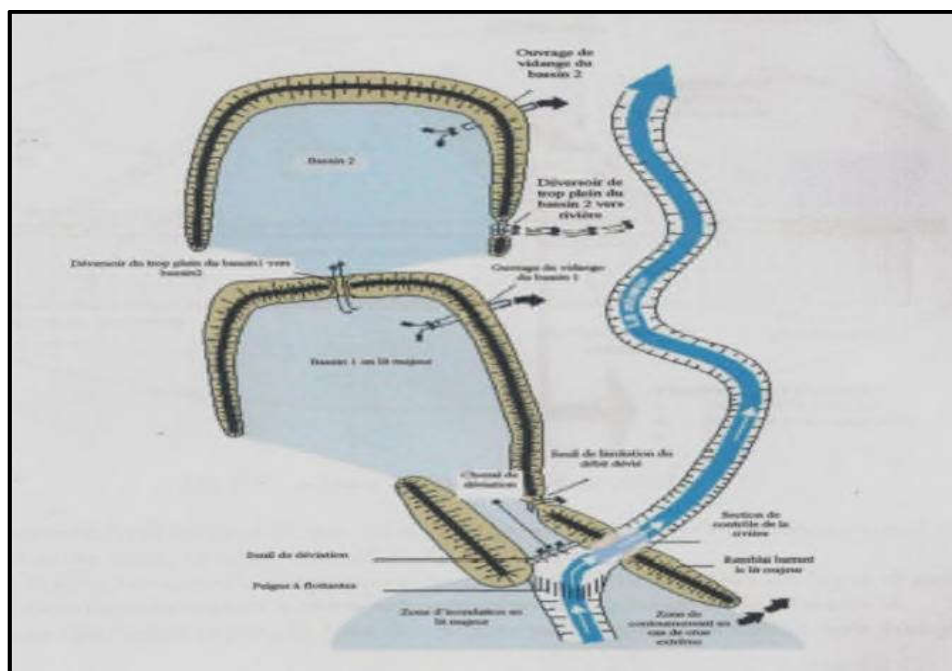


Figure 21 : Fonctionnement d'ouvrage de stockage en dérivation (Benmia, 2012)

2.10. Les murs de soutènements

Les ouvrages de soutènements ont une construction destinée à prévenir l'éboulement ou le glissement d'un talus raide et sont essentiellement employés, soit en site montagneux pour protéger les chaussées routières contre le risque d'éboulement ou d'avalanches, soit en site urbain pour réduire l'emprise d'un talus naturel, en vue de la construction d'une route, d'un bâtiment ou d'un ouvrage d'art. Il existe deux grandes classes d'ouvrages de soutènement : ceux composés d'une paroi résistante et d'une semelle de fondation et ceux composés d'une paroi (palplanches)

2.10.1. Le gabion (cage ou corbeille de pierres)

Utilisé à l'origine pour la protection des berges, le génie militaire puis le soutènement et pour les ouvrages d'art s'emploi désormais en outre de plus en plus pour les aménagements paysagers. Souple, monolithique et drainant, le gabion est pour les aménagements des cours d'eau un complément souvent indispensable aux techniques végétales. On parle alors de techniques mixtes.

Chaque solution est différente et présente des avantages et inconvénients. Aquatira Solutions est là pour vous aider à faire le meilleur choix.



Figure 22 : gabionnage des oueds

2.10.2. Les murs en béton armé

Les murs en béton armé peuvent avoir des formes diverses et être réalisés de façons multiples [2]. a) Mur en T renversé classique C'est la forme fréquente pour un mur en béton armé (Fig22), dite encore cantilever du fait du voile encastré dans la semelle. Sans contreforts, il est économique pour des hauteurs jusqu'à 5 à 6 mètres et peut être érigé sur un sol de qualités mécaniques peu élevées. Par rapport au mur-poids de même hauteur, à largeur égale de semelle il engendre des contraintes plus faibles sur le sol.

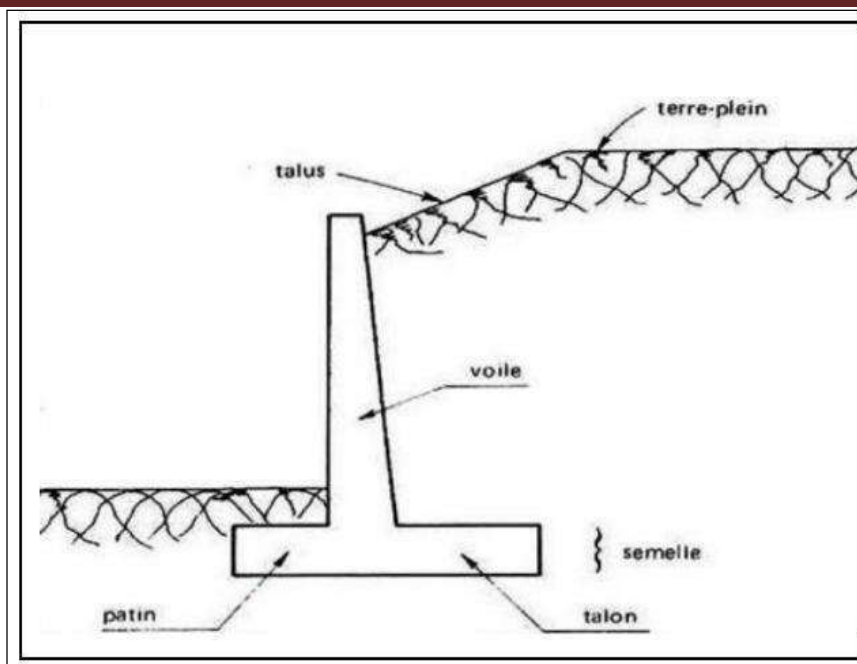


Figure 23 : mur de soutènement en béton armé.

2.10.3. Murs en déblai

Dans le cas de murs en déblai, c'est-à-dire réalisés en terrassant un talus [1], les limitations de volume de terrassement et les difficultés de tenue provisoire des fouilles obligent à réduire la longueur du talon et à augmenter celle du patin.

2.10.4. Mur à contreforts

Lorsque la hauteur du mur devient importante ou que les coefficients de poussée sont élevés, le moment d'encastrement du voile sur la semelle devient grand. Une première solution consiste à disposer des contreforts ayant pour but de raidir le voile (Fig. 24).

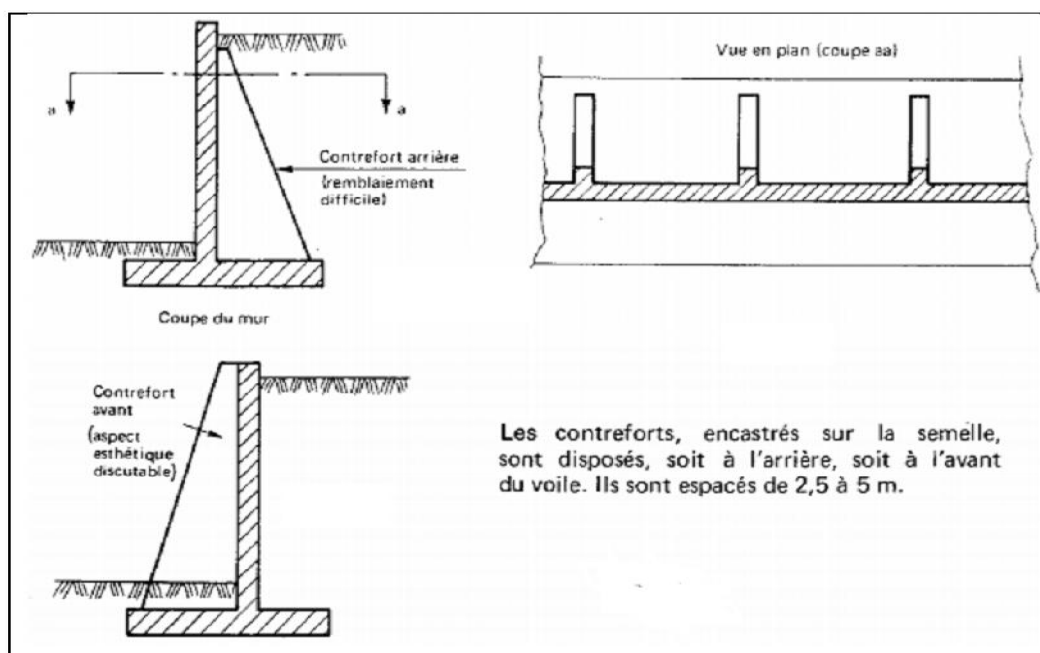


Figure 24 : mur à contreforts.

2.10.5. La paroi moulée

La technique de la paroi moulée est largement utilisée dans les milieux urbains, elle permet d'atteindre des profondeurs de l'ordre de 100 mètres. Une paroi moulée fonctionne par encastrement total ou partiel dans le sol de fondation ou les déformations liées aux interactions sol-structure doivent être soigneusement analysées, afin de s'assurer que les déplacements horizontaux et verticaux du sol ne risquent pas d'endommager les constructions existantes à proximité.

2.10.6. Les rideaux de palplanches

Les rideaux de palplanches désignent l'ensemble structurel formé par les palplanches assemblées entre elles. Ces rideaux peuvent être définitifs : éléments constitutifs de quais, écluses, protections de berges, murs de soutènement et para fouilles ou provisoires lors de la construction d'ouvrages : batardeau en rivière, écran d'étanchéité et blindage de fouille.



- Protection de berge.
- Barrage.

2.10.7.1. La palplanche en béton armé :

Au début des années 1910, le béton armé fut utilisée pour concevoir des palplanches plus résistantes face à la flexion imposée par la poussée des terres. Ce n'est qu'à titre rétrospectif que nous en mentionnons l'existence dans notre synthèse scientifique étant donné que ce type de palplanches n'est plus utilisé de nos jours.

➤ Domaines d'utilisation

- Soutènement,
- Batardeau.

2.10.6.3. La palplanche en acier

Les palplanches en acier sont des pièces métalliques, à section mince, emboîtées les unes dans les autres et battues dans le sol de fondation, pour former un écran vertical, le plus souvent rectiligne, servant à consolider et soutenir les terres, hors de la construction d'un quai, forment des parois planes appelées rideaux, ou cylindriques appelées gabions.

Leur caractéristique essentielle est que le soutènement ainsi formé est souple, ce qui nécessite une méthode spécifique de dimensionnement.

Pendant les années 1960, le cours du fer diminua de manière importante ce qui fit croître de manière exponentielle l'utilisation de l'acier dans les méthodes de soutènement. Ainsi, la palplanche acier qui existait depuis 1910 devint intéressante uniquement à partir de 1960 et remplaça aussitôt la palplanche béton dans tous ses domaines d'application.

➤ Domaines d'utilisation

- Batardeau,
- Soutènement notamment en site aquatique,
- Quai d'accostage,
- Parois cylindriques appelées «gabions»,
- Blindage de fouille,
- Barrage,
- Ouvrage portuaire,
- Ecluse,
- Protection de berge et canaux,
- Culée de pont.

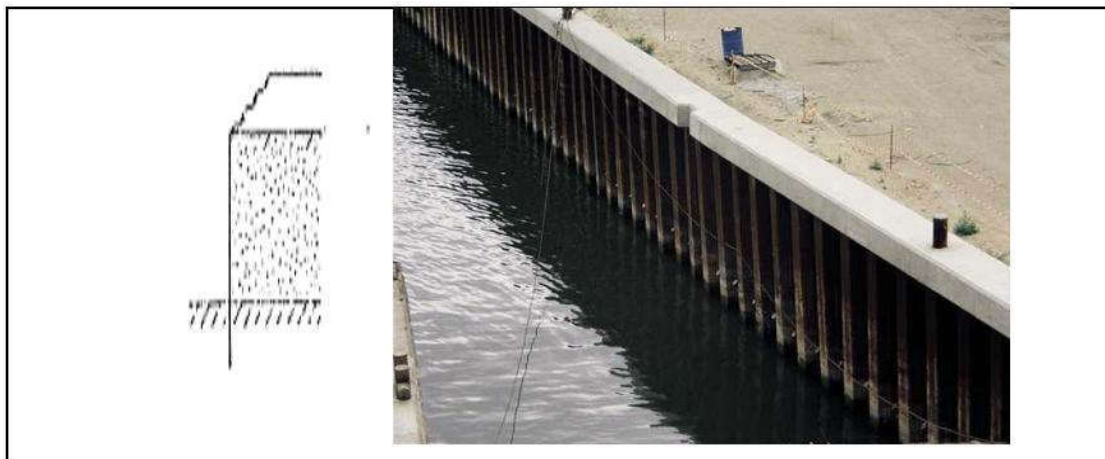


Figure 26 : palplanche en acier

2.10.6.4. La palplanche en PVC :

La palplanche en PVC à base de résine de plastique est apparue au cours des années 2000 en complément de la palplanche acier dans certains domaines mais aussi comme alternative à la palplanche bois qui contribue à la déforestation et à la pollution des sols (à cause des traitements). De plus, elle apporte une solution à la corrosion des palplanches acier tout en conservant un domaine d'utilisation vaste et une facilité de mise en œuvre dans les zones de faibles profondeurs.

➤ Domaines d'utilisation

Zone de fort courant et sur site pollué,

- Batardeau,
- Soutènement notamment en site aquatique,
- Quai d'accostage,
- Ouvrage portuaire,
- Ecluse,
- Protection de berge et canaux,
- Soutènement de talus,
- Bassin de rétention.

2.10.6.5. La palplanche en fibre de verre

La palplanche en fibre de verre a suivi celle du PVC pour les mêmes raisons mais en apportant une résistance bien plus importante que celle du PVC.

➤ Domaines d'utilisation

3. Zone de fort courant et sur site pollué.
4. Batardeau.
5. Soutènement notamment en site aquatique.
6. Quai d'accostage.
7. Ouvrage portuaire.
8. Ecluse.
9. Protection de berge et canaux.
10. Bassin de rétention.

Conclusion :

En conclusion, le problème de protection contre les inondations ne possède pas une solution unique, car ce sont les conditions locales qui commandent. On peut dire qu'il y a autant de problèmes différents à résoudre que de zones inondables.

De plus, la réalisation de telle ou telle protection nécessite la réunion d'un certain nombre de conditions qui la plupart du temps limite les possibilités et les résultats. Il faut donc rechercher toujours le type de protection le mieux adapté à la zone protéger en prenant les marges de sécurité suffisantes, car les méthodes d'études ne sont pas toujours précises.

Dans le domaine de la protection contre les inondations, il ne faut pas attacher également une valeur formelle aux études économiques qu'elles n'ont pas. Les résultats auxquels elles conduisent doivent être beaucoup plus considérés comme étant des estimations grossières, mais qui permettent de juger si les opérations envisagées ne sont pas déraisonnables sur le plan économique et surtout de comparer les solutions entre elles.

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude bibliographique sur les méthodes de protection des infrastructures urbaines contre les inondations et nous avons conclu que la méthode la plus adéquate à notre cas, les infrastructures front l'oued de Biskra, que la protection par rideau de palplanche en acier.

CHAPITRE III :

Étude de milieux physique du bassin versant du Biskra

Introduction

L'Oued de Biskra est le principal Oued dans la région, son réseau hydrographique est squelettique constitué par un grand nombre d'affluents et sous affluents, qui collectent les eaux de ruissellement de Sud/Ouest des Aurès. L'écoulement d'un cours d'eau est commandé par les caractéristiques de son bassin (relief, géologie, lithologie, couvert végétal et climat). Dans ce cas il faut insister sur le grand bassin versant alimentant l'Oued Biskra.

Le bassin versant d'Oued Biskra d'une superficie de 2787km² fait partie du grand bassin versant de Chott Melghir. Le bassin versant de Chott Melghir codé (06) par l'A N R H (Agence Nationale des Ressources Hydriques), est situé au Nord – Est de l'Algérie, et s'étend sur une superficie de 68751km² et englobe trente (30) sous bassins versants.

Nous avons consisté, dans ce chapitre, à la connaissance des caractéristiques morphométriques, géologiques, structurales, hydro- climatiques et hydrogéologiques de la région de Biskra, et on va définir le comportement du bassin et préciser comment les différents facteurs naturels interfèrent dans la genèse des inondations et leurs impacts.

1. Cadre géographique :

La région de Biskra est bordée, au nord par l'Atlas saharien, qui présente un relief d'orientation SW-NE dont les divisions transversales sont: les monts des Ksour, Djebel Amour, les monts des Ouled Naïl et les monts du Zab-Aurès. Vers l'est et le nord-est de Biskra, l'Aurès se soulève massivement au-dessus du Bas-Sahara, et au pied de cette masse montagneuse, se trouve le Bas-Sahara qui correspond à une vaste plaine de remblaiement qui s'est affaissée lentement depuis le Crétacé supérieur et l'Eocène jusqu'au Quaternaire.

Au sud de Biskra, la cuvette des Chotts est une plaine monotone formée d'argiles salées. Elle correspond à une fosse subsidence dont l'épaisseur des sédiments continentaux tertiaires et quaternaires y dépasse localement 1000 mètres. Il s'agit donc, d'une zone de transition entre deux domaines morpho-structuraux différents: les domaines plissés au nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au sud.

Notre zone d'étude, entièrement circonscrite dans la wilaya de la ville de Biskra est située, plus précisément, entre les coordonnées 34°51' 02'' à 35°03' de latitude Nord et 4° 46' 13'' à 6°9'38'' de longitude Est.

2. Géomorphologies du bassin versant

Le bassin versant de l'oued Biskra présente des ensembles naturels fortement variés qui agissent sur le comportement hydrologique du bassin. IL est subdivisé en trois milieux naturels.

2.1. Les montagnes

Elles sont composées essentiellement de massifs montagneux des Aurès dans la partie Sud du bassin. Elles sont constituées par les monts de Asker (1833m), Ras Er Rih (1916 m) et djebel Azeg (1937m), au Nord on rencontre la chaîne montagneuse de Bellezma (2091m) caractérisée par de forts reliefs en plusieurs chaînons orientés sensiblement ENE-OSO ; leurs altitudes s'élèvent progressivement de l'Ouest en Est et atteignant leur point culminant au Djebel Rfaa (2178m), ainsi que Djebel Metlili (1496m), plus à l'Est on trouve Djebel El Mahmel dont l'altitude s'élève jusqu'à (2321m) et Djebel Ich Ali (1815m). Ces reliefs forment une barrière naturelle, qui joue un rôle climatique et hydrologique important. Les différents paramètres climatiques sont fortement influencés par ces reliefs.

2.2. Les piedmonts

C'est une zone de transition entre la montagne et la plaine : elle s'allonge de l'Est à l'Ouest on trouve également le piedmont méridional avec ses collines et ses étendues

planes, étagées et en pente douce ; son altitude varie entre 1200 et 1600m.

2.3.Les Plaines

C'est la zone plate du bassin la plus exposée aux crues, elle se situe au Nord-Est des piedmonts, elle est circonscrite par les courbes de niveau 800 à 1200m, les dépôts accumulés dans cette plaine sont composés de sable, gravier et de limon résultant de la charge solide des oueds. Ce terrain est utilisé pour les activités agricoles saisonnières.

De ces ensembles physiques ci-dessus décrits, il est possible de délimiter trois grandes unités hydrologiques du bassin.

a. Le bassin supérieur

C'est une région entourée de chaînes montagneuses peu élevées (jusqu'à 2091 m monts de Bellzema), les flancs Nord sont couverts de forêts, tandis que les flancs Sud sont rocaillieux et dénudés, les uns et les autres sont abrupts aux pieds des talus ; on trouve beaucoup d'éboulis.

Ce secteur constitue la partie la plus arrosée, elle est drainée par l'oued El Hai ; oued Tilatou descend des flancs des monts de Bellezma et après le confluent avec oued Fedhala, il s'appelle " oued El Hai"

b. Le bassin moyen

Ce bassin englobe la zone du piedmont et une partie de la plaine, il est encadré par un certain nombre de montagnes : au Nord-Ouest par le haut relief de Ain Zaatout, au Nord par Djebel Mahmel (2321m), au Sud-Est par Djebel Lazreg (1937m), au Sud la vallée est ouverte sur la dépression saharienne d'El Outaya est caractérisée par des reliefs moins abrupts que ceux du bassin supérieur, avec une altitude variant entre 300m et 1600m. La plus grande partie de ce secteur est drainée, par l'oued Djemoura ; qui descend du Djebel Boutlarmine (2178m), il est formé de l'oued Abdi et l'oued Bouzina, qui par ses nombreuses ramifications prend source dans Djebel El Mahmel et Boutelarmine.

c. Le bassin inférieur

C'est la partie qui se situe au Sud du bassin de l'oued Biskra, limitée au Nord par Djemoura, à l'Est par Djebel Ras Chicha, à l'Ouest par la plaine d'El Outaya et au Sud par Biskra, avec un relief accidenté, les altitudes se varient entre 200m et 1200m. Ce bassin est drainé essentiellement par l'oued Lafrah qui prend sa source de Djebel Ich Oumared (1270m)

et autres petits cours d'eau sur sa rive droite.

En conclusion le bassin versant de l'oued Biskra présente un relief compartimenté reflète de la nette opposition topographique montagne-plaine qui le caractérise. Il est réparti

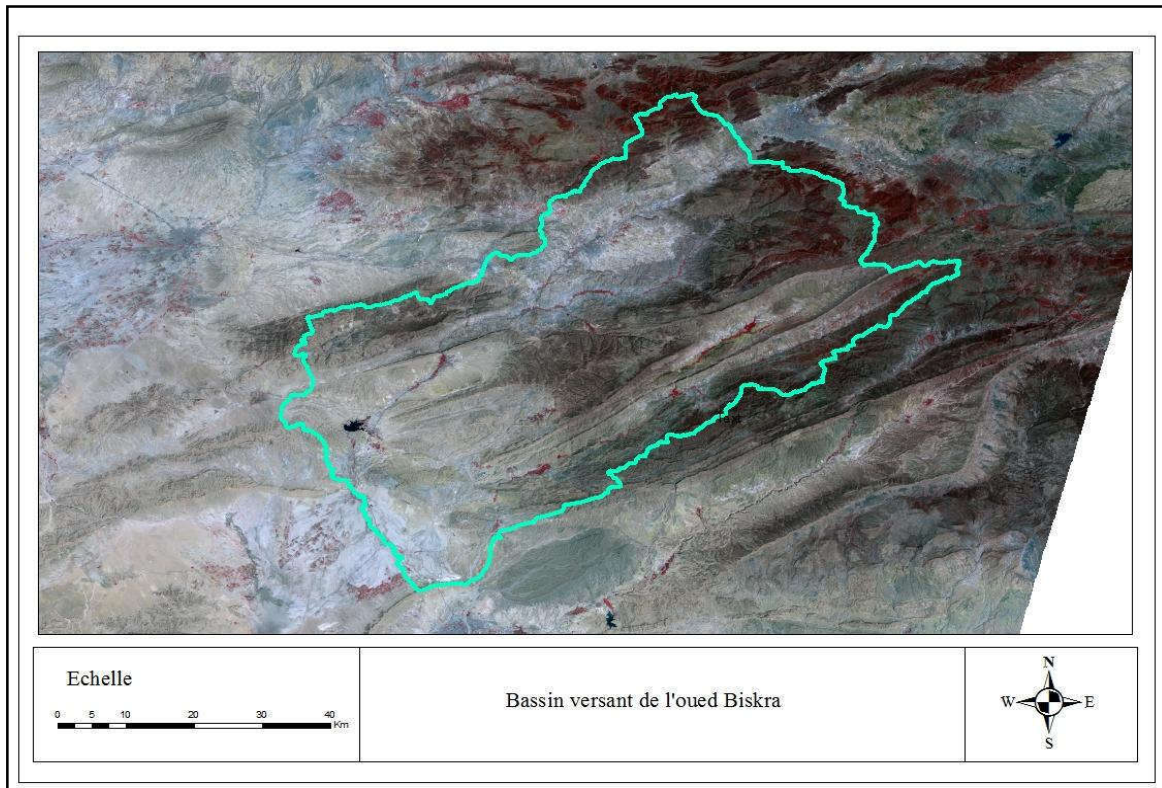


Figure 26: Image satellitaire du bassin versant d'Oued Biskra

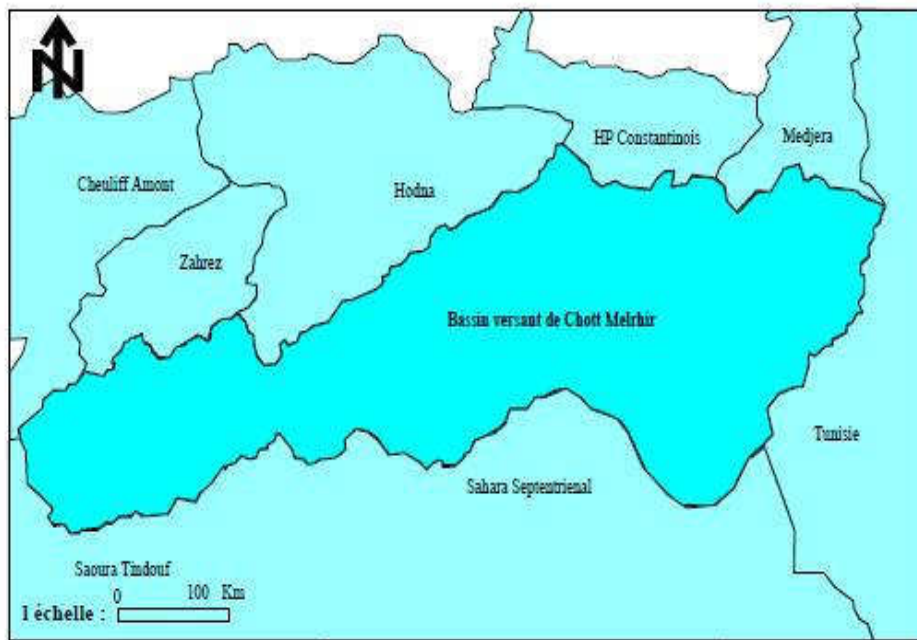


Figure 27 : Situation du bassin versant du Chott Melghir (Source ABHS)

2.4. Les caractéristiques morphométriques du bassin :

Les différents paramètres morphométriques 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.

• La superficie du bassin :

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. Les limites du bassin de l'oued Biskra sont très nettes en zones montagneuses où les reliefs sont très apparents, ils ne sont pas de même pour les plaines à topographie plane et aux formations superficielles perméables. C'est le cas de la partie Sud du bassin avec le versant de l'oued Biskra complémentaire, elle est localement imprécise, car les petits affluents qui ne coulent que lors des fortes averses peuvent changer de direction à chaque obstacle alluvionnaire formé entre deux épisodes pluvieux.

De ce fait, le calcul de la superficie du bassin diffère d'un opérateur à l'autre selon leur délimitation, leur planimétrie, l'instrument utilisé et l'échelle de la carte (tableau n°02).

Bassin	Superficie (km ²)
El Hai	1788
Djemoura	906
Biskra.compl	93
Biskra	2787

Tableau n° 02 : Superficie du bassin versant de l'oued Biskra.

Le bassin versant à la station de Biskra s'étend sur 2787km² ; on distingue trois sous bassins : le sous bassin de l'oued El Hai et l'oued Djemoura ; contrôlés par des stations hydrométriques présentent à leurs stations respectives (El Hai et Djemoura) des superficies de 1788km² et 906km² alors que le sous bassin de l'oued Biskra complémentaire qui n'est contrôlé par aucune station présente une surface de 93km².

2.5.L'orographie

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 le tableau n°02 et reportée sur la figure 27 ; qui nous renseigne sur les altitudes caractéristiques du bassin.

2.5.1 Caractéristiques orographique du bassin versant

Le bassin de l'oued Biskra atteint 2321m à son point culminant au sommet de Djebel El Mahmel, tandis que le point le plus bas correspond à la station de Biskra située à l'altitude de 150m donc une dénivelée totale de 2171.

El Hai				Djemoura				Biskra complémentaire				Biskra		
S. part.		S. cum.		S. part.		S. cum.		S. part.		S. cum.		S. part.		S. cum.
Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
1,60	0,09	1,60	0,09	14,06	1,55	14,06	1,55					15,66	0,562	15,66
29,20	1,63	30,80	1,72	7,114	0,785	21,174	2,335					36,314	1,303	51,974
122,00	6,82	152,80	8,54	7,78	0,86	28,954	3,195					129,78	4,657	181,754
166,40	9,31	319,20	17,85	140,23	15,48	169,184	18,675					306,63	11,00	488,834
136,40	7,63	455,60	25,48	210,458	23,23	379,642	41,905					346,858	12,445	835,242
320,80	17,94	776,40	43,42	157,173	17,348	536,815	59,253	1,239	1,33	1,239	1,33	479,212	17,195	1314,454
386,802	21,63	1163,202	65,05	69,223	7,64	606,038	66,893	5,765	6,199	7,004	7,529	461,79	16,57	1776,244
199,188	11,14	1362,39	76,19	38,798	4,282	644,836	71,175	12,894	13,86	19,898	21,389	250,88	9,00	2027,124
240,039	13,425	1602,429	89,615	121,031	13,359	765,867	84,53	11,56	12,43	31,458	33,819	372,63	13,37	2399,754
178,524	9,88	1780,953	99,595	124,984	13,795	890,851	98,325	47,672	51,26	79,13	85,079	351,18	12,60	2750,934
7,141	0,399	1788	100,00	15,149	1,672	906	100,00	13,87	14,91	93,00	100,00	36,16	1,297	2787,09

Tableau n°03: La répartition altimétrique du bassin de l'oued Biskra et ces bassins élémentaires.

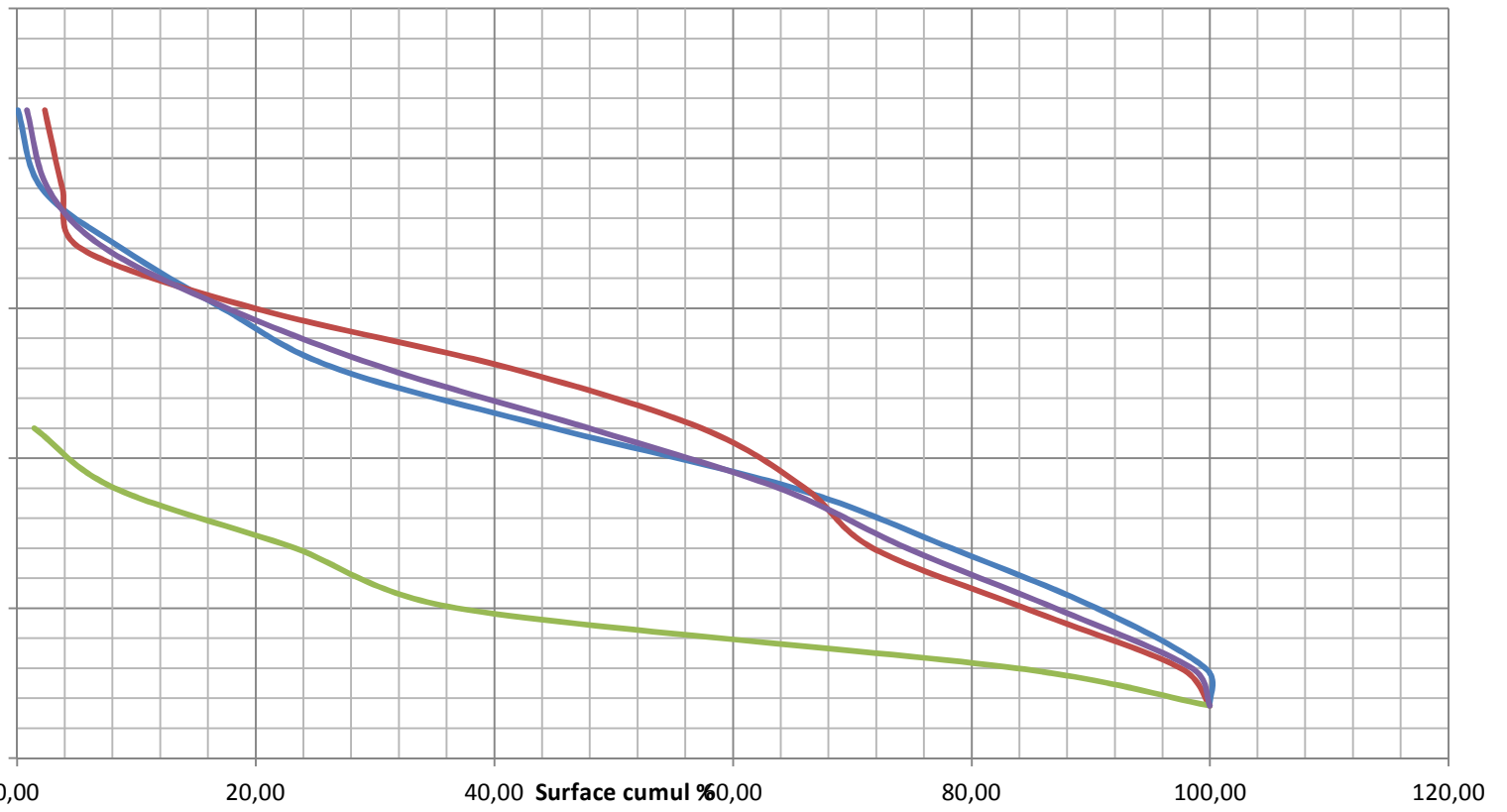


Figure 28: Courbes hypsométriques du Bassin Versant de l'Oued Biskra et ses sous bassins (El Hai, Djemourah, Biskra Comp

2.5.2. Analyse et commentaire

Ces valeurs moyennes et extrêmes n'ont qu'une valeur indicative, dont le rôle se limite à comparer les sous bassins entre eux, alors que la répartition hypsométrique de chaque secteur est plus significative. Ces courbes 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 1800m) sont très peu étendus dans le bassin, ils correspondent à des massifs montagneux de Bellezma, les monts du Zeb et celles des Aurès ; taillés ou tronqués par l'oued Biskra, qui traverse le bassin du Nord au Sud-Ouest.

Dans le sous bassin de l'oued El Hai, cette tranche est d'environ 2.5% de sa surface totale et englobe les sommets de Bellezma, Ich Ali et Metlili. Dans le sous bassin de l'oued Djemoura, cette tranche représente 3% de la surface du sous bassin, elle est constituée par les sommets de Djebel El Mahmel, Azeg, Boutlarmin et Djebel Asker.

Alors que le secteur d'altitude inférieur à 1000m, correspond exclusivement aux vallées drainées par l'oued Biskra soit 11.5% de la surface totale de la région d'étude. La tranche d'altitude dominante, diffère d'un bassin à un autre : dans le bassin de l'oued Biskra c'est la tranche 400-1000m qui représente 65% de la surface totale du bassin. Dans le sous bassin de l'oued El Hai c'est la tranche 500-1000m, qui s'étend sur plus de 50% de la surface. Alors que dans le sous bassin de l'oued Djemoura à caractère montagneux c'est la tranche (1300m-1700m), qui s'étend sur plus de 56% de sa surface, ce qui implique une plus forte abondance des précipitations et de l'écoulement dans ce sous bassin. Comparativement aux autres, le petit sous bassin de l'oued Biskra complémentaire situé entre 200 et 1200m ; 77% de sa surface, c'est la zone qui présente un risque majeur des inondations.

Bassin	Altitudes caractéristiques en (m)						
	Hmax	Hmin	D=Hmax-Hmin	Hmoy	H50%	H5%	H95%
El Hai	2091	200	1891	956	1060	1800	400
Djemoura	2321	200	2121	998	1200	1680	340
Biskra.comp	1270	150	1120	410	400	960	160
Biskra	2321	150	2171	950	1080	1660	370

Tableau n°04 : Altitudes caractéristiques des bassins élémentaires de l'oued Biskra.

2.6. La forme des bassins

La forme d'un bassin versant à une influence sur l'écoulement et surtout sur l'allure de l'hydrogramme 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 de Graveluis 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.

Bassin	S. (km ²)	Périmètre (km)	Indice de compacité Kc
El Hai	1788	229	1,52
Djemoura	906	184	1,71
Biskra.compl	93	99	2,87
Biskra	2787	250	1,33

Tableau n°05 : Indices de compacité pour les sous bassins de la région d'étude

Les résultats de calcul (tableau n°05) permettent de montrer que le bassin le plus compacté est celui de l'oued Biskra à la station de Biskra ($K_c=1,33$), cette compacité diminue avec l'augmentation de la surface, elle est de 2,87 dans le sous bassin de l'oued Biskra complémentaire, qui a une forme très allongée ; donc un temps de concentration très élevé.

C'est la même chose avec le sous bassin de l'oued El Hai et l'oued Djemoura, qui représentent une compacité de 1,52 et 1,71 respectivement. Donc le bassin de l'oued Biskra dans son ensemble présente une forme allongée, qui favorise les faibles débits de pointes de crues ; ceci en raison de temps d'acheminement de l'eau important à l'exutoire.

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.

2.7. 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°06).

Bassin	Superficie (km ²)	L (Km)	Ip	Ig (m\km)	Ds (m)	Classe de relief
El Hai	1788	95,17	0,315	14,71	622	Très fort
Djemoura	906	79,92	0,146	16,78	505,07	Très fort
Biskra,comp	93	47,10	0,130	16,985	163,80	Assez fort
Biskra	2787	95,22	0,140	14,49	764,96	Très fort

Tableau n°06 : Indices des pentes pour les différents sous bassins.

es résultats consignés dans le tableau n°05 montrent que : une pente globale légèrement faible ($Ig < 17$) ; en faveur d'un amortissement pour la remontée plus au moins forte des crues éventuelles.

En ce qui concerne l'indice de pente de roche (Ip), il est compris entre 0,13 et 0,31 quant à la dénivelée spécifique elle varie de 163,8 jusqu'à 765m. Si les valeurs de ces indices pour les sous bassins de l'oued El Hai, Djemoura ainsi que le bassin versant de l'oued Biskra sont plus au moins représentatives et traduisent bien l'importance du volume montagneux, qui se situe sur le contour de la zone d'étude caractérisée par un relief très accidenté, et s'étale sur environ 30% de la surface totale de bassin. Elles sont loin de la réalité pour le sous bassin de l'oued Biskra complémentaire, qui est prédominé par un milieu relativement plat.

3. Cadre Géologique

Du point de vue géologique, la région de Biskra représente un pays de transition structurale et sédimentaire, au Nord c'est un pays montagneux, tandis qu'au Sud, c'est un pays effondré, qui fait partie du Sahara Septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis-failles et de failles, d'orientation Est-Ouest, appelées « accidents sud atlasiques ».

3.1. La structure du bassin :

La diversité des milieux topographiques du bassin de l'oued Biskra relevée dans le début de cette partie, trouve son origine dans la constitution géologique et structurale de cette région. Les différents mouvements tectoniques qu'a connus cette dernière ont engendré le soulèvement des reliefs et l'affaissement des dépressions.

Le bassin de l'oued Biskra a été le siège d'un tectonique assez complexe, qui est relativement souple, ayant aboutie à la formation des anticlinaux et synclinaux de direction générale NE-SO, ces structures font de la région une zone très tectonisée (R. Laffitte 1939).

3.1.1. Stratigraphie et aperçu lithologique global :

Les terrains les plus anciens qui affleurent dans cette région sont attribués au crétacé le plus récent et au quaternaire le plus ancien (R. Laffitte 1939) .

- **Le Crétacé** : Il constitue les principaux affleurements des monts de Bellezma et Djebel Metlili, la série de crétacé inférieur est caractérisée par des roches gréseuses dures et des marnes tendres contenant par endroit des cristaux de gypse ; elle affleure sur les sommets des monts de Bellezma, au Nord-Est de Thniet El Abed, au Sud-Ouest de Menaâ, cette série est bien liée et attribuée au jurassique. Alors que le crétacé supérieur qui s'étend du cénomanien au turonien est constitué essentiellement de marno-calcaire, il apparaît approximer de dechra Tilatou (extrémité Nord du Djebel Metlili) et dans la vallée de l'oued Fedhala.
- **Le sénonien** : complet s'observe à El Kantara, où il fait suite au cénomanien-turonien étudiés précédemment, mais d'une épaisseur de 2200 à 2300m, dont 350m de mæstrichtien calcaire au lieu de 2900m. En s'éloignant vers l'Ouest, le sénonien s'amincit fortement au Djebel Bourhzel, il n'a plus que 300m de puissance d'Ouest en Est, d'une extrémité à l'autre du Djebel Azreg, le sénonien passe de 700 à 1400m d'épaisseur.

3.1.2 Stratigraphie de la région d'étude

Du point de vue stratigraphique, la région de Biskra forme une zone de transition

progressive entre le domaine atlasique et le domainesaharienseptentrionalcarlacontinuité géologique de part et d'autre de l'accident sud atlasique est vérifiée entre Branis et Chetma (CHEBBAH, 2007).

Notre bassin c'est une région «synorogénique» liée principalement à la tectonique de l'orogène atlasique (alpine). A tous moments les phénomènes tectoniques synsédimentaires d'ampleurs diverses commandent la sédimentation, par conséquent le devenir des bassins. La région a vécu du Miocène au Quaternaire et en partie à l'actuel. Elle appartient à un ensemble d'aires sédimentaires diachrones plus ou moins indépendantes qui se sont surimposées à l'orogène tellien ou hercynien (GUIRAUD, 1990).

Dans toute la région, les parties centrales des bassins sont formées par une suite de vastes dépressions remplies de sédiments quaternaires (et mio-pliocènes par endroits), séparées par des reliefs montagneux limités ou recoupés par des accidents transverses : des seuils (paléostructures) sur lesquels affleure le Néogène (Miocène et Pliocène). Les massifs bordiers, tant au Nord qu'au sud de l'accident sud atlasique, montrent des affleurements importants. Le type de l'érosion, l'absence ou la rareté de la végétation, ont permis de lever des coupes dans les sédiments siliciclastiques ou confinés sur les marges des bassins, déposées tout le long du Néogène (CHEBBAH, 2007).

3.1.2. Les caractéristiques lithologiques et la perméabilité des roches des sous bassins versants

Les caractéristiques hydrologiques des sous bassins sont dans une large mesure influencées par l'imperméabilité des roches et les sols qui ont dérive d'absorber l'eau et de la retenir de manière temporaire.

Les descriptions lithologiques qu'on abordera ci-après, sont inspirées en grande partie des notices des cartes géologiques à 1/50.000 de Batna, El Kantara et Biskra.

a) Les formations imperméables :

Constituées des marnes, marno-calcaires et sols argileux de telles assises rencontrent dans la formation marno-calcaire turonienne et la formation marneuse miocène, ainsi que sous forme de divers recouvrements quaternaire (sols forestiers). Sur les zones de cette nature, l'infiltration doit être inférieur à 10% des précipitations, s'élève à 23% et 12% pour les sols à texture moyenne et lourde or ces derniers, plus hétérogènes que les terrains considérés et plus perméables qu'eux.

Ainsi ces assises sont pratiquement imperméables, cependant de par leur nature argileuse,

elles peuvent emmagasiner par imbibition une importante quantité d'eau. Ces formations occupent 38% de la surface totale soit 1059km², s'étend sur la plaine d'El Outaya, El Kantara et Djebel Mahmel.

Quant aux formations argileuses occupent 3% de la surface totale du bassin soit 83% km² et affleurent principalement en amont de Menaa, les argiles rouges occupent toute la rive droite de l'oued Abdi et Biskra.

b) Les formations à perméabilité moyenne

Ces formations sont formées de calcaires du cénonanien supérieur et les formations dolomitiques, ainsi que les marnes du miocène. Elles apparaissent approximer de dechra Tilatou (extrémité Nord du Djebel Metlili), la vallée de l'oued Fedhala, sa puissance de 200 à 400m au Aurès, Maafa et Kef Ed Dersa. Il s'agit des calcaires biodétritiques et sublithographiques du crétacé, ou des calcaires d'algues du miocène, ou encore de la dolomie grenue, ces roches sont très compactes ; la formation dolomitique retenue cependant de rares poches de minéralisation ferrugineuse plus au moins caverneuse, seules susceptibles d'accroître localement sa perméabilité.

Ainsi du point de vue purement lithologique, les assises calcaires et dolomitiques sont donc très peu perméables, cette zone occupe 864km² de la surface du bassin soit 31%.

c) Les formations à forte perméabilité

Ces niveaux se rencontrent dans la formation marno-calcaire du turonien, dans la formation détritique inférieur et l'assise du miocène, ainsi que dans le quaternaire. Par ordre de perméabilité croissante, ces terrains se classent de la manière suivante :

- Les marno-calcaires indurés et souvent biodétritiques du turonien et les marno-calcaires gréseux de l'assise de miocène ces terrains affleurent au Sud d'El Outaya, Ain Touta et le Nord des tamarins, ainsi que les pieds des montagnes ; leurs puissances peuvent atteindre 400m.
- Les conglomérates et les brèches du miocène marin, dont les éléments généralement très grossiers sont soudés entre eux par un ciment calcaire biodétritique fin, laissant subsister autour d'eux des rives importants ; ces formations occupent le Nord d'El Kantara, le Nord de Djebel El Mahmel et le Nord de Djemoura. Le gré calcaireux très vacuolaire, qui correspond aux marno-calcaires miocène et les divers recouvrements quaternaires, très peu consolidés formés de débris calcaires ou dolomitiques à taille variable, parfois arrondis, de limon sableux et caillouteux verts. Ces divers terrains possédant une

- porosité relativement importante, peuvent donc permettre l'infiltration des précipitations et en fonction de leur épandage, le drainage des eaux vers les zones basses. Cette catégorie occupe 28% de la surface totale du bassin soit 780km².

4. Hydrogéologie :

La détermination des caractéristiques hydrogéologiques est une opération indispensable pour la connaissance et l'identification des aquifères. Cependant, elle reste tributaire de l'existence et de la disponibilité de l'information.

La plaine de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre unités aquifères:

4.1. Les nappes

4.1.1. La nappe phréatique du Quaternaire:

Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation.

Cette nappe est trop sollicitée dans la ville de Biskra, elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable. Sa profondeur est comprise entre 20m et 150 m, avec un débit oscillant entre 05 L/s et 20 L/s et une qualité chimique qui se situe de bonne à mauvaise, selon les zones. (SDRE, 2010).

4.1.2. La nappe des sables du Mio-pliocène

L'aquifère est Constituée par une alternance de niveaux d'Argiles, Sables, et Cailloutis d'âge mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. La profondeur de cette nappe varie de 100m à 300 m, avec un débit moyen de 15 L/s. (SDRE, 2010).

A l'Est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères, séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-Pliocène, connue dans cette région.

4.1.3. La nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et du Sénonien

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés, d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Zibans, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga, à 500 m dans la zone de Lioua, le débit de cette nappe varie de 10 L/s jusqu'à 30 L/s, jaillissant dans les zones d'Ourlal et Lioua. (SDRE, 2010).

Au Nord et au Nord Est de la wilaya de Biskra, cette nappe est représentée par un aquifère

très important qui est le Maestrichtien et le Campanien, d'une profondeur comprise entre 200m et 900 m et d'une bonne qualité chimique d'eau. (SDRE, 2010).

4.1.4. Le Continental Intercalaire:

C'est un réservoir très important, constitué essentiellement de Grés et de marnes d'âge Albien et Barrémien, son exploitation est très couteuse, en raison de sa profondeur qui dépasse 2000 m, la température de l'eau peut dépasser les 60 °c (SDRE, 2010). Cette nappe est représentée dans la wilaya, par des sources hydro thermales qui sont les sources de Hammame Essalhines, dans la commune de Biskra et de Hammam Sidi El- Hadj, dans la commune d'El-Outaya. (Chabour.N, 2006).

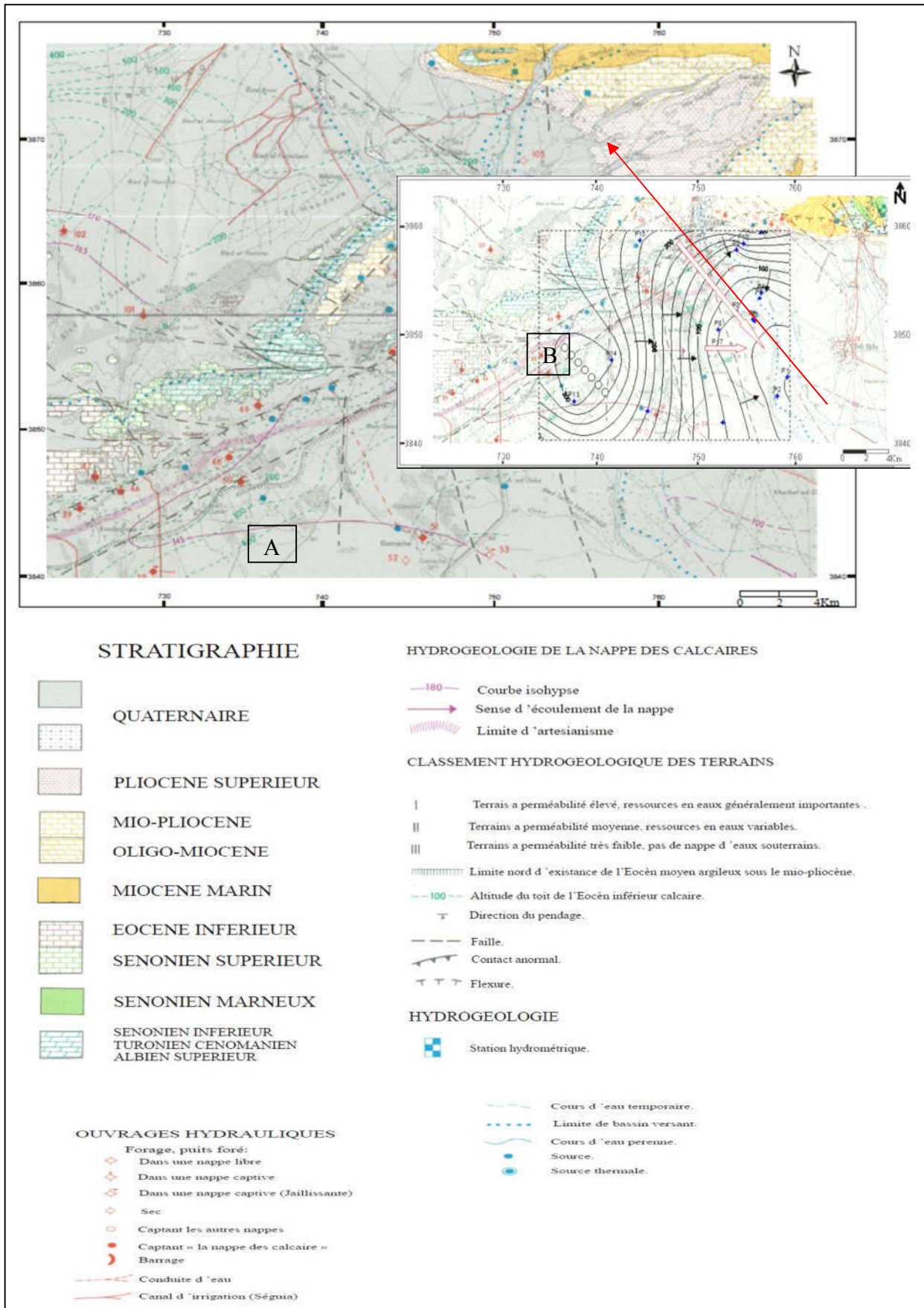


Figure 29: A : Extrait de la carte hydrogéologique de la région de Biskra.

B : Carte piézométrique de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire (2010).

4.2. 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).

4.2.1. Présentations du réseau hydrographique

L'oued Biskra ; 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 du Sud-Ouest de l'Aurès, au Nord de la ville de Biskra, qu'ils traversent avant de se déverser dans le Chott Melghir.

L'oued Biskra résulte de la jonction de deux affluents : oued El Hai et oued Djemoura, qui drainent respectivement une superficie de 1788 et 906 km², dont la confluence donne naissance à l'oued Biskra à une altitude de 200m.

L'oued El Hai prend son origine sur les flancs d'Atlas Saharien, qui à son tour prend sa naissance du confluent des deux oueds : oued Fedhala issue du djebel Ich Ali (1815m) et l'oued Tilatou qui descend des monts de Bellezma (2091m) et coule dans la direction SE-NO.

C'est la source de l'oued Bouaoun, qui après le confluent avec l'oued Doufana forme l'oued Fedhala qui coule du NO-SO.

Les cours d'eau alimentant l'oued El Hai en un caractère d'écoulement périodique : seul l'oued El Hai demeure relativement permanent, mais lui aussi se perd par endroit dans les dépôts de sable et de gravier de son lit pendant les périodes d'étiages, en aval de la station d'El Kantara il draine les massifs de Metlili, Mekrizane et Haouidja.

L'oued Djemoura résulte aussi de la jonction de deux oueds : oued Abdi qui prend sa source du Djebel Lazreg (1937m) et Djebel Boutlarmine (2178m), il coule vers le Sud-Ouest.

L'oued Bouzina coule dans le synclinal de Bouzina depuis sa source (Djebel El Mahmal 2321m) en contre bas de la plaine de Nerdi jusqu'au Khanguet El Anseur où il traverse le flanc Sud- Est du synclinal pour rejoindre l'oued Abdi à Menaâ, formant l'oued Djemoura ; qui reçoit sur sa rive gauche l'oued Bouguatou.

L'oued Lafrah prend son origine de Djebel Ich Oumared (1270m), mais en réalité c'est un petit ravin saisonnier, qui menace en période de crue ; il reçoit sur sa rive droite l'oued Besbas, qui est un petit cours d'eau de moindre importance.

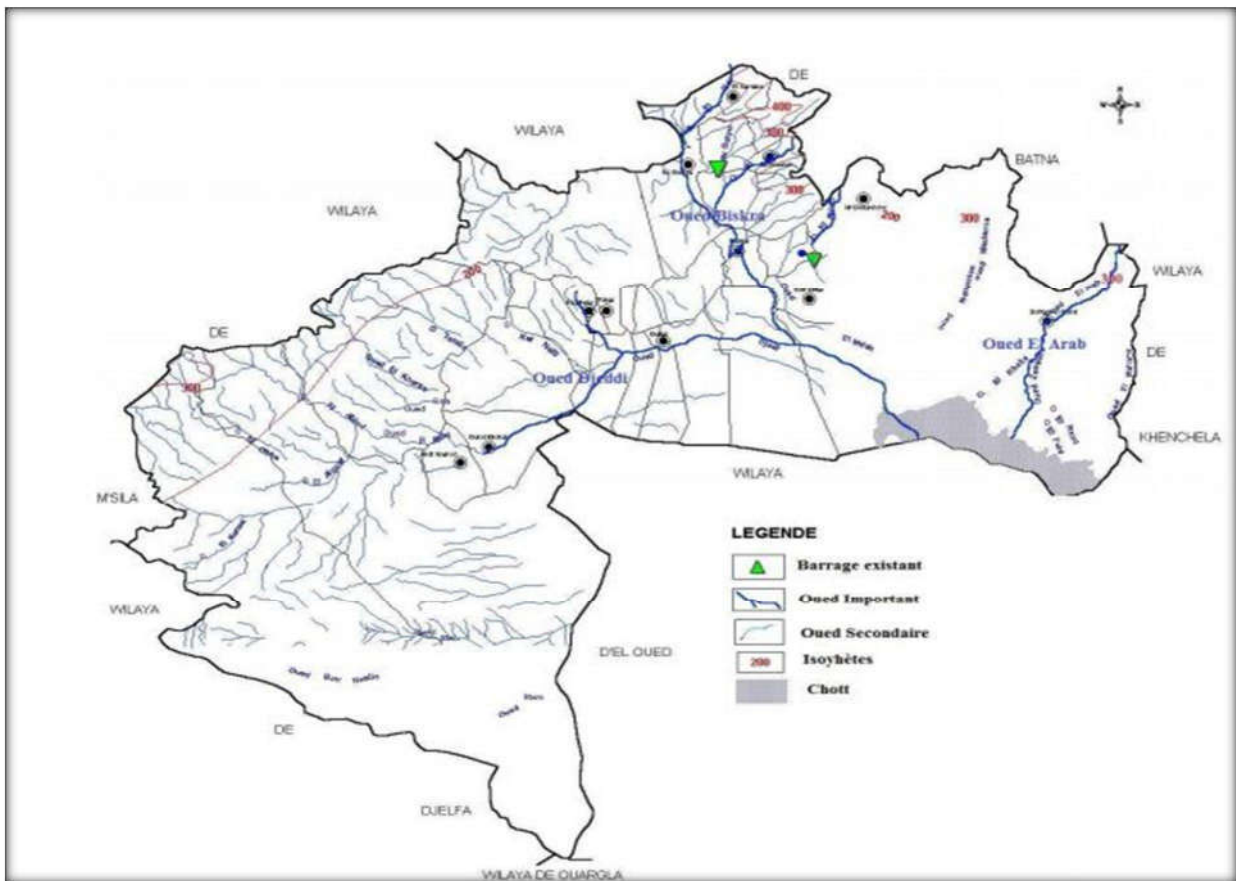


Figure30: Réseau hydrographique de la Wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).

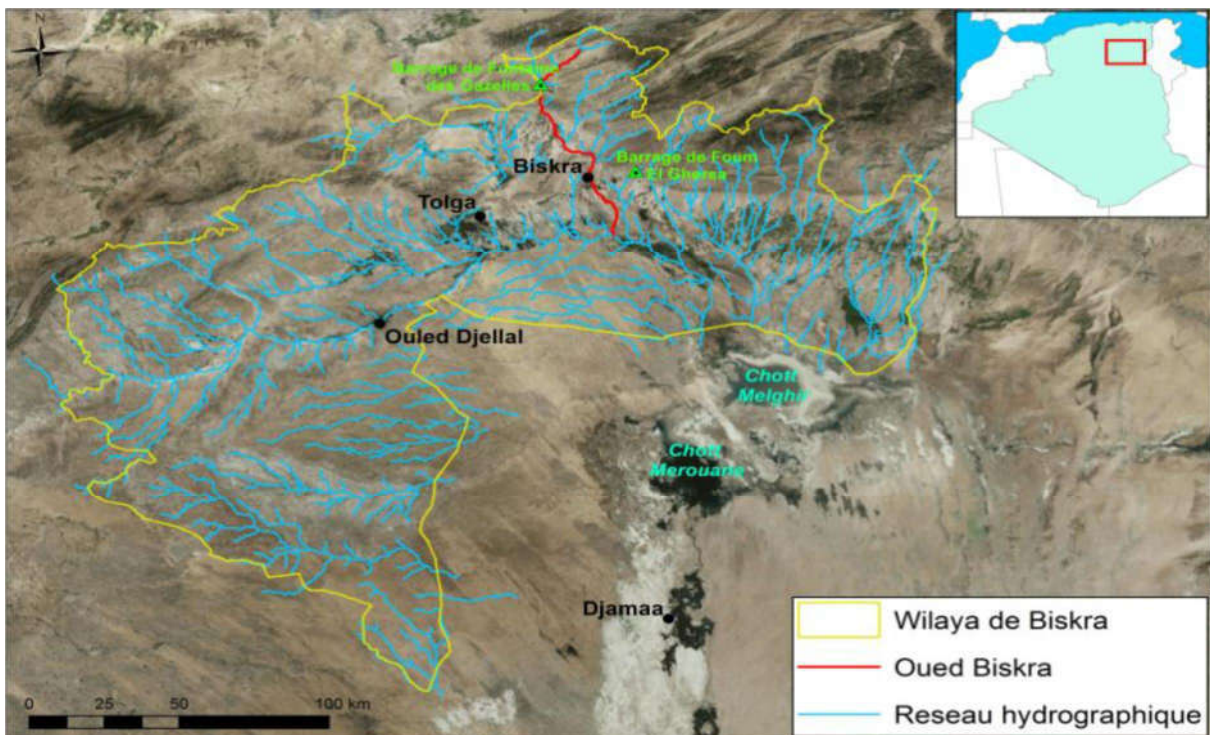


Figure 31 : Image satellite des Réseau hydrographique de l'Oued de Biskra

4.2.2. Classement de chevelu hydrographique

Le chevelu hydrographique d'un bassin est déterminé à partir des cartes topographiques. Pour la classification des talwegs nous avons opté celle de Schum ; toute tronçon de rivière formé par la réunion de deux cours d'eau d'ordre x_i , un tronçon d'ordre x_{i+1} garde le même ordre de la rencontre d'un autre d'ordre x_i (voir tableau n° 06).

X	B.V El Hai		B.V Djemoura		B. V Biskra comp		B.V Biskra	
	N _x	L _x (km)	N _x	L _x (km)	N _x	L _x (km)	N _x	L _x (km)
1	216	515,9	107	433,5	27	70,6	350	1020
2	73	203	51	106,2	17	46,8	141	356
3	41	81,2	19	54	07	38	67	173,2
4	14	40,5	16	42,5	01	03	31	86
5	13	51,6	01	11	-	-	14	62,6
6	-	-	-	-	01	13	01	13,00
Total	357	892,2	194	647,2	53	171,4	604	1710,8

Tableau n°07 : Classification, longueur et nombre des cours d'eau du bassin versant de l'Oued Biskra et ses bassins élémentaires.

4.2.3. Profils en long

Les deux affluents principaux (l'Oued El Hai et l'Oued Djemoura) qui forment l'Oued principal (l'Oued Biskra) diffèrent considérablement par leurs longueurs et leurs pentes.

Le profil en long relatif au cours d'eau principal d'Oued Biskra et ses principaux affluents permettent d'apporter des éléments complémentaires à la densité de drainage, au vu du rôle déterminant des pentes des talwegs sur le ruissellement superficiel et surtout sur les vitesses d'écoulement lors des crues.

L'Oued El Hai prend naissance dans la limite montagneuse Nord du sous bassin versant possède une longueur supérieure à 100 km et un profil longitudinal de nettement concavé, avec une pente forte de 4 à 20% dans la partie amont et de 0,3 à 1,1% dans la partie aval (tableau 07).

L'Oued Djemoura tire son origine de la limite montagneuse et des sources souterraines situées dans la partie Nord-Est du sous bassin, sa longueur est plus de 80 km, la pente est forte dans la partie amont 5 à 10% et 0,6 à 1,6 dans la partie aval (tableau 08).

La forme du profil longitudinal est faiblement concavé, le rôle morphogénique est peu

marqué les deux affluents principaux n'ont pas équilibré leur profil longitudinal, ils se trouvent au stade de jeunesse de leur développement, possèdent une grande potentialité d'érosion latérale de fond et un grand risque de crues torrentielles le long de ce profil.

Les affluents secondaires d'Oued Bouzina et d'Oued Abdi prennent naissance à des altitudes relativement importantes (1600 à 1800 m), ils ont une longueur de (35 à 45 km) et possèdent un profil concavé : les pentes fortes (5 à 20%) se trouvent seulement dans les premiers kilomètres (4 à 6 km) ensuite la pente diminue rapidement jusqu'à (1,8-3%) dans la partie aval.

Ces affluents ont gardés leur activité érosive, surtout la partie amont, tandis que la partie aval ; se caractérise par le transport d'accumulation des débris charriés et suspendus, on peut supposer que ces oueds ont atteint le stade de la maturité de leur activité morphologique

Tranche d'Altitude (m)	Valeur de pente (%)	Distance partielle (Km)	Distance cumulée (Km)
150-200	0,33	15,0	15,0
200-400	0,9	22,0	37,0
400-600	1,1	18,0	55,0
600-800	4,0	9,0	64,0
800-1000	0,77	26,0	90,0
1000-1200	1,50	13,0	103,0
1200-1400	4,0	6,0	109,0
1400-1600	20	1,0	110,0
1600-1800	10	2,0	112,0

Tableau 08 : Répartition des affluents principaux du sous bassin d'Oued El Hai d'après la pente de leur lit.

Tranche d'Altitude (m)	Valeur de pente (%)	Distance partielle (Km)	Distance cumulée (Km)
150-200	0,6	8,0	8,0
200-400	1,33	15,0	23,0
400-600	1,6	12,0	35,0
600-800	1,8	11,0	46,0
800-1000	1,8	11,0	57,0
1000-1200	2,2	9,0	66,0
1200-1400	2,2	9,0	75,0
1400-1600	6,6	3,0	78,0
1600-1800	5	4,0	82,0
1800-2000	10	2,0	84,0

Tableau 09 : Répartition des affluents principaux du sous bassin d'Oued Djemoura d'après La pente de leur lit.

5. Hydrologie des Ziban

Toute la région de Biskra appartient au bassin versant du Chott Melghig, d'après HANNACHI et BEKKARI (1994), la région de Biskra est drainée par une série d'Oueds (Carte n°03) dont les plus importants sont :

5.1. Oued Djeddi

La Région de Biskra est traversée par Oued "Djeddi " qui constitue le collecteur général des eaux de l'atlas saharien (D.G.F, 2006). Il forme un collecteur s'étendant entre les Monts Ksour et les plateaux des Daïas (Ballais, 2010). La longueur de l'Oued principale dépasse légèrement 500km.

5.2. Oued Biskra

Dans sa partie amont est Oued El Hai, aurait un débit annuel de 16 millions de m³ (DUBOSI, 2002). L'oued Biskra, Son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluents et sous affluents, qui collectent les eaux de ruissellement du Sud-ouest de l'Aurès, au Nord de la ville de Biskra, qu'ils traversent avant de se déverse dans le Chott Melghir. L'oued Biskra résulte de la jonction de deux affluents:

5.3. L'oued El Hai :

Prend son origine sur les flancs d'Atlas Saharien, qui à son tour prend sa naissance du confluent des deux oueds : oued Fedhala issue du djebel Ich Ail (1815m) et l'oued Tilatou qui descend des monts de Bellezma (2091m) et coule dans la direction SE-NO.

5.4. L'oued Djemoura :

Résulte aussi de la jonction de deux oueds : oued Abdi qui prend sa source du Djebel Lazreg [1937m) et Djebel Boutlarmine (2178m), il coule vers le Sud-ouest- (CHABOUR, 2006).

5.5. Oued El Abiod ou Biraz

Qui alimente le Barrage Foug El Kherza, le débit moyen annuel de l'Oued El Abiod est estimé à 18 millions de m³ (DUBOSI/2002).

5.6. Oued El Arab

Le bassin d'Oued El Arab couvre la partie orientale des Aurès, il sépare le massif des Aurès de celui de Némemcha. Oued El Arab prend son origine dans le Djebel Aidel vers 2100 m d'altitude et se jette dans la zone dépressionnaire du chott Melghir. Sa longueur est d'environ 150km (Ould Baba, 2005).

6. Le couvert végétal son état Et son rôle sur les Crues

Nous essayons dans cette partie de donner quelques éléments descriptifs sur les

principaux types de la couverture végétale et surtout sur l'état de dégradation de cette couverture. Mais avant il sera utile de parler du rôle de la végétation sur l'écoulement.

6.1.Rôle du couvert végétal

La végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement fluvial, en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration, cette résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense.

Enfin, elle donne de l'ombre, ce qui conserve l'humidité et l'activité biologique nécessaire à l'équilibre du sol, l'infiltration en profondeur est facilitée par les fissurations préparées au sein du sol les eaux qui ruissellent rencontrent des obstacles, qui les obligent à ralentir leurs vitesses.

6.2.Classification de la végétation

Plusieurs classifications plus ou moins complexes ont été proposées, mais la classification des types de couverture par ordre de densité de J, Tricart est plus apte à montrer l'impact du couvert végétal sur les conditions d'écoulement à notre contexte.

Nous reprendrons les trois grandes catégories de type de couverture végétale distinguées :

- Les surfaces bien protégées
- Les surfaces incomplètement protégées
- Les surfaces mal protégées ou nues

A. L'approche numérique :

L'analyse de la couverture végétale a été établie sur la base des données des statistiques agricoles relatives aux communes, ou parties de communes inclus dans le bassin obtenues auprès de la direction des services agricoles (recensement 2001), ces données sont réparties sur 10 types d'occupation du sol que l'on a regroupé selon les grandes catégories de végétation indiquées ci-dessous (tableau10).

Type de végétation	Surface en hectare	Surface en %
Forets et maquis	75 443,63	27,07
Céréales, maraichages et arboricultures,...	16 393	5,882
Prairies naturelles	273,13	0,098
Steppes d'Alfas	186 606	66,95

Tableau n 10 : Répartition des types de végétation. Source : Statistiques agricoles 2001.

D'après ces statistiques, la caractéristique essentielle est la prédominance des surfaces

nues, qui représentent la part majoritaire dans le bassin, dont la proportion est d'environ 67% de la surface totale du bassin. Ainsi que les terrains favorisant le ruissellement des eaux de surface durant toute l'année, les terrains boisés occupent une surface importante (27,07%), quant aux terrains occupés par les céréales et les cultures maraîchères occupent seulement une proportion de environ 6% du bassin, on peut dire que c'est une extension très faible. Tandis que les prairies naturelles occupent une surface négligeable par rapport à la surface totale du bassin d'Oued Biskra presque 0,1%.

1-Surfaces bien protégées		2-Surfaces incomplètement protégées	3- Surfaces mal protégées ou nues
Forets et maquis	Prairies naturelles	Terres labourées (céréales, cultures maraichères,...)	Terrains dénudés, Steppes d'Alfas et broussailles
27,07	0,098	5,882	66,95

Tableau n11°: Répartition en % des types d'occupation du sol. Source : Statistiques agricoles 2001.

B. Approche cartographique :

Le travail cartographique est basé directement sur le plan de l'environnement forets (plan établi par la conservation des forets de la wilaya de Batna et Biskra en 2001), ainsi que le plan de mobilisation agricole et forestière au 1/50.000.

Ces plans nous permettent de distinguer dans le secteur correspondant, la répartition des différents types de végétations indiqués précédemment.

Le paysage végétal du bassin d'Oued Biskra a été largement dégradé et défriché en montagne, le taux de boisement est estimé à 27%. L'effet dévastateur dû aux conséquences de la guerre d'indépendance est à signaler, les belles forêts sont localisées sur le versant Nord-Est entre 1400 et 1600 m également les montagnes des Aurès, les monts de Bellezma, la région de Manaa et la partie Ouest de Bouzina. Ces forets sont composées de cèdre, chêne vert et pin d'alpe, ces dernières (chêne vert et pin d'alpe) se trouvent dans un état de dégradation avancé, elles occupent le versant Sud de Djebel El Mahmel, Asker, El Zeg et Djebel Matlili.

Par ailleurs, le couvert forestier assure une protection optimale contre l'érosion hydrique et les inondations. Les prairies qui sont classées avec la couverture forestière, du fait de leur rôle protecteur du sol en permanence, suivent les vallées alluviales de Bouzina-Menaa.

Les surfaces occupées par des plantes pendant seulement une période de l'année (couverture végétale saisonnière) et le jardinage des Oasis assurent une protection faible du sol contre la

remontée rapide des crues, la céréaliculture occupe la partie Est de Thniet El Abed, Bouzina, Beni Fedhala et Maafa.

Les terrains dénudés occupent les piedmonts, les vallons et les massifs montagneux, où on trouve aussi des formations rocheuses, la disparition des forêts a laissé place aux terrains nus relativement importants, qui n'assurent aucune protection du sol bien au contraire, c'est un terrain favorable aux inondations.

Les pratiques agricoles intensives diminuent la capacité du terrain à retenir l'eau et augmentent le ruissellement plus ou moins violent et exercent une érosion plus ou moins importante.

Au total, les formations végétales assurent une protection médiocre du sol, les plus présentes dans le bassin d'Oued Biskra, dont le caractère dégradé ou discontinué est la steppe d'alfas, qui n'offre aucune protection du sol. Les formations végétales qui protègent le sol seulement une période de l'année, on les trouve plus pendant les mois des crues (septembre, octobre), donc si les eaux surviennent sous formes d'averses brusques, elles ne peuvent être absorbées, ces averses se transforment en une inondation catastrophique.

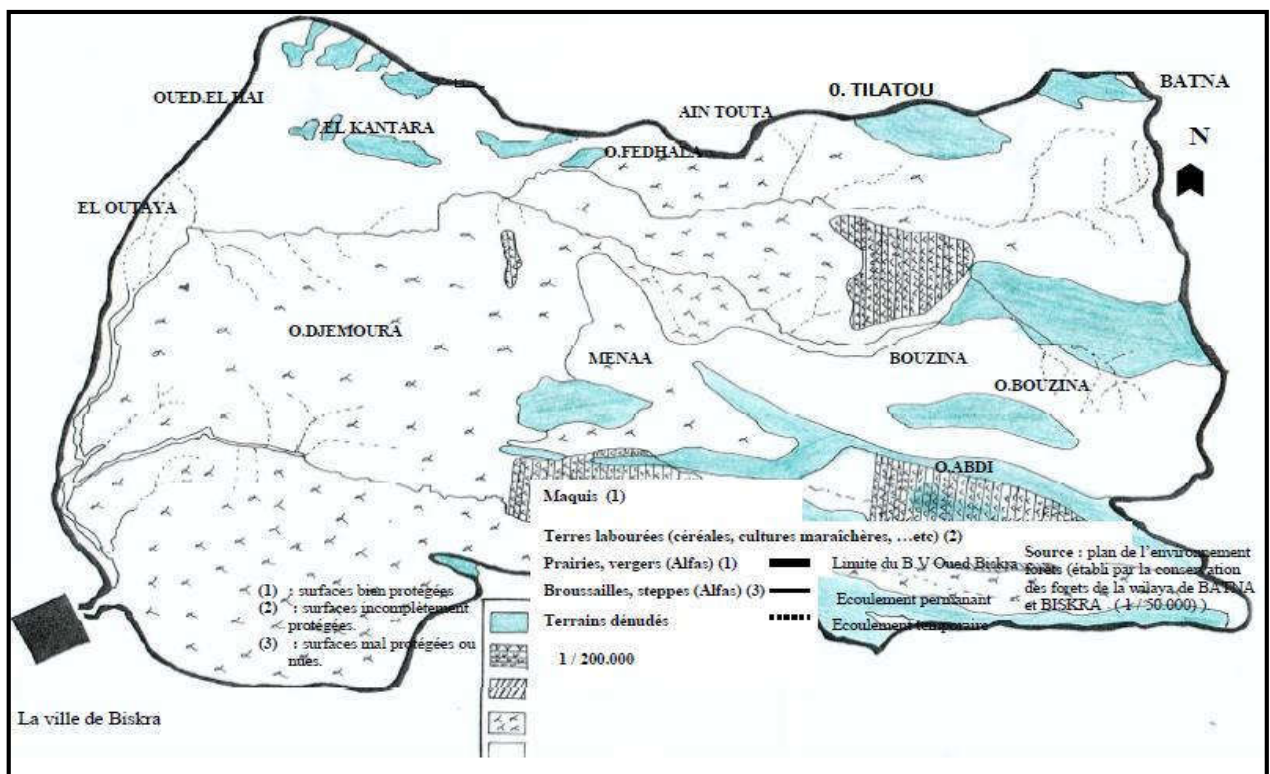


Figure 31 : Carte de la végétation du bassin versant d'Oued Biskra.

6.3. Impact de cette végétation sur les crues

Du fait que les terres destinées aux cultures sont généralement découvertes en saison froide, saison où les précipitations sont les plus fréquentes et les plus abondantes, dont l'intensité est généralement élevée, le ruissellement n'est freiné par aucun obstacle végétal. Or on vient de voir que ces surfaces n'offrent aucune protection (seulement pendant une période de l'année), ajouter à cela, les terrains nus ou quasiment nus en permanence. Ces surfaces sont les plus dominantes dans le bassin d'Oued Biskra, ces dernières ont toutefois dans les secteurs karstiques du bassin (massifs calcaires du crétacé) un pouvoir de rétention souterraine importante, comme le témoigne les débits des résurgences se trouvant aux pieds de certains Djebels.

La discontinuité ou l'absence totale de la couverture végétale favorise l'écoulement superficiel donc la remontée des crues, sous l'effet de la forte intensité de pluie.

La présence du couvert végétal est profitable à l'équilibre hydrologique du bassin alors que sa discontinuité, ou son absence totale constitue un facteur favorable à l'irrégularité des Débits et à la genèse de fortes crues, surtout sur les terrains à fortes pentes et là où les sols sont très sensibles au ruissellement direct.

7. Climatologie

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.

L'étude climatique exige un réseau de postes assez important couvrant toute la région d'étude avec des observations qualifiées. Malheureusement le réseau national n'est pas satisfaisant et montre des interruptions dans les séries d'observations souvent en relation avec des événements historiques de l'Algérie, ces anomalies peuvent être dépassées grâce aux méthodes d'analyse statistiques.

1.1. Le climat de la région

Le climat de l'Algérie est de type méditerranéen caractérisé par une période pluvieuse allant en moyenne de Septembre à Mai et un été sec et ensoleillé. Cette particularité du climat n'est pas générale mais touche plutôt le Nord du pays.

La wilaya de Biskra étant située au Sud, son climat présente d'autres caractéristiques que nous allons développer. La région de Biskra se trouve, dans une zone de transition entre deux milieux différents, un climat plus ou moins tempère au nord et le climat tropical (désertique) au sud. Ce climat de transition, se caractérise par un hiver frais et un été très chaud et sec. Les masses d'air doux et humides venant du nord se déversant sur la côte et les chaînes telliennes, arrivent moins chargées en eau sur l'atlas saharien. Cette tendance constitue la première explication de la diminution de la pluie vers le sud, prolongeant ainsi la saison sèche.

D'après la carte climatique de l'Algérie, la région de Biskra se caractérise par un climat désertique, avec des vents de sable parfois très violents.

Afin de connaître le climat de la région, il est nécessaire d'étudier les paramètres régissant le climat d'une manière générale. Pour notre région d'étude, nous nous sommes basés sur les observations disponibles, relevées dans la station de Biskra.

Conclusion

Nous pouvons conclure qu'il y a une dissymétrie dans la répartition altimétrique et hydrographique, qui entraîne des conséquences sur la stabilité du régime d'écoulement ce qui explique les nuances spatiales des potentialités des eaux de surface, et pose en clair le problème d'inondation.

On distingue : Les secteurs montagneux qui présentent des caractéristiques morphométriques favorables à la genèse et à la propagation des crues, les secteurs de piémonts ont un degré moindre alors que les secteurs de plaines sont le siège d'une accumulation des dépôts détritiques, où les conditions d'écoulement sont défavorables au ruissellement superficiel et également freinent la propagation des crues.

La présentation des caractéristiques lithologiques du bassin d'Oued Biskra, malgré le peu de données, permettra dans un premier temps de dégager certains aspects des conditions de l'écoulement dans les différents sous bassins.

En effet, cette étude par sous bassin fait ressortir la très grande diversité lithologique qui obligatoirement, entraîne des conséquences sur la stabilité du régime des eaux superficielles.

La majorité des terres du bassin d'Oued Biskra est considérées comme mal protégées ou nues, car ces terres sont couvertes de steppes et de broussailles. Ces formations végétatives se trouvent dans un état de dégradation très avancé, qui se traduit par des taux de recouvrement très faibles, on trouve ce type de végétation surtout dans la plaine d'El Outaya, où la végétation devient rare,

Malheureusement, cette barrière naturelle ne représente que 27% du bassin d'Oued Biskra et se trouve généralement dans un état très dégradé, elle occupe les reliefs de Djebel Mahmel, Metlili et Asker.

En fin, les surfaces incomplètement et moyennement protégées sont occupées par les céréales et l'arboriculture, elles sont semi-perméables.

Chapitre IV

Présentation des données hydrologiques sur le bassin versant de l'oued Biskra

Introduction

L'étude des données hydrologique pour la réalisation d'un ouvrage hydrotechnique révèle une importance considérable. Le but est donc de mettre en évidence les paramètres hydrologiques de l'oued tels que les débits des crues qui constituent la base de dimensionnement des ouvrages de l'aménagement.

L'objet de l'étude est la préparation des éléments de définition, de justification et de mise en œuvre du projet d'aménagement hydraulique de l'Oued Sidi Zarzour dans la ville de Biskra dans son aspect hydrologique.

L'objectif essentiel est notamment d'essayer de déterminer les débits des crues des trois sous bassin versant qui confluent dans l'oued Biskra afin de déterminer le débit de crue de 1/100 de ce dernier.

1. Les précipitations

Le terme « précipitations » englobe toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, que se soit sous forme liquide (pluie) ou sous forme solide (neige, grêle). Dans notre région d'étude, les précipitations sont faibles.

1.1. Les précipitations journalières

L'étude des précipitations donne une vision générale sur le régime pluvial, elle constitue un élément essentiel pour l'analyse des ressources en eau, dont la connaissance des pluies journalières maximales et intensités maximales est primordiale pour l'étude des crues et offre également aux aménageurs la possibilité de dimensionner certains ouvrages hydrauliques

Les pluies journalières maximales de différentes fréquences estimées par la loi de Gumbel sont données au tableau suivant :

Période de retour	Fréquence au non dépassement	Mena	Djemourah	Biskra	Bouzina	Batna
2	0,5	35,9	28,5	27,2	33,8	35,0
5	0,8	51,9	46,3	40,9	47,7	46,3
10	0,9	62,5	58,0	50,0	56,9	53,8
20	0,95	72,6	69,3	58,7	65,8	61,0
50	0,98	85,7	84,0	69,9	77,2	70,3
100	0,99	95,6	94,9	78,4	85,8	77,3
Taille de la série		33	28	25	26	72
Gradex		14,05	15,70	12,10	12,29	9,98

Tableau 12: Pluies journalières maximales fréquentielles aux différentes stations.

Sous bassin versant	Période de retour						Gradex
	2	5	10	20	50	100	
El Hai	35,0	46,3	53,8	61,0	70,3	77,3	9,98
Djemourah	35,9	51,9	62,5	72,6	85,7	95,6	14,05
Biskra.compl	27,2	40,9	50,0	58,7	69,9	78,4	12,10

Tableau 13 : Pluies journalières maximales fréquentielles pour chaque sous bassin

1. Pluies de courte durée (Courbes IDF) :

Les pluies de courtes durées pour différentes périodes de retour sont données par la formule de K.BODY :

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

$P_{(t,f)}$: Pluie de durée t pour une fréquence donnée (mm) ;

$P_{j\max}$: Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm) ;

t : durée de la pluie (h) ;

$I_{t,f}$: Intensité de pluie ; $I_{t,f} = P_{t,f} / t$;

b : Exposant climatique ;

Cet exposant climatique dépend de la position géographique, on prend pour notre site : $b = 0,25$

		Temps [Heure]														
FND	Période de retour	1	2	3	4	6	8	10	12	13	14,9	16	18	20	22	24
0,5	2	15,8	18,8	20,8	22,4	24,7	26,6	28,1	29,4	30,0	31,1	31,6	32,6	33,4	34,2	35
0,8	5	20,9	24,9	27,5	29,6	32,7	35,2	37,2	38,9	39,7	41,1	41,8	43,1	44,2	45,3	46,3
0,9	10	24,3	28,9	32,0	34,4	38,0	40,9	43,2	45,2	46,2	47,8	48,6	50,1	51,4	52,6	53,8
0,95	20	27,6	32,8	36,3	39,0	43,1	46,3	49,0	51,3	52,3	54,1	55,1	56,8	58,3	59,7	61
0,98	50	31,8	37,8	41,8	44,9	49,7	53,4	56,5	59,1	60,3	62,4	63,5	65,4	67,2	68,8	70,3
0,99	100	34,9	41,5	46,0	49,4	54,7	58,7	62,1	65,0	66,3	68,6	69,8	71,9	73,9	75,6	77,3

Tableau 14 : Pluies de courte durée pour le bassin versant d'oued El Hai (mm).

		Temps [Heure]														
FND	Période de retour	1	2	3	4	6	8	10	11,8	13	14	16	18	20	22	24
0,5	2	16,2	19,3	21,3	22,9	25,4	27,3	28,8	30,1	30,8	31,4	32,4	33,4	34,3	35,1	35,9
0,8	5	23,4	27,9	30,9	33,2	36,7	39,4	41,7	43,5	44,5	45,4	46,9	48,3	49,6	50,8	51,9
0,9	10	28,2	33,6	37,2	39,9	44,2	47,5	50,2	52,3	53,6	54,6	56,5	58,2	59,7	61,2	62,5
0,95	20	32,8	39,0	43,2	46,4	51,3	55,2	58,3	60,8	62,3	63,4	65,6	67,6	69,4	71,0	72,6
0,98	50	38,7	46,0	51,0	54,8	60,6	65,1	68,9	71,8	73,5	74,9	77,4	79,8	81,9	83,9	85,7
0,99	100	43,2	51,4	56,8	61,1	67,6	72,6	76,8	80,1	82,0	83,5	86,4	89,0	91,3	93,5	95,6

Tableau 15 : Pluies de courte durée pour le bassin versant d'oued Djemourah (mm).

		Temps [Heure]															
FND	Période de retour	1	2	3	4	6	7,6	9	10	12	14	16	18	20	22	24	
0,5	2	12,3	14,6	16,2	17,4	19,2	20,4	21,3	21,9	22,9	23,8	24,6	25,3	26,0	26,6	27,2	
0,8	5	18,5	22,0	24,3	26,1	28,9	30,7	32,0	32,9	34,4	35,7	37,0	38,1	39,1	40,0	40,9	
0,9	10	22,6	26,9	29,7	31,9	35,4	37,5	39,1	40,2	42,0	43,7	45,2	46,5	47,8	48,9	50,0	
0,95	20	26,5	31,5	34,9	37,5	41,5	44,0	45,9	47,2	49,4	51,3	53,0	54,6	56,1	57,4	58,7	
0,98	50	31,6	37,6	41,6	44,7	49,4	52,4	54,7	56,2	58,8	61,1	63,2	65,0	66,8	68,4	69,9	
0,99	100	35,4	42,1	46,6	50,1	55,4	58,8	61,4	63,0	65,9	68,5	70,8	73,0	74,9	76,7	78,4	

Tableau 16 : Pluies de courte durée pour le bassin versant d'oued Biskra.compl (mm).

		Temps [Heure]															
FND	Période de retour	1	2	3	4	6	8	10	12	13	14,9	16	18	20	22	24	
0,5	2	15,8	9,4	6,9	5,6	4,1	3,3	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	
0,8	5	20,9	12,5	9,2	7,4	5,5	4,4	3,7	3,2	3,1	2,8	2,6	2,4	2,2	2,1	1,9	
0,9	10	24,3	14,5	10,7	8,6	6,3	5,1	4,3	3,8	3,6	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	
0,95	20	27,6	16,4	12,1	9,8	7,2	5,8	4,9	4,3	4,0	3,6	3,4	3,2	2,9	2,7	2,5	
0,98	50	31,8	18,9	13,9	11,2	8,3	6,7	5,7	4,9	4,6	4,2	4,0	3,6	3,4	3,1	2,9	
0,99	100	34,9	20,8	15,3	12,4	9,1	7,3	6,2	5,4	5,1	4,6	4,4	4,0	3,7	3,4	3,2	

Tableau 17 : Intensité des pluies It pour le bassin versant d'oued El Hai (mm/h).

		Temps [Heure]															
FND	Période de retour	1	2	3	4	6	8	10	11,8	13	14	16	18	20	22	24	
0,5	2	16,2	9,7	7,1	5,7	4,2	3,4	2,9	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	
0,8	5	23,4	14,0	10,3	8,3	6,1	4,9	4,2	3,7	3,4	3,2	2,9	2,7	2,5	2,3	2,2	
0,9	10	28,2	16,8	12,4	10,0	7,4	5,9	5,0	4,4	4,1	3,9	3,5	3,2	3,0	2,8	2,6	
0,95	20	32,8	19,5	14,4	11,6	8,6	6,9	5,8	5,2	4,8	4,5	4,1	3,8	3,5	3,2	3,0	
0,98	50	38,7	23,0	17,0	13,7	10,1	8,1	6,9	6,1	5,7	5,4	4,8	4,4	4,1	3,8	3,6	
0,99	100	43,2	25,7	18,9	15,3	11,3	9,1	7,7	6,8	6,3	6,0	5,4	4,9	4,6	4,3	4,0	

Tableau 18 : Intensité des pluies It pour le bassin versant d'oued Djemourah (mm/h).

		Temps [Heure]															
FND	Période de retour	1	2	3	4	6	7,6	9	10	12	14	16	18	20	22	24	
0,5	2	12,3	7,3	5,4	4,3	3,2	2,7	2,4	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	
0,8	5	18,5	11,0	8,1	6,5	4,8	4,0	3,6	3,3	2,9	2,6	2,3	2,1	2,0	1,8	1,7	
0,9	10	22,6	13,4	9,9	8,0	5,9	4,9	4,3	4,0	3,5	3,1	2,8	2,6	2,4	2,2	2,1	
0,95	20	26,5	15,8	11,6	9,4	6,9	5,8	5,1	4,7	4,1	3,7	3,3	3,0	2,8	2,6	2,4	
0,98	50	31,6	18,8	13,9	11,2	8,2	6,9	6,1	5,6	4,9	4,4	3,9	3,6	3,3	3,1	2,9	
0,99	100	35,4	21,1	15,5	12,5	9,2	7,7	6,8	6,3	5,5	4,9	4,4	4,1	3,7	3,5	3,3	

Tableau 19 : Intensité des pluies It pour le bassin versant d'oued Biskra.compl (mm/h).

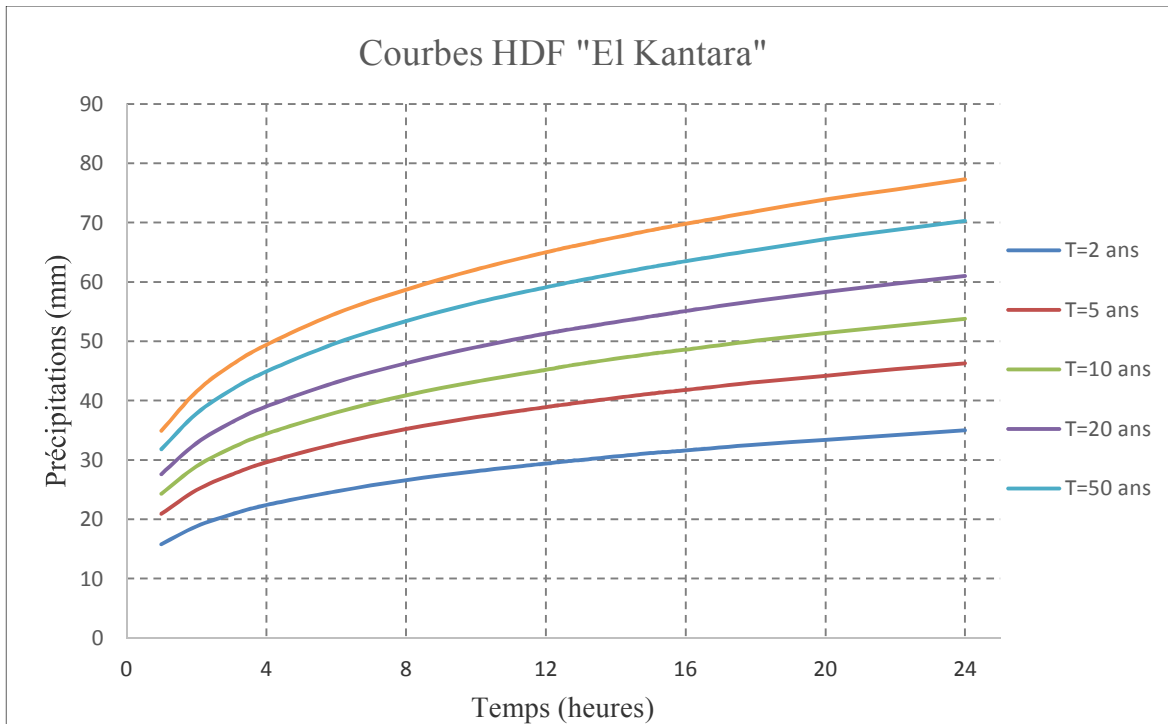


Figure 32: Courbes Hauteur – Durée – Fréquence (El Kantara).

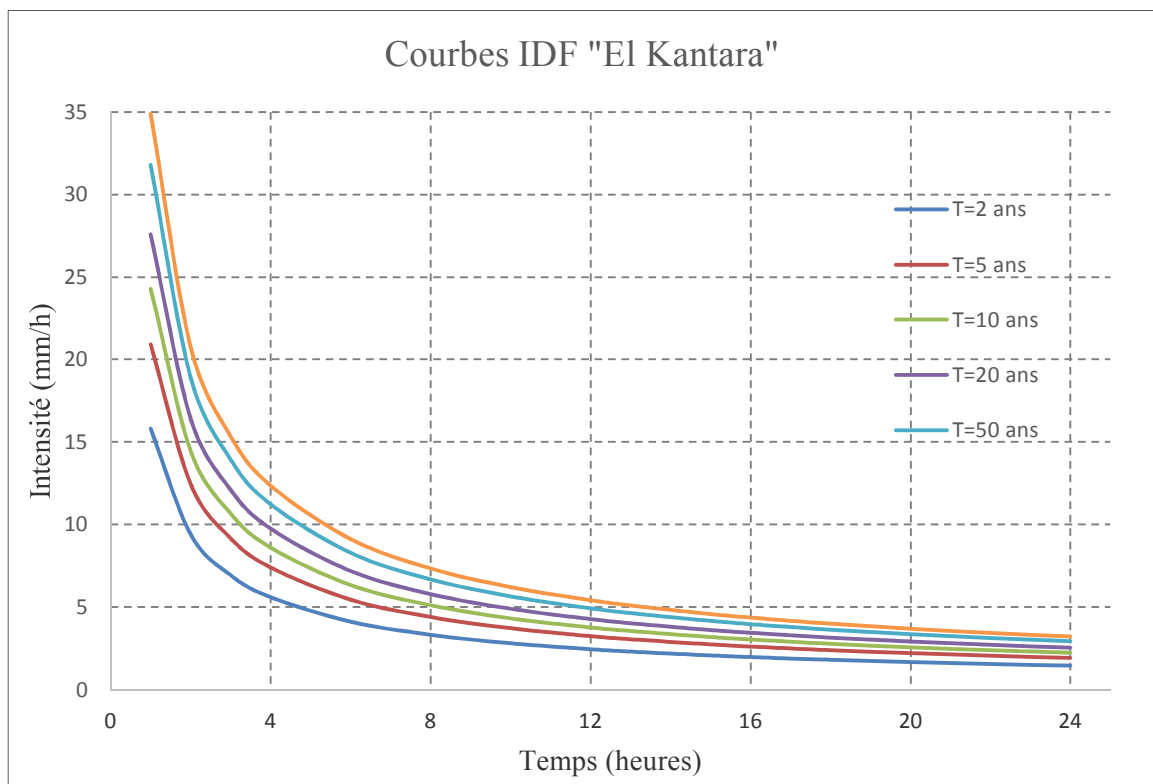


Figure33 : Courbes Intensité – Durée – Fréquence (El Kantara).

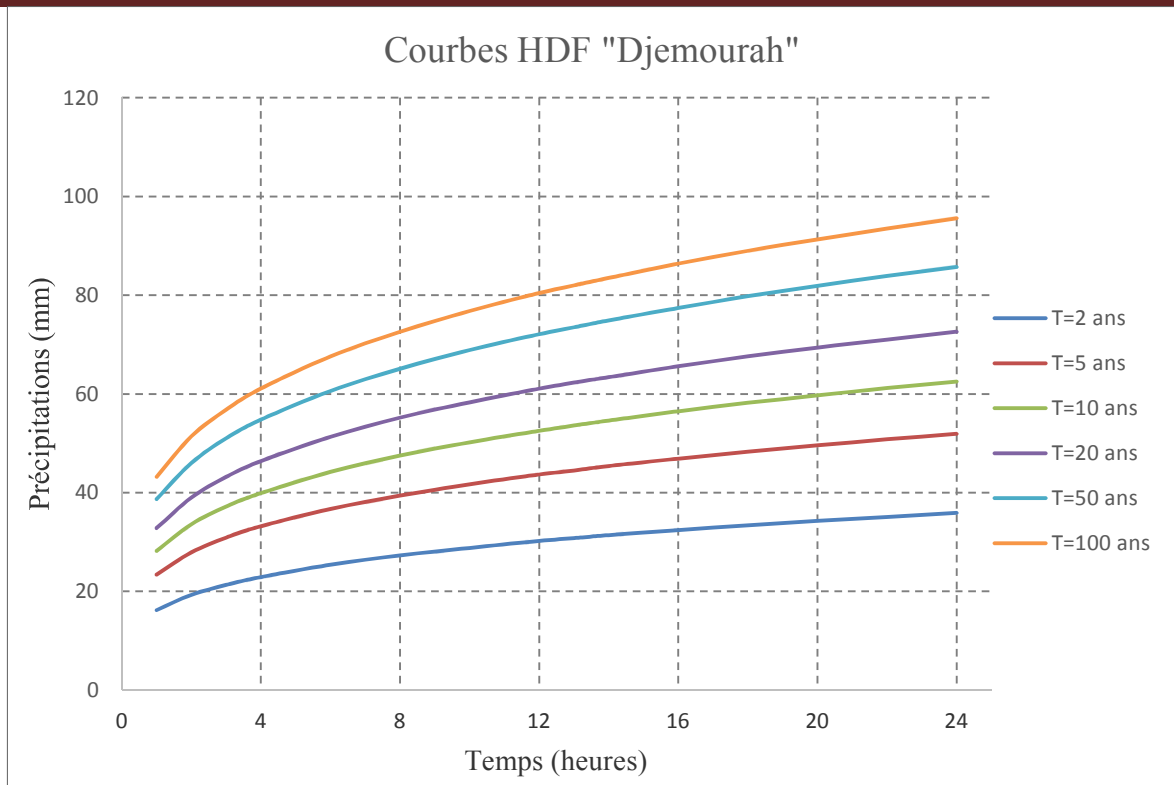


Figure 34 : Courbes Hauteur – Durée – Fréquence (Djemourah).

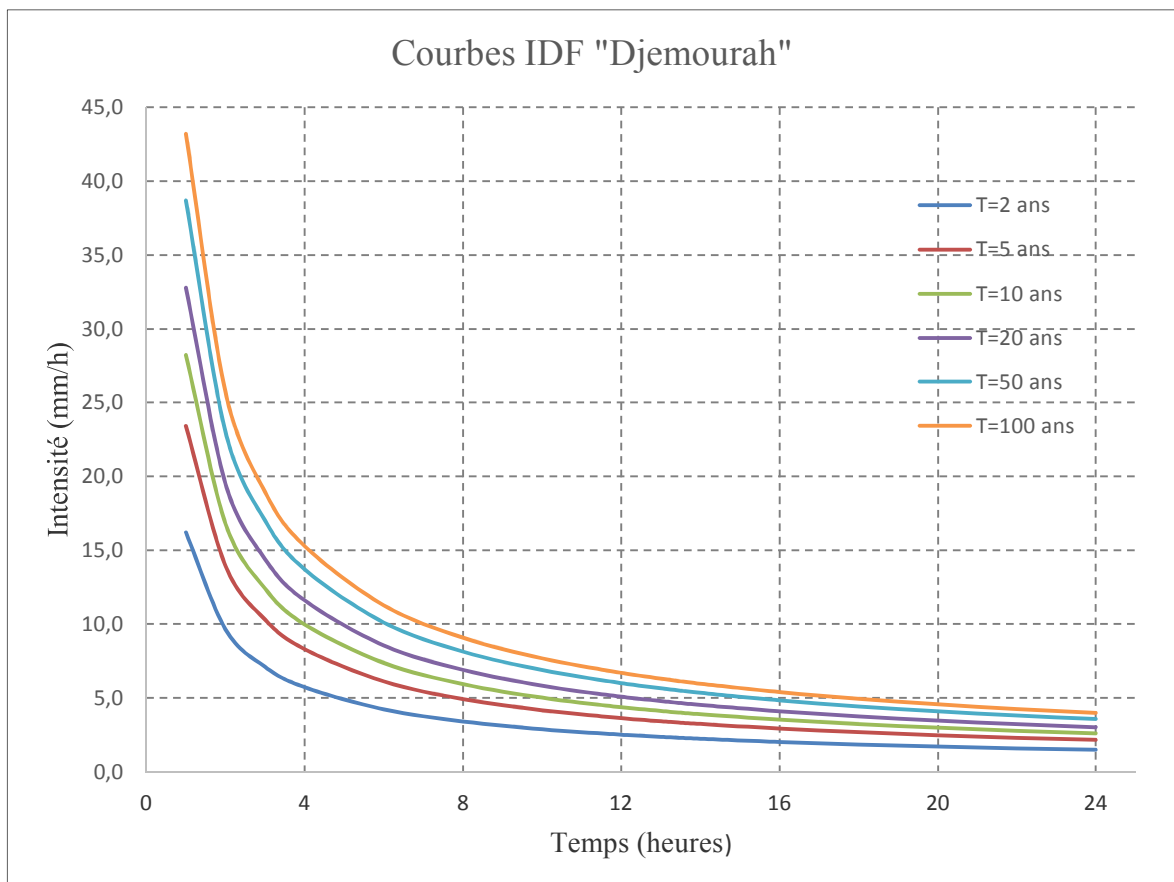


Figure 35: Courbes Intensité – Durée – Fréquence (Djemourah).

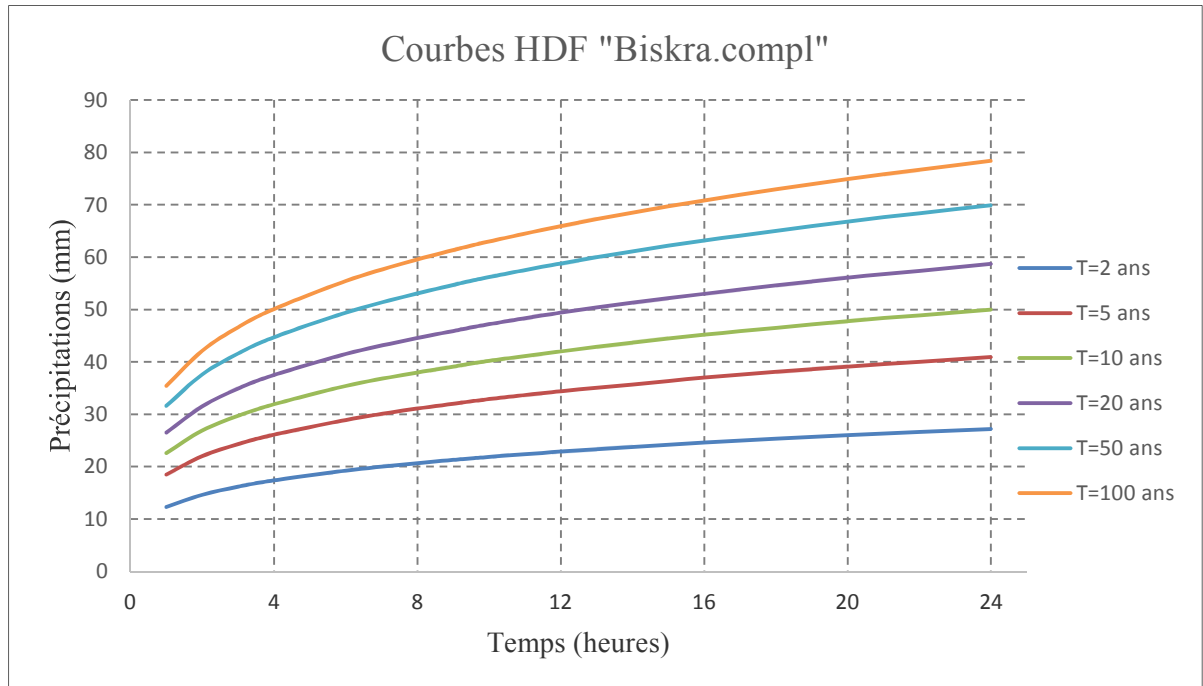


Figure 36 : Courbes Hauteur – Durée – Fréquence (Biskra. Compl).

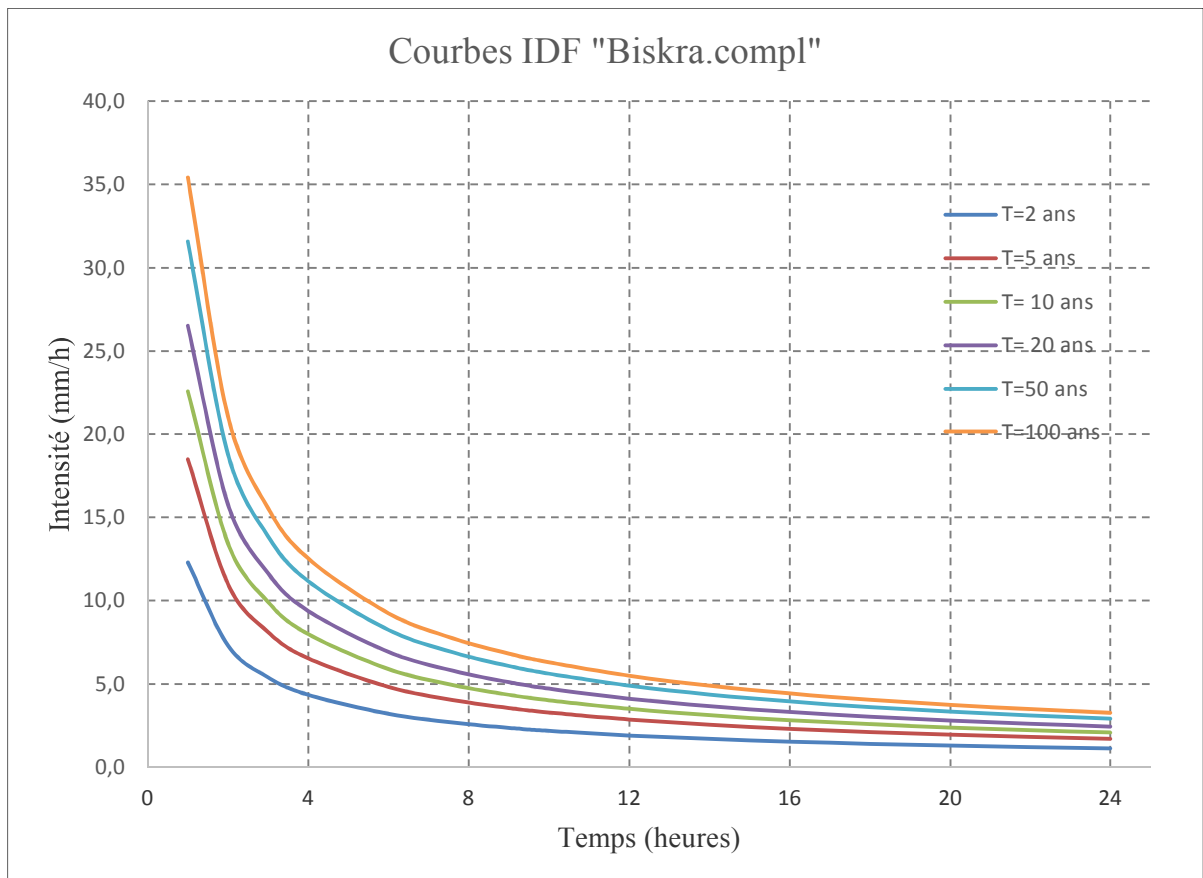


Figure 37 : Courbes Intensité – Durée – Fréquence (Biskra. Compl).

1.2. Les précipitations moyennes annuelles

D'après cette série de 21 ans « 1992-2012 » tableau (20), La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est de 173.05 mm. Toutefois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre. Cette variabilité inter- annuelle des précipitations montre une irrégularité assez prononcée, avec des périodes humides qui ont des valeurs supérieures à la moyenne, jusqu'à 342.69 mm (1994) et des périodes sèches dont les valeurs sont inférieures à la moyenne, jusqu'à 47 mm (2002).

Années	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PP (mm)	192.52	297.19	342.69	286.24	292.64	192.05	94.8	193
Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PP (mm)	64.5	88.8	47	156.9	294.1	58.8	173	79.3
Années	2008	2009	2010	2011	2012	P MOY (mm)	173.04	
PP (mm)	118.4	169.8	185.5	252.3	54.5			

Tableau n° 20 : Précipitations moyennes annuelles, relevées à la station de Biskra. (1992-2012).

Les pluies moyennes annuelles de l'ensemble des stations pluviométriques du bassin, calculées sur la période commune allant de 1970 à 2010 (41 ans) sont données au tableau suivant :

Station	Mena	Bouzina	Djemourah	Biskra	Batna	El Outaya
Pluie moyenne (mm)	241,0	298,0	145,8	159,1	369,8	94,1

Tableau 21 : Pluie moyenne annuelle pour chaque station pluviométrique ANRH.

Il est clair que les pluies annuelles dans la partie amont du bassin versant de l'oued Biskra sont relativement plus importantes que celles de la partie aval du bassin, cela est dû à l'effet orographique.

Selon la carte pluviométrique de l'Algérie du nord établie par l'ANRH, la pluie moyenne annuelle varie entre 100 et 400 mm.

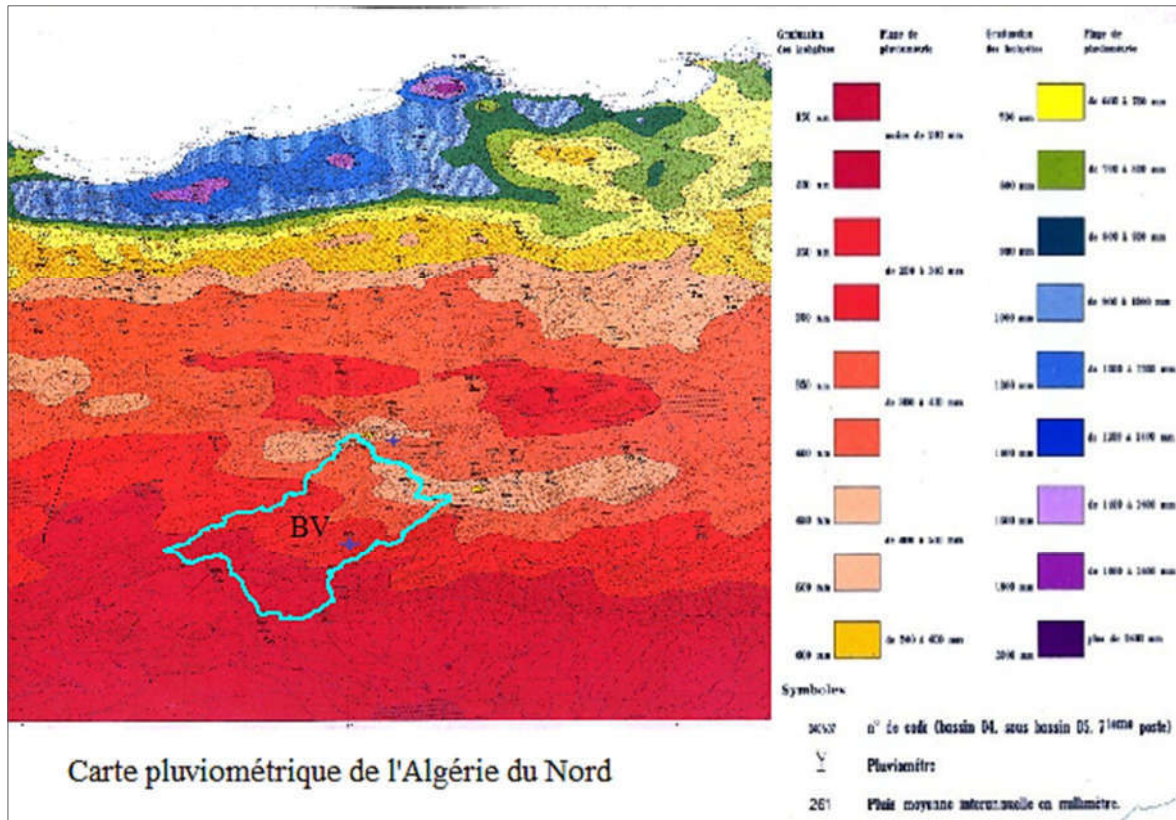


Figure 38: Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord

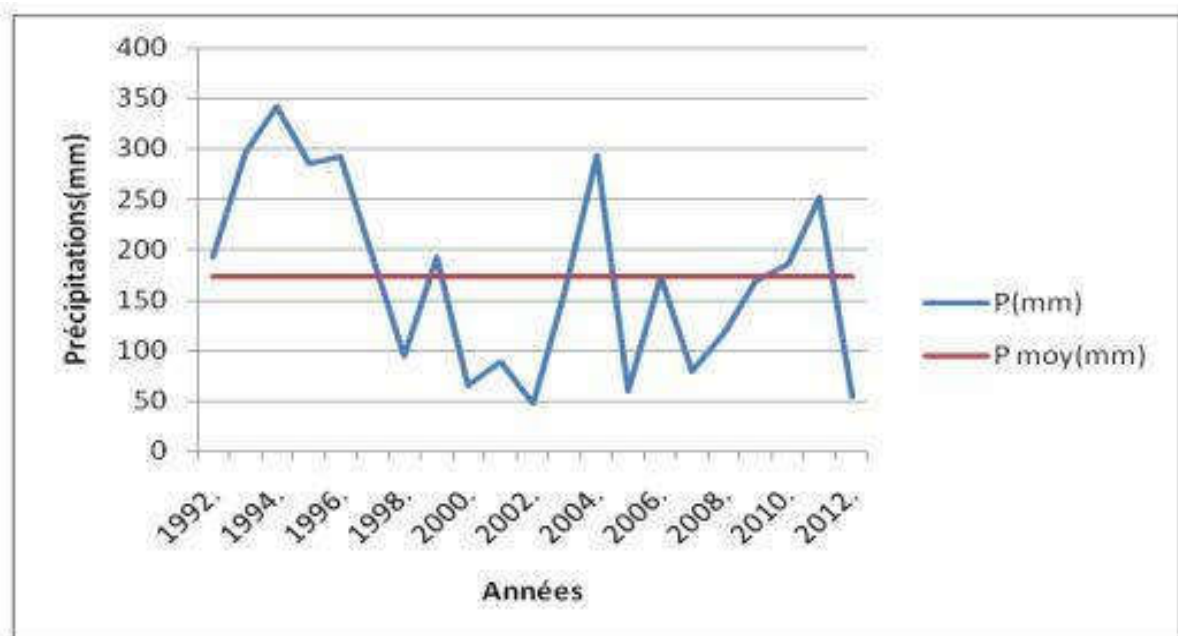


Figure n°39 : Variations interannuelles des précipitations. Station de Biskra (1992-2012)

1. Etude de température

La température est le second facteur, après la précipitation qui conditionne le climat d'une région. Elle permet aussi d'estimer le déficit d'écoulement. La température moyenne annuelle est de 22.57°C. Le tableau (10) donne les températures moyennes mensuelles, pour une période de 21 ans (1992-2012)

On note que la température moyenne mensuelle, la plus élevée, est celle du mois de Juillet (34.59°C) alors que la température, la plus basse est celle du mois de janvier (11.65°C) (Fig^o 12).

A partir du tableau(08), les variations des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales, représentées dans la figure (13), montrent en général que le mois de Janvier est le mois le plus froid, avec une température de 6 .89°C, et que les mois de Juillet et Août sont les plus chauds ,avec une température allant de 40.94°C et 40.07°C , respectivement.

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	août	sept	Oct	nov	déc	Moyenne
T (°C)	11.6	13.3	17.1	20.8	26.4	31.5	34.5	34.1	28.8	23.3	16.4	12.4	22.5

Tableau n° 22 : Températures moyennes mensuelles (1992-2012)

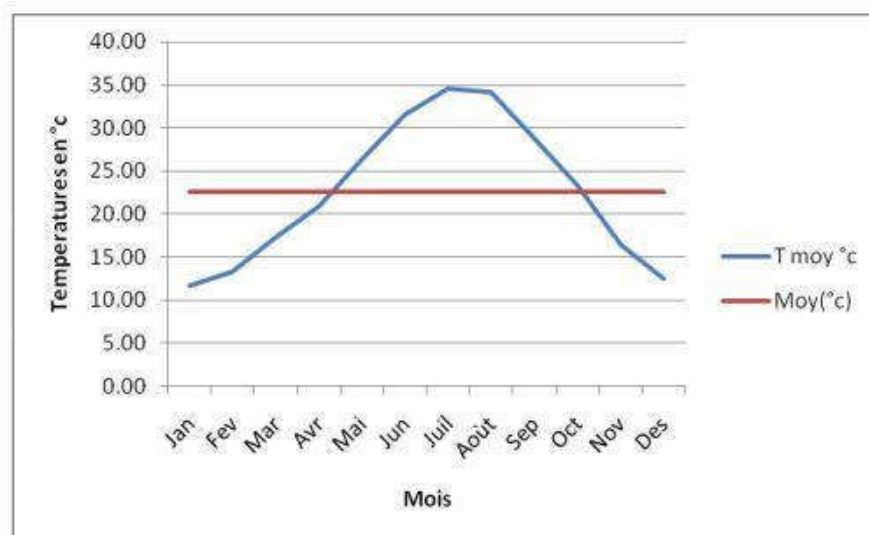


Figure n°39: Variation mensuelle des températures à la station de Biskra (1992/2012)

2. Le vent

Les vents sont fréquents et répartis sur toute l'année, avec des vitesses moyennes mensuelles de

4.31 m/s environ ; alors que les vitesses maximales sont enregistrées aux mois d'avril et mai (respectivement 5.71 et 5.35m/s).(Tableau n°10).

Durant la saison sèche, les vents dominants sont de secteur Sud-Est. En effet, durant cette période arrivent souvent des siroccos, d'une moyenne de 58 jours/an. (A.Haouchine, 2010) Pendant la saison hivernale, les vents du secteur Nord-Est sont dominants, amenant de l'humidité du Nord.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy. annuelle
Vitesse moyenne (m/s)	4,0	4,4	4,8	5,7	5,3	4,2	3,8	3,5	3,9	3,5	3,9	4,0	4,3

Tableau n°23: Vitesses moyennes des vents, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

3. L'humidité relative

Ce paramètre est relativement faible dans la zone d'étude ; la moyenne est de 42.14%. Cette faible valeur s'explique par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du Sahara. Les valeurs moyennes mensuelles sont insérées dans le tableau n°(11), ci-dessous.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy.ann
Hum.relat (%)	58,1	49,4	42,3	38,8	33,8	28,2	25,7	28,7	39,9	46,6	54,4	59,4	42,1

Tableau n°24: Humidités relatives moyennes, enregistrées à la station de Biskra (1992-2012).

4. Etude des débits

Les données, que nous disposons, sont malheureusement très limitées, cela est dû au manque des relevés hydrométriques, notamment sur l'oued Biskra, à la confluence des deux oueds (oued El Hai et oued Djemourah), nécessaires à toute étude hydrologique.

4.1. Débits annuels

Les valeurs des débits moyens annuels, relevées sont présentées au tableau ci-dessous

Stations	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
El Kantara	0.576	0.736	0.139	0.312	0.183	0.357	0.416	0.373	0.064	0.156
Djemourah	0.271	0.389	0.134	0.30	0.208	0.522	0.30	0.241	0.041	0.205
Stations	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Moyenne			
El Kantara	0.355	0.317	0.44	0.337	0.009	0.175	0.33			
Djemourah	0.264	0.28	0.275	0.119	0.083	0.22	0.26			

Tableau n° 25: Débits moyens annuels (en m³/s), période (1980-1995)

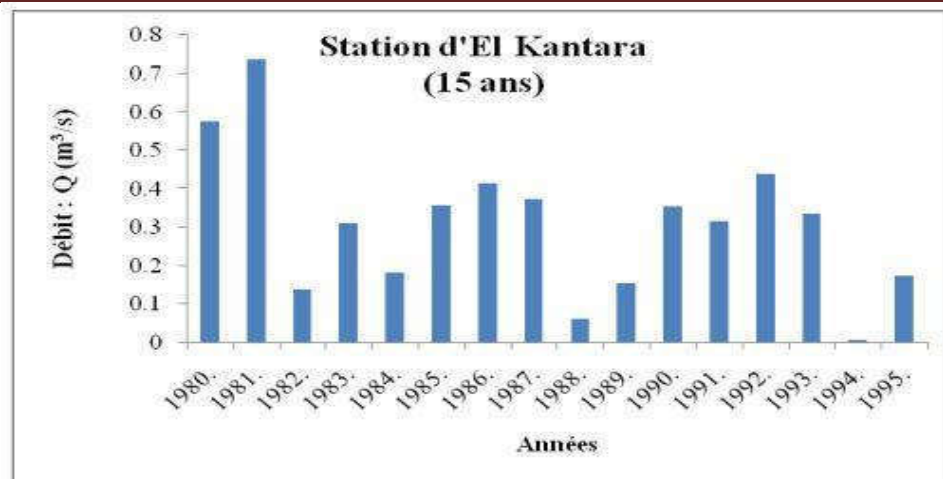


Figure n° 40: Débits moyens annuels de l'oued El Hai (1980-1995)

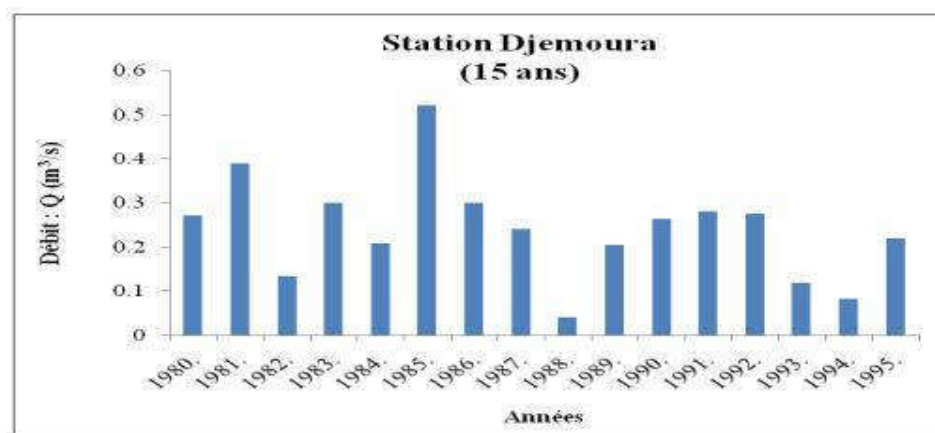


Figure n° 41: Débits moyens annuels de l'oued Djemourah (1980-1995).

Les figures n°(40,41) montrent que l'évolution des débits moyens annuels, dans les deux stations (El Kantara et Djemourah) est très irrégulière, en effet :

- A la station d'El Kantara, le maximum de débit moyen annuel est de 0.73 m³/s, enregistré durant l'année 1981 et le minimum est de 0.009 m³/s, relevé en 1994, pour une moyenne de 0.33 m³/s.

- A la station de Djemourah, la valeur maximale du débit moyen annuel est de 0.522 m³/s, enregistrée en 1985 et le minimum est de 0.041 m³/s qui correspondent à l'année 1988. La moyenne des débits annuels est de 0.26 m³/s.

4.2. Débits mensuels

Les moyennes mensuelles des débits, enregistrées dans les deux stations sont données au tableau n° (26)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
El Kantara	0.78	0.301	0.38	0.16	0.08	0.28	0.45	0.35	0.12	0.14	0.1	0.04
Djemourah	0.32	0.285	0.28	0.2	0.17	0.42	0.47	0.23	0.18	0.085	0.04	0.05

Tableau n° 26: Débits moyens mensuels (m³/s), période (1980-1995)

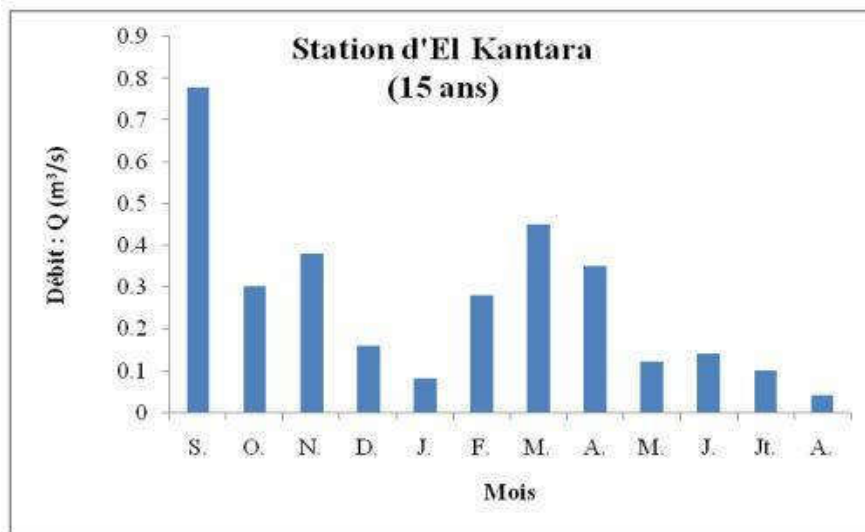


Figure n° 42: Débits moyens mensuels de l'oued El Hai (1980/1995)

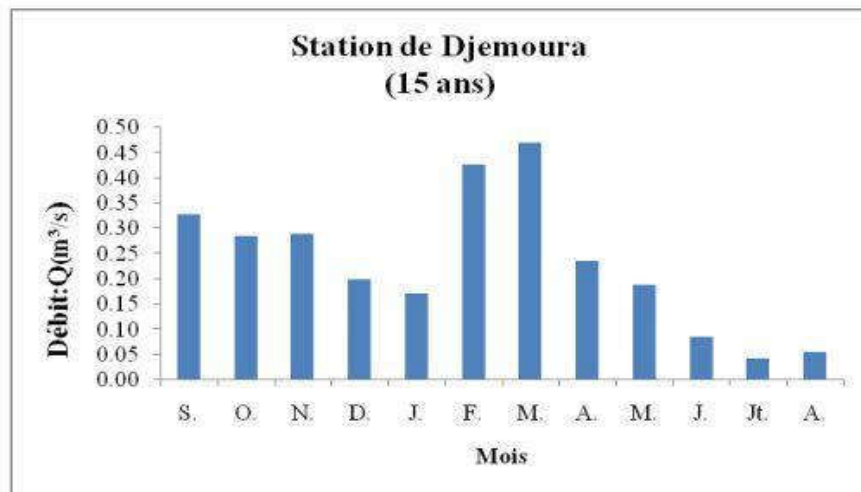


Figure n° 43 : Débits moyens mensuels de l'oued Djemourah (1980/1995)

Le débit moyen mensuel se caractérise par un minimum correspondant au mois de juillet (0,042 m³/s), pour le sous bassin de l'oued Djemourah et au mois d'août (0,04 m³/s), pour le sous bassin de l'oued El Hai, alors que le maximum est enregistré en mois de Septembre (0,78 m³/s), pour oued El Hai et en mois de Mars (0,471 m³/s), pour oued Djemourah.

5. Etude de crue

Le but de cette partie est de déterminer le débit de crue centennale probable sur le bassin versant de l'oued Biskra. Afin de calculé le débit de crue il faut d'abord calculer le temps de concentration. Pour ce faire, nous avons adopté les méthodes convenables.

4.2. Estimation du temps de concentration

Le temps de concentration est important car il traduit le comportement du bassin versant lors de précipitations. Il est défini comme le temps mis par une goutte d'eau tombée à l'extrémité du bassin versant pour rejoindre l'exutoire. Afin d'estimer ce paramètre, nous nous proposons d'adopter les valeurs de T_c calculées par la formule Giandotti, formule très recommandée et généralement adoptée dans le cadre des études des bassins algériens.

Giandotti :

$$T_c = \frac{1,5L + 4\sqrt{A}}{0,8\sqrt{H}}$$

L : la longueur du plus long thalweg ;

I : la pente moyenne et A l'aire du bassin versant ;

H : Différence entre l'altitude moyenne et celle de l'exutoire.

Sous bassin Versant	Giandotti
El Hai	14,9
Djemourah	11,8
Biskra.compl	7,6

Tableau 27 Temps de concentration des trois bassins versants.

4.3. Estimation de débit de la crue :

Dans cette étude le débit de la crue centennial qu'est égal au 2500 (m^3/s), a été estimé de la part du bureau d'études : National de l'Eau et l'Environnement (NEE). Ce dernier s'appuie dans l'estimation de ce paramètre sur la méthode du Soil Conservation Service (SCS) qui a été appliquée et calée en région méditerranéenne sur des bassins jaugés, et elle a donné des résultats assez proches de la réalité. Son principe est le même que celui de l'hydrogramme unitaire.

Et pour une meilleure estimation de ce débit, le NEE a pris un des cas les plus défavorable qui est les trois bassins versant sont au débit centennale a la fois,

Méthode de SCS :

On suppose qu'un épisode pluvieux de temps T engendre un ruissellement de même période. L'hydrogramme élémentaire, généré par la pluie élémentaire tombée pendant un pas de temps D, est supposé triangulaire, avec : $1/3 T_c < D < 2/3 T_c$

Il est caractérisé par :

Son débit de pointe : QP

Son temps de montée : $T_p = D/2 + 0,6 T_c$

Son temps de descente : $T_d = 1,67 T_p$

Son temps de base : $T_b = T_p + T_d$

La pluie de durée 6D (P6D) est décomposée en un hyétogramme moyen défavorable composé de 6 pluies élémentaires :

$$P1=0.08 P6D ; P4=0.49P6D$$

$$P2=0.09P6D ; P5=0.15P6D$$

$$P3=0.11P6D ; P6=0.08P6D$$

La lame d'eau ruisselée, LR, est donnée en fonction de la pluie P par une équation du type :

$$LR = f(P, S); LR = (P-0.2 S)^2 / (P+0.8 S)$$

P: pluie cumulée (mm) fonction du temps t

S: déficit d'écoulement maximal théorique (mm): $S=S_0+S_1 t$

S₀ : seuil de ruissellement (mm),

S₁ : est assimilable à une vitesse d'infiltration (mm/h),

t : temps en heures

La résolution de $LR = f(P)$ donne, pour une valeur de S égale à S_{max} à $t=6D$, une courbe dite courbe de ruissellement identifiée par son numéro CN (curve number) variable entre 0 et 100 :

$$S_{max} = 25.4 (1000-10CN) / CN, \text{ pour } t=6D$$

L'évolution du déficit d'écoulement au cours de l'averse est obtenue après identification de S_{max} par : $S_0=0.2 S_{max}$, $S_1=(S_{max}-S_0)/6D$

Le volume ruisselé de chaque hydrogramme élémentaire est

Le volume ruisselé élémentaire est donc : $V_r = L_r \times A$; A : surface du bassin versant

$$\text{Et } V_r = (Q_p \times T_b) / 2$$

Cette équation permet de déterminer Q_p, débit de pointe de l'hydrogramme élémentaire

L'application de la méthode SCS a donné les résultats suivants :

Durée de l'averse 6D (h)	18							24							36				
	2	5	10	20	50	100	2	5	10	20	50	100	2	5	10	20	50	100	
Période de retour (ans)	25,3	38,1	46,5	54,6	65	73	35,9	51,9	62,5	72,6	85,7	95,6	38,7	51,2	59,5	67,5	77,8	85,5	
Pluie de durée 6D (mm)	0,1	2,1	4,6	7,6	12,3	16,4	6,2	15,0	21,9	29,1	39,0	46,9	7,6	14,6	19,9	25,4	33,0	38,9	
Lame ruisselée (mm)	0,02	0,38	0,82	1,36	2,20	2,93	6,43	15,49	22,66	30,10	40,41	48,59	14,16	27,23	37,19	47,49	61,64	72,80	
Débit de pointe (m ³ /s)	0,7	13,1	28,1	46,7	75,4	100,6	147,5	355,5	520,1	690,9	927,7	1115,5	246,6	474,2	647,7	827,1	1073,5	1267,9	

Tableau 28 : Tableau récapitulatif des résultats de la méthode de SCS

Dans notre cas on somme les débits des 03 bassins versants pour la période de retour centennal (1/100 an) et on trouve finalement le débit de crue de notre période qui est 2480 m³/s.

Conclusion :

Dans la seconde partie on s'intéressera à l'étude hydrologique proprement dite, qui sera fondée sur le traitement statistique des données hydrométriques. Elle mettra en lumière les aspects fondamentaux de l'écoulement annuel, mensuel, extrême et une étude des transports solides.

CHAPITRE V :

ETUDE PRATIQUE

1. Introduction

Concernant la solution du problème de l'inondation, qu'il sera résulte probablement a une crue centennale au milieu du tissu urbain (oued Biskra), on a adopté une protection par rideau de palplanche dont il assurera la protection de la ville de Biskra contre l'inondation (points inondables) et le soutien de la double voie front d'oued Biskra, dans une linéaire de 2600 ml qui englobe les quatre ponts de la ville, sachant que l'oued Biskra est protégé par gabionnage qui est normalement utilisé dans les zones agricole ou a l'extérieure de la ville.

Dans ce chapitre nous allons voir d'abord comment calculer la hauteur d'eau 'H' qui résulte de débit extrême d'une crue centennale puis en le comparent avec la hauteur 'Z' de la rive droite de l'oued Biskra pour qu'on puisse déterminer les points inondables de ce dernier.

Enfin, le calcul concernant le rideau de palplanche en utilisant la méthode de **Blum** dépendra les deux paramètres précédents 'H' et 'Z', ce calcul nous a fourni le type et la nature du profiler de la palplanche.

2. Données géométriques de l'oued Biskra

Le tableau ci-après donne, dans des différents point kilométrique "PK" de l'oued, les cotes de fond d'oued, suivant le sens de l'écoulement, ainsi que les pentes entre les points kilométriques pour pouvoir comparer à la fin les hauteurs d'eau obtenue par rapport à ces cotes.

Tableau n°29 : Les cotes et les pentes entre les sections de l'oued Biskra (Etude sur l'oued Biskra de la **DRE 2014**)

Distances	Cotes Axe Oued	Pente Oued
7500	115,2	0,0050
7300	114,2	0,0085
7100	112,5	0,0050
6900	111,5	0,0125
6700	109	0,0035
6500	108,3	0,0115
6300	106	0,0100
6100	104	0,0065
5900	102,7	0,0060
5700	101,5	0,0050
5500	100,5	0,0050
5300	99,5	0,0065
5100	98,2	0,0110
4900	96	0,0185
4700	92,3	0,0196

2.1. Calcul de la hauteur d'eau "H"

Le calcul hydraulique, consiste à déterminer la hauteur d'eau "H" à l'intérieur de l'oued en fonction du débit extrême de $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ d'une crue centennale (période de retour 1/100 ans), et des paramètres géométriques de l'oued Biskra (la pente, la largeur d'oued). Ce calcul se fait en fonction de la formule de Manning Strickler qui est utilisé souvent dans le calcul des écoulements à surface libre.

Sachant que la surface et le rayon hydraulique sont en fonction de la largeur et de la hauteur d'eau, on détermine la hauteur d'eau max en faisant varier ce dernier "H" de telle façon à ce que le débit ne dépasse pas le volume $2500 \text{ m}^3/\text{s}$, on obtient de cette manière les

hauteurs maximales de l'eau généré par le débit de crue centennale (**voir Tableau n° 29**), par la suite on le compare aux hauteurs de la rive droite "Z", c'est pour pouvoir détecter les zones inondables (**voir Tableau n° 30**).

$$Q = K \cdot S \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(4)$$

Avec :

- Q : Débit d'écoulement ;
- K : Coefficient de rugosité égale à K = 40 ;
- R : Rayon hydraulique R=S/P ;
- I : Pente du fil d'eau ;
- S : Surface d'écoulement ;
- P : Périmètre mouillé p=b+2h ;

D'après la formule n°04 en extraire la formule de H suivante :

$$H_{i+1} = \left(\frac{Q}{Kb\sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} \left(\frac{b+2h}{b} \right)^{\frac{2}{5}} \dots\dots\dots(5)$$

Cette formule va résoudre avec itérations en prend comme démarrage

$$H_o = \left(\frac{Q}{Kb\sqrt{I}} \right)$$

Après quelques itérations

2.2. Revanche

Par rapport au tirant d'eau il convient d'ajouter une revanche pour éviter les risques de débordement. Pour notre cas on prend directement une revanche de 0.7 m, qui a été utilisé dans presque toutes les études faites sur l'oued Biskra, surtout par l'NEE.

La formule utilisé dans cet étude pour calculer la revanche "R" est la suivante :

$$R = 0.6m + 0.05V\sqrt[3]{h}$$

Avec :

R : La revanche à adopter.

V : Vitesse d'écoulement dans le canal.

h : Hauteur d'eau dans le canal.

m : la ponte

Distance	Q : débit	n : coefficient de régosité	K : coefficient de strickler	I : pente entre les deux sections m/m	B : largeur d'oued	S : section mouiller d'oued	P : périmetre mouiller d'oued	Rh : rayan hydraulique	H : hauteur d'eau	R : revanche	H+R
Pont n°01											
7500	2500,70	0,025	40	0,005	377,58	631,31	380,92	1,66	1,67	0,7	2,4
7300	2500,69	0,025	40	0,0085	290,3	485,18	293,64	1,65	1,67	0,7	2,4
7100	2500,18	0,025	40	0,005	296,74	574,19	300,61	1,91	1,94	0,7	2,6
6900	2500,12	0,025	40	0,0125	297,27	435,95	300,20	1,45	1,47	0,7	2,2
6700	2500,72	0,025	40	0,0035	317,92	656,98	322,05	2,04	2,07	0,7	2,8
Pont n°02 Busé											
6700	2500,72	0,025	40	0,0035	317,92	656,98	322,05	2,04	2,07	0,7	2,8
6500	2500,49	0,025	40	0,0115	291,79	443,81	294,83	1,51	1,52	0,7	2,2
6300	2500,86	0,025	40	0,01	286,58	459,67	289,79	1,59	1,60	0,7	2,3
6100	2500,07	0,025	40	0,0065	311,16	540,48	314,63	1,72	1,74	0,7	2,4
Pont n°03											
6100	2500,07	0,025	40	0,0065	311,16	540,48	314,63	1,72	1,74	0,7	2,4
5900	2500,66	0,025	40	0,006	290,38	538,95	294,09	1,83	1,86	0,7	2,6
5700	2500,73	0,025	40	0,005	301,53	577,88	305,36	1,89	1,92	0,7	2,6
5500	2500,43	0,025	40	0,005	332,76	600,63	336,37	1,79	1,81	0,7	2,5
5300	2500,02	0,025	40	0,0065	364,73	575,36	367,89	1,56	1,58	0,7	2,3
5100	2500,43	0,025	40	0,011	345,29	480,64	348,07	1,38	1,39	0,7	2,1
4900	2500,18	0,025	40	0,0185	338,61	407,86	341,02	1,20	1,20	0,7	1,9
Pont n°04 Busé											

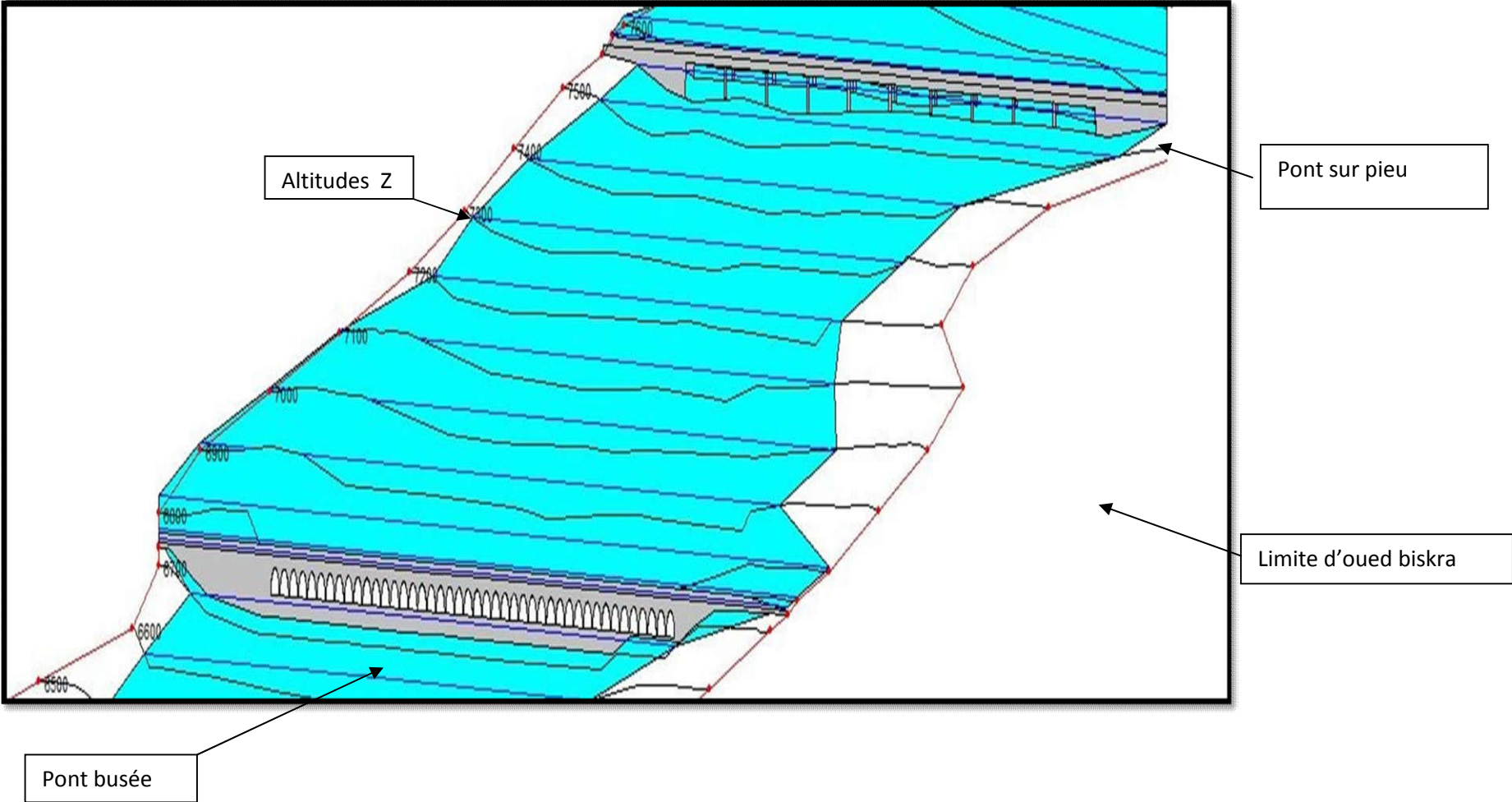
Tableau n° 30: Calcul De La Hauteur D'eau

Tableau n°31 : vérification des points inondables ‘‘Z-H’’

Distances	Cote Axe Oued	Cote rive Droite	Hauteur rive droite "Z"	Profondeur d'eau "H"	Points d'inondations Z-H
7500	115,2	119,4	4,2	2,4	1,8
7300	114,2	115,8	1,6	2,4	-0,8
7100	112,5	116,9	4,4	2,6	1,8
6900	111,5	114,9	3,4	2,2	1,2
6700	109	114	5,0	2,4	2,6
6500	108,3	122	13,7	2,2	11,5
6300	106	112	6,0	2,3	3,7
6100	104	111,5	7,5	2,4	5,1
5900	102,7	107,7	5,0	2,6	2,4
5700	101,5	105	3,5	2,6	0,9
5500	100,5	103,5	3,0	2,5	0,5
5300	99,5	102,5	3,0	2,3	0,7
5100	98,2	100,5	2,3	2,1	0,2
4900	96	99,5	3,5	1,9	1,6

Après la comparaison des profondeurs d'eau ‘‘H’’ et les hauteurs de rive droite de l'oued (la différence Z-H), on a constaté qu'il y a des points où la profondeur d'eau est plus grande que les hauteurs de la rive droite (coté ville), c'est ce qui explique le débordement d'eau dans ces zones, précisément aux points kilométriques : le premier point PK 7300 c'est juste avant le premier pont busé, le deuxième point PK 5100 aussi c'est juste avant le dernier pont busé. Et les autres points sont les zones de risque d'inondation sur la ville de Biskra.

Donc on constate que, le gros problème de la ville de Biskra c'est les ponts busés, notamment le premier pont busé (PK 7300) après le nouveau pont sur pieux. La somme de la section mouillée des ouvertures du pont busé est moins que la section mouillée de l'oued, ce qui explique le débordement d'eau dans cette zone.



3. Buts d'un soutènement par un rideau de palplanche

- Protection des berges et Ecrans acoustiques.
- Soutènement des terres et Rideau d'étanchéité.
- Confinement de sites à risque.
- Blindage (rideau de coffrage).

4. Les différents types des rideaux de palplanches

Tableau n°32 : Tableau synthétique et comparatif des types de palplanches

Tableau synthétique et comparatif des types de palplanches					
Types	Bois	Béton armé	Acier	PVC	Fibre de verre
Terrains	<ul style="list-style-type: none"> Sols pulvérulents et argileux 	<ul style="list-style-type: none"> Sols pulvérulents et argileux 	<ul style="list-style-type: none"> Schiste, calcaire, argiles et pulvérulents 	<ul style="list-style-type: none"> Schiste, calcaire, argiles et pulvérulents 	<ul style="list-style-type: none"> Schiste, calcaire, argiles et pulvérulents
Domaines d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> Batardeau Quai d'accostage 	<ul style="list-style-type: none"> Employé avant l'utilisation des palplanches en acier 	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation d'ouvrage en site aquatique ou en présence d'eau. Tous types d'ouvrages (batardeau, blindage, murs soutènements, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation d'ouvrage en site aquatique ou en présence d'eau. Principalement quai d'accostage et protection de berge 	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation d'ouvrage en site aquatique ou en présence d'eau. Principalement quai d'accostage et protection de berge
Profils	<ul style="list-style-type: none"> Trapézoïdale. Rectangulaire 	<ul style="list-style-type: none"> Rectangulaire 	<ul style="list-style-type: none"> U, Z, plat, Mixte, Caisson, HZ 	<ul style="list-style-type: none"> U, Z, plat. 	<ul style="list-style-type: none"> U, Z, plat.
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Economique Esthétique Elasticité Réparation 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance 	<ul style="list-style-type: none"> Solidité Durabilité Elasticité Facilité, mise en œuvre Rapidité 100% recyclable 	<ul style="list-style-type: none"> Très bonne résistance Esthétique Durabilité 100% recyclable Résistance à l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> Haute résistance Esthétique Durabilité 100% recyclable Résistance à l'environnement
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Durabilité Résistance à l'environnement Résistance 	<ul style="list-style-type: none"> Fissuration lors du battage Faible étanchéité Poids important Non réutilisable 	<ul style="list-style-type: none"> Coût Corrosion Nuisances sonores à la mise en place 	<ul style="list-style-type: none"> Fluctuation du cours du PVC → augmentation des coûts de production Nuisances sonores à la mise en place 	<ul style="list-style-type: none"> Coût. Nuisances sonores à la mise en place
Longévité	<ul style="list-style-type: none"> Trentaine d'années sans traitement 	<ul style="list-style-type: none"> 50 ans 	<ul style="list-style-type: none"> De 50 à 100 ans en fonction de l'environnement et du traitement anticorrosion. 	<ul style="list-style-type: none"> + /- 50 ans 	<ul style="list-style-type: none"> +/- 70 ans
Solutions de traitement	<ul style="list-style-type: none"> Application préventives ou curatives de substance active 	<ul style="list-style-type: none"> Béton haute performance 	<ul style="list-style-type: none"> Contre corrosion (revêtements, protection cathodique, sur épaisseur) 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune connue 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune connue
Principaux fabricants	<ul style="list-style-type: none"> Aucun spécialisés dans les palplanches 	<ul style="list-style-type: none"> Aucun 	<ul style="list-style-type: none"> ArcelorMittal Larssen Altifer Sacilor Delmag France 	<ul style="list-style-type: none"> Altifer. 	<ul style="list-style-type: none"> Altifer, Jlinternational.

5. Les différents profilés des palplanches

5.1. Rideaux mixtes (Rideau à fort module type HZ/AZ)

Les rideaux mixtes HZ/AZ est l'assemblage de profilés en Z et d'HEB forme un rideau mixte. Les profilés en H sont utilisés comme éléments porteurs et les palplanches intermédiaires AZ utilisées comme éléments intercalaires. Ce type d'assemblage permet non seulement de reprendre aux efforts de poussée des terres et hydrostatiques, mais aussi de reprendre a une charge verticale importante.



Figure n° 44: Image pour des rideaux de palplanche type HZ/AZ

5.1.1. Caractéristiques d'un rideau type HZ/AZ

Rideau de soutènement à haute résistance constitués d'élément en acier assemblés par l'enclenchement de serrures et ayant la même géométrie. Les éléments peuvent être composés de profils reconstitués, afin d'obtenir un module de résistance élevé.

5.2. Les palplanches plates

Ces palplanches trouvent leur utilité dans la stabilité des terres telles que le blindage des fouilles, la réalisation de rideaux cylindriques ou la mise en place de rideaux de grande profondeur. De plus, ces palplanches sont très utilisées dans le cas de terrain où l'ancrage est rendu difficile par la présence de roche. Elles sont utilisées principalement pour reprendre aux efforts de traction horizontale de l'âme.

5.3. Les rideaux mixtes tubes ou en caisson

L'assemblage de deux profilés de palplanches ou l'assemblage de palplanches et de tubes, donne un rideau mixte qui résiste à la haute pression donc aux hautes profondeurs. Les tubes en caissons constituent les éléments principaux qui reprennent les efforts horizontaux mais aussi les charges verticales de structure. Les palplanches intercalaires permettent de transmettre les efforts horizontaux de la poussée des terres et hydrostatique aux tubes ou aux caissons.

6. Système de raccord

Un système de raccord au niveau des angles est nécessaire bien que les palplanches admettent un degré de rotation lors de leur mise en place. Il existe principalement quatre clefs de fermeture qui s'utilisent en fonction du degré de l'angle ou de la position des palplanches pour la fermeture à savoir, Dos/Dos, Ventre/Dos ou Dos/Ventre ou Ventre/ventre. Il peut arriver que dans certains cas aucune clef de fermeture ne soit utilisée, l'utilisation d'une palplanche coupée sur toute une longueur qui sera soudée directement sur le rideau permettra sa fermeture, c'est une technique moins onéreuse mais généralement plus longue [SALIM AID].

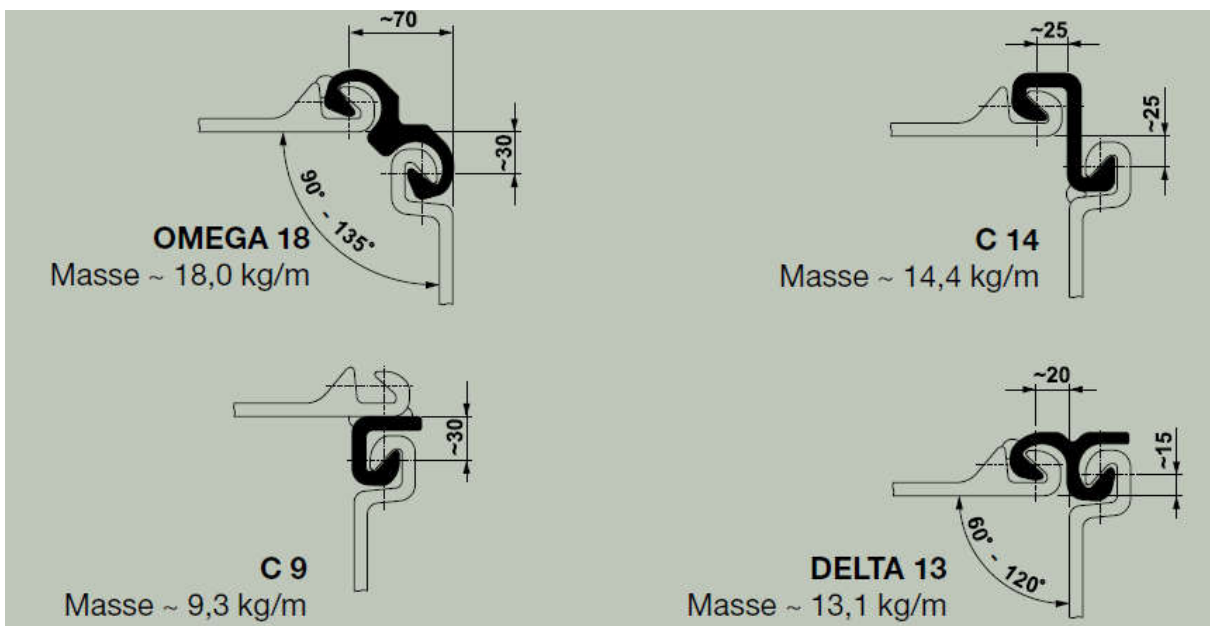


Figure n° 45 : Schéma pour les différents types de raccords.

7. Etude pratique

La base du calcul d'un rideau de palplanches fait appel à des notions de poussées et butées, relatives aux articles de mécanique des sols consultables dans l'article [C242] Ouvrages de soutènement poussée et butée.

Les calculs peuvent être traités par méthode analytique ou graphique suivant les méthodes classiques de la loi de **Coulomb** ou de la méthode de **Blum**. D'autres méthodes de calcul faisant appel aux notions élastoplastiques se traite par des programmes de calcul sur ordinateur qui font intervenir les modules de réaction (Rido, Talren, Denebola (Graitec), A.Mretain), ces méthodes sont en général utilisées par les bureaux d'études spécialisées dans le dimensionnement de palplanches car elles offrent des résultats plus précis qui diminuent les risques de sous dimensionnement.

Avant de mener à bien une étude de dimensionnement d'un rideau de palplanches, il est important de prendre en compte les données suivantes :

- Caractéristiques des sols,
- Coupes géotechniques,
- Les niveaux d'eau,
- Les surcharges,
- Les différentes cas d'application des efforts pendant et après la construction,
- Les effets dus aux variations de niveau d'eau de part et d'autre du rideau,
- les résultats d'essais géotechniques (pénétromètre, pressiomètre, essai Proctor),
- Les affouillements 10 éventuels.

L'objectif du dimensionnement du rideau est de déterminer la fiche nécessaire aux palplanches ainsi que le module d'inertie nécessaire qui permettront le choix du type de profilé.

La vérification d'un rideau de palplanches peut se faire par de nombreuses méthodes qui dépendent généralement du type de rideau (batardeau, rideaux doubles, gabion, rideau simple). Cette synthèse ne nous permet pas de développer toutes ces méthodes (méthodes de Terzaghi, Cummings, Schebili, Kilajima, Brinch, Hansen) qui ont donné lieu à d'importants ouvrages littéraires dans lesquels on peut retrouver les détails de ces méthodes. Cependant, dans l'objectif de donner une approche d'un calcul de dimensionnement de palplanches nous avons choisi de développer partiellement la méthode analytique de Blum.

8. Méthode de calcul des palplanches

Les calculs peuvent être traités par méthode analytique ou graphique suivant les méthodes classiques de la loi de Coulomb ou de la méthode de Blum.

8.1. La méthode analytique de Blum ou de la poutre équivalente

Cette méthode s'applique dans le cas de sols pulvérulents, lorsque la fiche de la palplanche est suffisamment importante pour que le rideau soit complètement encastré.

8.2. Présentation du modèle de Blum

Cette méthode permet d'analyser l'effet de l'allongement de la fiche sur la répartition de la pression des terres, du moment et du déplacement de l'écran. Blum remarque ainsi qu'un très grand allongement de la fiche ne produit pas d'augmentation significative de l'encastrement et estime que la longueur optimale d'encastrement est celle pour laquelle la tangente à la déformée en pied passe par le point d'ancrage. Et propose dans cette méthode, de simplifier les calculs en prenant pour hypothèse une force localisée passant par le centre de rotation qui représenterait les efforts de contrebutée.

Cette hypothèse est compensée par une majoration de la fiche déterminée notée « f_0 » de 20% soit la fiche totale notée « f » : $f = f_0 \times 1,2$

Le problème ainsi posé possède 3 inconnues : la force d'ancrage notée « T », la longueur de la fiche f_0 et la résultante de contre butée « R ».

8.3. Principe de la poutre équivalente

« Blum » admet que dans un rideau, le point de moment nul « I » et de pression des terres nulles « ε » sont voisins ; il propose de les confondre, cette méthode s'appelle « la méthode de la poutre équivalente » de la méthode de Blum.

8.4. Choix d'une palplanche et vérification

Le choix de la palplanche sera déterminé par la valeur du moment maximal que doit reprendre cette palplanche tel que : $M_{\max} \leq M_{\text{résistantes palplanches}}$

Avec :
$$\frac{I}{V} = \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \text{ et } \sigma_{adm} = \frac{2}{3} \sigma_e$$

Où σ_e est la limite élastique de l'acier (la nuance d'acier en MPa). La détermination d' I/V mini ou W_{el} (moment d'inertie) permet de choisir une palplanche. La méthode de Blum est une méthode qui se base sur des hypothèses nombreuses ce qui en fait une méthode approximative. Cependant, elle permet de comprendre le dimensionnement de la fiche et du type de palplanche pour un rideau de palplanche, voilà pourquoi nous avons choisi de présenter cette méthode de dimensionnement.

8.5. Donnée de sol de fondation

Pour le calcul de la portance du sol, on a les données (Etude géotechnique de **PLTP SUD 2014**) qui suivent : (TVO et enrochement) :

Le poids volumique des enrochements émergé $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$.

- Le poids volumique des enrochements immergé $\gamma' = 1,1 \text{ t/m}^3$.
- L'angle de frottement interne des enrochements $\phi = 30^\circ$.
- La cohésion $C = 0,00 \text{ t/m}^2$
-

Ces valeurs sont valables aussi bien pour le cas statique que pour le cas dynamique.

- L'accélération de la gravitation $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- L'accélération sismique horizontale : $a_h = k_h \times g$.
- L'accélération sismique verticale : $a_v = k_v \times g$.

La ville de Biskra est située dans la zone III, (d'après le RPOA version 2008, Règlement Parasismique des ouvrages d'art),

Pour le calcul, la couche qui se trouve de la cote 0.00 à -03 m a les caractéristiques suivantes :

$\varphi = 30^\circ$, $C = 0 \text{ (t/m}^2\text{)}$, $\gamma = 1.1 \text{ t/m}^3$.

8.6. Dimensionnements des palplanches

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \eta)}{\cos^2 \eta \cos(\eta + \delta) \left[1 + \left\{ \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\eta + \delta) \cos(\eta - \beta)} \right\}^{1/2} \right]^2} \dots \dots \dots (7)$$

$$k_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \dots \dots \dots (8)$$

K_a : coefficient de butée

k_p : coefficient de pause

Pour $\varphi = 30^\circ$ et $C = 0^\circ$, $K_A = 0.367$ (du tableau des valeurs de K_A pour $\Omega = 0$)

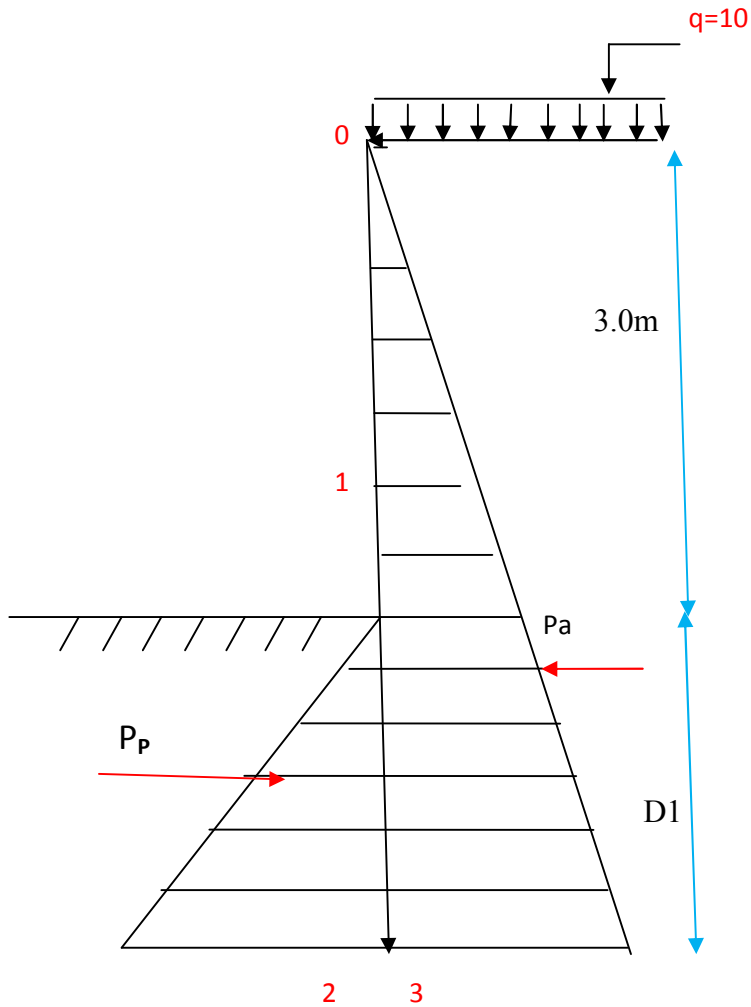


Figure n°46 : Diagramme des contraintes agissant sur la palplanche

8.6.1. Détermination des terres.

- Calcul les contraintes

$$\sigma_{A1} = 0 \times \frac{1}{3} = 0 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{A2} = [18(3+D_1)] \times \frac{1}{3} = (18 + 6D_1) \text{ (kPa)}$$

$$\sigma_{P3} = 0 \times 2 = 36 D_1 \text{ (kPa)}$$

$$\sigma_{P3} = q \times \frac{1}{2} \times 1 \text{ (kPa)}$$

$$\sigma_{P3} = 5 \text{ (kPa)}$$

8.6.2. Calcul des fors buttée et pausée

$$P_A = (18 + 6D_1)(D_1 + 3) \times 0.5 = (3D_1^2 + 18D_1 + 27) \text{ k N /m.l.}$$

$$P_p = (36D_1)(D_1) \times 0.5 = (18D_1^2) \text{ k N /m.l.}$$

8.6.3. Somme des moments autour O $\Sigma O = \text{zéro}$

$$\Sigma M_O = P_A \times \frac{(3+D_1)}{3} - (18D_1^2) \times \frac{D_1}{3} = 0$$

$$(3D_1^2 + 18D_1 + 27) \times \frac{(3+D_1)}{3} - 18D_1^2 \times \frac{D_1}{3} = 0$$

$$D_1^3 + 3D_1^2 + 6D_1^2 + 18D_1 + 9D_1 + 27 - 6D_1^3 = 0$$

$$-5D_1^3 + 9D_1^2 + 27D_1 + 27 = 0$$

$$D_1 = 3.671 \text{ m}$$

$$D = 1.2D_1 \approx 5.40 \text{ m}$$

D : c'est la hotteur total $D_1 + D'$

8.6.4. Détermination de la position ou $V = \text{zéro}$

$$P_A = P_p$$

$$3D'^2 + 18D' + 27 = 18D'^2$$

$$15D'^2 - 18D' - 27 = 0$$

$$D' = 1.07 \text{ m}$$

8.6.5. Calcul de M_{\max}

$$M_{\max} = (3D'^2 + 18D' + 27) \times \frac{(3+D')}{3} - 18D'^2 \times \frac{D'}{3}$$

$$M_{\max} = -5D'^3 + 9D'^2 + 27D' + 27$$

$$M_{\max} = -5(2.07)^3 + 9(2.07)^2 + 27(2.07) + 27$$

$$M_{\max} = 77.105 \text{ k N .m.m.l.}$$

8.6.6. Conception de la section de la palplanche

Pour un Acier A328,

$$f_y = 265 \text{ MPa}$$

$$S = \frac{M_{\max}}{0.7f_y} = \frac{77.105}{0.70 \times 265 \times 10^3} = 434.27 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$S = 434.27 \times 103 \text{ mm}^3$$

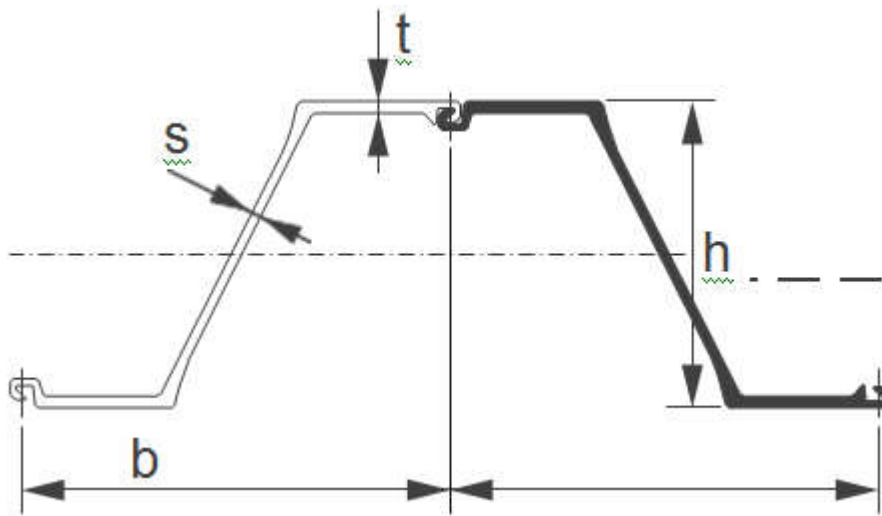


Figure n°47 : image représente la section de palplanche utilisée

D'après le tableau ci-dessus on utilise palplanche de type **AZ40-700N**

Tableau n°33 : propriété de type de palplanche AZ40-700N

Profil	Largeur	Hauteur	Epaisseur		Section	Masse		Moment D''inertie	Moment de flexion élastique	Moment statique	Module de flexion plastique	CLASSE						
	b	h	t	s		Palplanch simple	rideau					S 240 GP	S 270 GP	S 320 GP	S 355 GP	S 390 GP	S 430 GP	S 460 AP
	mm	mm	mm	mm	Cm ² /m	Kg/m	Kg/m ²	Cm ⁴ /m	Cm ³ /m	Cm ³ /m	Cm ³ /m							
AZ 12-770	770	344	8.5	8.5	120	72.6	94	21430	1245	740	1480	2	2	3	3	3	3	
AZ 12	770	344	9	9	126	76.1	99	22360	1300	775	1546	2	2	3	3	3	3	
AZ 12	770	345	9.5	9.5	132	79.5	103	23300	1355	805	1611	2	2	2	3	3	3	
AZ 14-770-10/10	770	345	10	10	137	82.9	108	24240	1405	840	1677	2	2	2	2	3	3	
AZ 17-700	700	420	8.5	8.5	133	73.1	104	36230	1730	1015	2027	2	2	2	2	2	3	
AZ 18-700	700	420	9	9	139	76.5	109	37800	1800	1060	2116	2	2	3	3	3	3	
AZ 19-700	700	421	9.5	9.5	146	80	114	39380	1870	1105	2206	2	2	3	3	3	3	
AZ 20-700	700	421	10	10	152	83.5	119	40960	1945	1150	2296	2	2	2	3	3	3	
AZ 24-700	700	459	11.2	11.2	174	95.7	137	55820	2430	1435	2867	2	2	2	2	3	3	
AZ 26-700-	700	460	12.2	12.2	187	102.9	147	59720	2600	1535	3070	2	2	2	2	2	3	
AZ 28-700	700	461	13.2	13.2	200	110	157	63620	2760	1635	3273	2	2	2	2	2	2	
AZ 36-700N	700	499	15	11.2	216	118.6	169	89610	3590	2055	4110	2	2	2	2	2	2	
AZ 38-700N	700	500	16	12.2	230	126.4	181	94840	3795	2180	4360	2	2	2	2	2	2	
AZ 40-700N	700	501	17	13.2	244	134.2	192	100080	3995	2305	4605	2	2	2	2	2	2	
AZ 42-700N	700	499	18	14	259	142.1	203	104930	4205	2425	4855	2	2	2	2	2	2	
AZ 44-700N	700	500	19	15	273	149.9	214	110150	4405	2550	5105	2	2	2	2	2	2	
AZ 46-700N	700	501	20	16	287	157.7	226	115370	4605	2675	5350	2	2	2	2	2	2	

Conclusion :

Pour le prédimensionnement des palplanches, nous retenus un moment maximal de 77,105 kn qui nous permet de choisir le rideau convenable de type ;-700.

Il faut mètre un mot (paragraphe) sur la nature (métallique ou bien ...) est les dimensions (la largeur) de la palplanche que vous avez choisi, et ajouté une figure de ce type de palplanche (AZ).

Conclusion

L'objectif de l'étude de l'oued à l'intérieur de la ville de Biskra est la délimitation des zones à risques d'inondation on utilisant les résultats de calcul hydrologiques, topographiques et hydraulique. On s'appuie sur un calcul manuel et en suivant ces étapes : le calcul de la hauteur "H" d'eau dans l'oued en fonction de débit de crue centennale de $2500 \text{ m}^3/\text{s}$. A partir de ce paramètre et les dimensions géométriques de l'oued, on a été pu calculer le rideau de palplanche avec leurs dimensions qui sont, la hauteur de la palplanche et de $(3\text{m}+1.5\text{m})$, la largeur et de 40 cm, la nature et en acier et enfin le type c'est AZ700. Tous ces résultats de la palplanche c'est pour résoudre le premier grand problème de l'inondation dans la ville de Biskra.

Le premier grand problème observé après le calcul, est le premier pont busé de la ville car il limite le débit véhiculé par l'oued à cause leur petite section mouillée (section de passage de l'eau à travers les buses constituent le pont). Donc c'est toute cette partie de la ville qui est sous risque d'inondation.

Et le second problème ; c'est que les dépôts des remblais et des déchets dans le lit d'oued ce qui empêche l'écoulement des débits extrêmes et par conséquent l'élévation de la hauteur d'eau qui induit à une inondation dans les points inondables détectés et en plus dans d'autres points inconnues a cause des hauteurs d'eau imprévisible fautes des dépôts sur le lit d'oued. Nous sommes sur que la solution la plus facile et efficace de ce petit problème, qui a un grand risque d'inondation, c'est bien que le nettoyage et le recalibrage de l'oued, et de réaliser une cunette dans l'axe d'oued c'est pour drainer les petits débits.

Conclusion :

Pour le prédimensionnement des palplanches, nous retenus un moment maximal de 77,105 kn qui nous permet de choisir le rideau convenable de type AZ40-700.

Conclusion générale :

A travers ce mémoire, nous avons essayé d'abord d'expliquer la notion du risque d'inondation en montrant qu'il est un concept binomial ; combinant en plus de l'aléa (le phénomène physique), la vulnérabilité qui est les conséquences dommageables de cet aléa sur les enjeux.

Nous nous sommes efforcés tout d'abord de caractériser les principaux facteurs physico-géographiques agissant sur l'écoulement, phase primordiale pour la connaissance d'un système hydrologique.

L'aménagement du bassin versant de la ville de BISKRA n'était pas un but en lui-même, on s'est contracté à un exemple simple d'aménagement afin de concrétiser la méthodologie de l'impact des interventions sur la réduction de risque, et de présenter les résultats de façon simple permettant aux différents acteurs de l'utiliser pour comparer les différents projets susceptibles d'être réalisés, cette méthodologie peut aussi présenter un outil de conviction au profit des projecteurs pour convaincre les décideur.

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

Cette recherche nous a amené à choisir un mur en palplanches afin de permettre, l'augmentation du soutènement et pour cela un calcul a été mené dans ce sens pour vérifier et dimensionner ce quai, on s'est appuyé sur la méthode de Blum « la méthode de la poutre équivalente » pour réaliser l'ensemble de calculs.

Après avoir arrêté tous les calculs primordiaux, pour le dimensionnement du rideau de palplanche, et retenir le type de palplanche adapté pour notre oued.

Enfin, on souhaite que ce mémoire, soit une modeste contribution pour la réalisation de l'étude.

Résumé

La situation géographique de la ville de Biskra, à la confluence de l'oued El Hai et l'oued Djemoura (l'oued Biskra), avec la présence de l'oued Z'mor et autres petits cours d'eau traversant la ville ; en cas de forte pluies, les débits de ces cours d'eau s'ajoutent les uns aux autres.

Le problème des inondations n'est pas une nouveauté, de tout temps l'homme a eu de bonnes raisons de s'installer dans des zones occasionnellement inondables, ou il avait un meilleur accès à la ressource en eau, à son potentiel énergétique et à la richesse agricole des sols concernés. La wilaya de BISKRA, abritant une population de plus de 685 391 habitants et sa banlieue sont confrontés continuellement aux inondations de l'oued SIDI ZARZOUR.

L'établissement d'une politique de lutte et de prévision contre cet aléa naturel, est une préoccupation pour les décideurs pour mieux gérer l'espace et orienter les différents programmes de développement en fonction de la vulnérabilité de la région à l'inondation.

ملخص

الوضع الجغرافي لمدينة بسكرة ، عند ملتقى الوادي الحي ووادي جمورة (وادي بيسكرة) ، مع وجود وادي زمور وغيرها من الجداول الصغيرة العابرة للمدينة . في حالة هطول أمطار غزيرة ، يتم إضافة تدفقات هذه المجاري المائية لبعضها البعض .

إن مشكلة الفيضانات ليست جديدة ، فقد كان لدى الإنسان دائماً سبب وجيه للاستقرار في المناطق التي غمرتها المياه في بعض الأحيان ، أو كان لديه قدرة أفضل على الوصول إلى الموارد المائية ، وإمكانيات طاقته وطاقاته. الثروة الزراعية للتربة المعنية. وتواجه ولاية بيسكرة ، التي تأوي سكاناً يزيد عددهم عن 681391 نسمة وضواحيها ، بشكل مستمر مع فيضانات وادي سيدي زرور

إن وضع سياسة للتحكم والتنبؤ ضد هذا الخطر الطبيعي ، هو مصدر قلق لصانعي القرار لإدارة المساحة بشكل أفضل ولتوجيه البرامج التنموية المختلفة وفقاً لمدى تأثير المنطقة بالفيضان

Mots clés :

Catastrophe; Risque; Aléa; Cartographie; Vulnérabilité; Crue; Inondation; Zones Inondables; Oued MEKERRA; Eau.

Bibliographier

Bibliographier :

1. **SALIM AID, CORENTIN CHCE, Adrien MOPIN et Brian VIGOUROUX 07.11.2011):** « Synthèses scientifique et technique».
2. **SANGLERAT G, COSTET J, cours pratiques de mécanique des sols, calcul des ouvrages,** Ed. 2emetrimestre 1969. 1982
3. **Fiche de sécurité D2 F02 94. Novembre 1994** « Palplanche Mode Opérateur » Création Réédition Mai 1996.
4. **F.SCHLOSSE (1988) :** « éléments de mécanique des sols ». Presses de l'ENPC, Paris.
5. **BOUCHETA BANAIANI, 1984,** Hydrologie et aménagement en Algérie (le bassin de la moyenne MEKERRA wilaya de SIDI BEL ABBES), Thèses de doctorat.
6. **MERABET ABBES, 2008,** Etude de la protection de la ville de SIDI BEL ABBES contre les inondations, Mémoire de magister, spécialité : hydraulique, université de SIDI BEL ABBES.
7. **Amel MAOU,** Mémoire de Magistère, Estimation des crues de référence pour les Plans de Prévention du Risque Inondation. Cas du bassin versant du Saf Saf, NE algérien.
8. **Abdelkader MEGUENNI-TANI,** contribution a l'étude hydrogéologique de la nappe du mio-plio-quadernaire de la region sud de la ville de biskra, algerie.
9. **HAOUCHINE A. (2010).** Hydrogéologie en zone semi aride et aride : région de Biskra (Algérie). Thèse Doct. d'état, (option : Hydrogéologie). Univ. Houari boumediene -Alger.
10. **D.M.R.H. (1979).** Carte hydrogéologique de Biskra au 1/200 000. La direction des études du milieu et de la recherche Hydraulique. Ministère de l'hydraulique, Algérie. Service hydrogéologie.
11. **D.M.R.H. (1979).** Carte hydrogéologique de Biskra au 1/200 000. La direction des études du milieu et de la recherche Hydraulique. Ministère de l'hydraulique, Algérie. Service hydrogéologie.
12. **BOUMESSENEGH Amel, 2007.** mémoire magister Option : Mobilisation des ressources hydrique.
13. **Lafite (R) 1939 :** Étude géologique de l'Aurès.
14. **Pierre (R) 2003 :** Genèse des crues et des inondations, les crues en zones urbaines la seine Saint Denis et Marseille.
15. **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.
16. **Slimani. S, 2012.** Etude de protection du village Tafna (W. Tlemcen) contre les inondations, Mémoire de l'Ingénieur d'état, Université de Tlemcen.

Bibliographier

17. **Talah. S, 2014.** Contribution à l'étude des risques des inondations de l'oued Mellah W.Djelfa par les systèmes d'informations géographiques (ArcGis et HEC-geoRAS) ; en utilisent le logiciel HEC-RAS, Thèse Magister, Université de M'silla.
18. **Yahiaoui. A, 2012.** Inondations torrentielles_ cartographie des zones vulnérables en Algérie du nord (cas de l'oued Mekrria, Wilaya de Sidi Bel Abbés), Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique.
19. **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
20. **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.
21. Benmechernane. N, 2013. Etude de protection de la ville de bensekrane (W.Tlemcen) contre les inondations, Mémoire de master, Université de Tlemcen.
22. **OULD BABA SY M. (2005).** Recharge et paléo recharge du système aquifère du sahara septentrional. Thèse Doct. d'état, (option : géologie). Univ. El Manar - Tunis.
23. **SEDRATI Nassima, 2011.**Thèse Doctorat, Option Hydrogéologie, origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est algérien
24. **AMINE HABIB BORSALI, 2005,** aspect hydrologique des catastrophes naturelles : « Inondations, glissement de terrain », étude d'un cas : oued MEKERRA (SIDI BEL ABBES) XXXIII ème rencontre universitaire de génie civil 2005 risque et environnement.
25. **BENSALEM MOHAMED BACHIR, 2009,** Etude des inondations et leurs impacts sur le Bassin versant de l'oued MEKERRA (SIDI BEL ABBES), Mémoire de magister, spécialité: Sciences de l'environnement, université de SIDI BEL ABBES.

26- N.R.H tableau des précipitation

Levé topographique, 2008. Plan de masse avec échelle (1/1 000), Bureau d'étude L.Mosstfaoui.