

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

**Les critères environnementaux des aménagements hydraulique cas d'étude Oued Chebba ville d'Elmhir (w. Bordj Bou Arreridj).**

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0009-15

APA Citation (توثيق APA):

**Rouabah, Wafa (2015). Les critères environnementaux des aménagements hydraulique cas d'étude Oued Chebba ville d'Elmhir (w. Bordj Bou Arreridj)[Thèse de master, ENSH].**

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب...) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE**

## **MEMOIRE DE MASTER**

*Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique*

**Option: ASSAINISSEMENT**

**THEME :**

**LES CRITERES ENVIRONNEMENTAUX DES  
AMENAGEMENTS HYDRAULIQUE  
Cas d'étude Oued CHEBBA ville d'ELMHIR W.BBA**

**PRESENTE PAR :  
ROUABAH Wafa**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>r</sup> SALAH Boualem	Professeur	Président
M <sup>m</sup> MOKRANE Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> HACHEMI Abdelkader	M.A.A	Examinateur
M <sup>m</sup> TAFAT Leila	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> AMMARI Abdelhadi	M.C.B	Promoteur

**Session - 2015**

# REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions le bon Dieu qui a illuminé notre chemin et qui nous a armé de force et de sagesse, ainsi que la bonne volonté pour achever ce modeste travail et ce cursus universitaire.

Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer à la juste valeur ma reconnaissance à l'égard de mon promoteur M<sup>r</sup> AMMARI, pour l'aide qu'il m'a offert durant la période de réalisation de ce travail et encore plus sa confiance et ses encouragements.

Toute ma gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont guidés au cours de la formation d'ingénieur et à nos enseignants de l'EPST et spécialement M<sup>r</sup> A.HAYAHOUM, nos respects aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.

Je remercie le personnel du DRE pour leurs conseils et orientations et spécialement M<sup>r</sup> BOUKHARI.

Mon dernier remerciement, mais non les moindres s'adressent à tous mes amis de la promotion 2014, pour avoir beaucoup de sollicitude et de chaleur humaine dont nous avons tant besoin, à savoir : Y.Zahra, D.Souhir, Z.Khaoula, N.Meriem, D.Lilya, A.Brahim, B.Yasser, M.Rabie, Z.Abdrezak, B, Chouchou, B.Taki, M.Mahfoud et tous mes collègues et amis de l'ENSH et de l'EPST ....

Grand merci à vous tous.

# œDÉDICACESœ

À chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pensée pour se rappeler de ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans qu'on leur demande, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes qui ont cru en nous et que grâce à qui notre bonheur et joie reviennent de droit, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur. Que le tout puissant nous garde ces personnes très chères à nos cœurs.

Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en premier lieu à :

À ma très chère mère FADILA à qui je dois beaucoup pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien.

À mon père HANNACHI qui m'a soutenu et à su me donner courage au moment venu.

À mes frères NADJIB et CHAOUKI.

À tous les membres de la famille : ROUABAH.

À mes très chères amies : ZAHRA, ASMA, ROKIA, SARA, NAFISSA, HOUDA.

À tous (tes) mes collègues et mes amis et spécialement pour les deux sœurs KHAOULA et MOUNIA

A tous et à toutes, je dédie ce travail

Wafa 2014 œ



## ملخص

إن الأخطار الناتجة عن فيضانات الأودية والأنهار في العالم و في الجزائر على وجه الخصوص أدت إلى تهيئتها و حماية المناطق المهددة من الفيضانات ولكن هذه التهيئة تتم بطريقة لا يحترم فيها الانسجام مع البيئة الطبيعية للوديان و للمناطق المجاورة لها . انصبت دراستنا هذه حول المعايير البيئية التي يتم تحديدها في مختلف أنواع التهيئة للحماية من الفيضانات من جهة و احترام المظهر الطبيعي من جهة أخرى.

وتضمنت أيضا دراستنا مثلا لتهيئة وادي شبة المتواجد بمدينة المهير ولاية برج بوعريرج

## RESUME

Les risques résultants des inondations dans le monde et en Algérie, en particulier, aboutissent à aménager et protéger les zones menacées d'inondation, mais ces aménagements tels qu'ils sont effectués d'une manière qui ne respecte pas l'harmonie avec l'environnement naturel des cours d'eaux et les zones environnantes.

L'objet de notre étude se sujette sur les critères environnementaux qui sont identifiés dans les différents types d'aménagements pour la protection contre les inondations d'une part et le respect de l'aspect naturel d'autre part.

Notre étude comprend également un exemple sur l'aménagement de l'oued CHEBBA, qui se situe dans la ville d'ELMHIR willaya de BORDJ BOU ARIRIDJ afin de protéger la zone contre les inondations et créer un beau paysage pour la ville

## ABSTRACT

The resulting risk of flooding in the world generally and in Algeria particularly, leads to develop and protect flood-prone areas, but the layout is done in a way that does not respect the harmony with the natural environment of rivers and surrounding areas. The aim of our study focuses on the environmental criteria that are identified in the various types of development to protect against flooding on the one hand and respect of the natural look on the other hand .Our study also includes an example of the development of channel CHEBBA, which is located in the city of ELMHIR (BORDJ BOU ARIRIDJ) to protect the area against floods and create a beautiful landscape for the city.

# SOMMAIRE

## **Introduction generale**

### **Chapitre I : situation des cours d’eaux**

I-1-Problématique .....	1
I-2-Situation de quelques cours d’eaux dans le monde .....	2
I-3-Situation de quelques cours d’eaux en Algérie .....	5
I-4-Conclusion .....	13

### **Chapitre II : Rôle paysager et mécanismes d’érosion des berges**

II-1-définitions fondamentales .....	14
II-2-Rôle de la ripisylve dans la vie des cours d’eau .....	17
II-3 -façonnement des berges .....	18
II-4-caractéristiques paysagés de la berge .....	18
II-5–Mécanismes de dégradation .....	19
II-6-Stabilité .....	23
II-7-Recommandations générales .....	24
II-8-choix des techniques d’aménagement .....	24
II-9-Conclusion .....	26

### **Chapitre III : les techniques d’aménagements**

III-1- les Techniques végétales .....	27
III-2-Complément aux techniques végétales .....	35
III-3-Les techniques indirectes .....	39

III-4- les Techniques combinées .....	40
III-5-Techniques mécaniques .....	45
III-6- Conclusion .....	48

## **Chapitre IV : Zone d'étude**

IV-1-Analyse de la situation actuelle de la zone d'étude .....	50
IV- 2- les orientations du plan .....	53
IV-3-Délimitation des sites envisageables .....	55
IV-4-Conception générale .....	56
IV-5-Plan de plantation .....	66
IV-6-Conclusion .....	71

### **Conclusion générale**

### **Références bibliographiques**

### **Annexe I**

## Liste des tableaux

<b>Tab IV-1</b> :taux d'élimination du phosphore par les plantes aquatiques .....	58
<b>Tab IV-2</b> : Paramètres hydrologiques de calculs .....	63
<b>Tab IV-3</b> : Dimensions des collecteurs de drainage .....	64
<b>Tab IV-4</b> : essences forestières qui peuvent être planté au bord de l'eau .....	67
<b>Tab IV-5</b> : type de Cocotiers .....	67
<b>Tab IV-6</b> : les arbres d'alignement .....	68
<b>Tab IV-7</b> : les Cornières .....	68
<b>Tab IV-8</b> : les Arbustes .....	68
<b>Tab IV-9</b> : Espèces qui n'ont pas besoin de la gestion de l'eau .....	69
<b>Tab IV-10</b> : Espèces choisi .....	69

## Liste des figures

<b>Figure I-1</b> : La Corrèze .....	2
<b>Figure I-2</b> : la seine vers 1900 à l'époque de Monet et les impressionnistes .....	2
<b>Figure I-3</b> : Rivière du Berger (France) .....	3
<b>Figure I-4</b> : Rivière Nelson .....	3
<b>Figure I-5</b> : Cour d'eau en Afghanistan .....	4
<b>Figure I-6</b> :Exemples de morphologie de cours d'eau, des sources vers la mer .....	5
<b>Figure I-7</b> : Oued Saoura (Béni-Abbés) .....	5
<b>Figure I-9</b> : Oued ELHARRACH (Alger) (a) état naturel (b) au cours d'aménagement .....	6
<b>Figure I-10</b> : Oued M'Zab (Ghardaïa) .....	7
<b>Figure I-11</b> : l'Oued Rhumel en plein aménagement (Constantine) .....	7
<b>Figure I-12</b> : Oued RHIOU (Relizane) .....	8
<b>Figure I-13</b> : Oued OTMANIA effluent de Oued Rhumel (Mila) .....	8
<b>Figure I-14</b> : Oued MEKKERA (Sidi Bel Abbes) .....	9
<b>Figure I-15</b> : l'Oued M'hadjar (BBA) .....	9
<b>Figure I-15</b> : Oued Boumerzoug (Constantine) .....	10
<b>Figure I-16</b> : Oued Seybouse (Guelma) .....	10
<b>Figure I-17</b> : Oued ELMHIR avant aménagements (w.BBA) .....	11
<b>Figure I-18</b> : Oued ELMHIR après aménagements (w.BBA) .....	11
<b>Figure I-19</b> : Aménagement de l'oued Béni-Messous en cours, et gabions en aval du pont sous la RN11 .....	12
<b>Figure I-20</b> : Oued Grand Rocher (Alger) .....	12
<b>Figure II-1</b> : représentation de termes géographiques usuels .....	15
<b>Figure II-2</b> : Balance de Lane .....	16
<b>Figure II-3</b> : Les trois espaces d'une berge idéale .....	17
<b>Figure II-4</b> : Dégradation des berges par l'intervention de l'homme .....	20
<b>Figure II-5</b> : Régression de fond .....	21

<b>Figure II-6</b> : Transport des sédiments sur tout l'axe de l'oued .....	21
<b>Figure II-7</b> : Effondrement des talus par rupture .....	22
<b>Figure II-8</b> : sapement des berges .....	23
<b>Figure III-1</b> : exemple de bouturage .....	29
<b>Figure III-2</b> : plantation d'iris, Dyle Ottignies .....	32
<b>Figure III-3</b> : a) ensemencement récent, b) après un an d'ensemencement .....	34
<b>Figure III-4</b> : exemple d'application de fascinage .....	36
<b>Figure III-5</b> : exemple d'application de tressage .....	37
<b>Figure III-6</b> : exemple de tressage réaliser .....	38
<b>Figure III-7</b> : exemple d'application épis .....	40
<b>Figure III-8</b> : Exemples de réalisation .....	42
<b>Figure III-9</b> : Exemples de réalisation de géotextile .....	43
<b>Figure III-10</b> : vue en plan des blocs de béton .....	46
<b>Figure III-11</b> : dégâts du bloc en béton .....	46
<b>Figure III-12</b> : aménagement avec maçonnerie à gauche et à droite en enrochement liaisonnée.....	47
<b>Figure III-13</b> : Exemples de réalisation d'un mur en gabion .....	48
<b>Figure IV-1</b> : Situation de la ville d'EL MEHIR .....	50
<b>Figure IV-2</b> : image satellitaire non traitée de la ville d'ELMHIR .....	51
<b>Figure IV-3</b> : image satellitaire non traitée de la zone d'étude .....	51
<b>Figure IV-4</b> : Différentes photos de l'oued dans son état naturel .....	52
<b>Figure IV-5</b> : Différentes photo montrent le paysage de l'oued CHEBBA .....	53
<b>Figure IV-6</b> : concept d'aménagement d'oued CHEBBA .....	55
<b>Figure IV-7</b> : Coupe transversale standard .....	56
<b>Figure IV-8</b> : vue en plan des blocs végétalisables lors de leurs dispositions .....	57
<b>Figure IV-9</b> : L'état actuel du marché .....	59
<b>Figure IV-10</b> : le marché couvert .....	60

<b>Figure IV-11</b> : la station de bus et taxi envisagé .....	60
<b>Figure IV-12</b> : Site envisageable pour l’installation d’un terrain de football .....	61
<b>Figure IV-13</b> : Croqué des installations sportive et les airs de jeux .....	62
<b>Figure IV-14</b> : Stade de football envisagé .....	62
<b>Figure IV-15</b> : Le drainage du terrain de football .....	64
<b>Figure IV-16</b> : Site envisageable pour l’installation des espaces de détente .....	65
<b>Figure IV-17</b> : Croqué des installations sportive et les airs de jeux .....	66
<b>Figure IV-18</b> : Vue en plan du plan d’aménagement final a une échelle de 1/2500 .....	70

## **Introduction générale :**

La plupart des milieux aquatiques ont été profondément remaniés l'action anthropique de l'homme, parfois depuis des temps fort anciens. De nombreux aménagements de cours d'eau ont été réalisés : dragage (approfondissement du lit), canalisation (bétonnage des berges et parfois du fond), endiguement (augmentation de la hauteur des berges pour éviter le débordement des eaux), mais aussi rectification du cours (recoupement des méandres) et recalibrage (augmentation de la capacité du lit en modifiant sa profondeur et sa largeur).

Ces aménagements répondaient souvent à des objectifs légitimes : protéger des inondations les terres cultivables et les habitations, lutter contre l'érosion des berges, faciliter la navigation fluviale, produire de l'énergie, irriguer, alimenter en eau potable les hommes et le bétail, et, beaucoup plus récemment, créer des bases de loisirs.

Mais ils ont longtemps été conduits dans l'ignorance des fonctionnements hydrologique et écologique des systèmes fluviaux, dont la compréhension repose aujourd'hui pour l'essentiel sur des résultats obtenus au cours des deux dernières décennies.

Or, ces aménagements modifient de façon durable les composantes physiques des cours d'eau : pente, profondeur, vitesse du courant, forme des berges. Ils ont donc des répercussions sur le fonctionnement des écosystèmes qui ne sont pas toujours prévisibles à long terme. En général ils induisent une diminution de la diversité naturelle des habitats et des espèces présentes. En outre, l'enfoncement du lit d'un cours d'eau abaisse le niveau de sa nappe d'accompagnement, ce qui nuit aux boisements riverains.

Il ya aussi été constaté que pour les cours d'eau aménagés qui ne respect pas l'évolution naturelle du cour d'eau ; que ce dernier tentera d'évoluer en augment les événements externes pour reprendre ce qu'il lui ai du

Ce travail s'inscrit dans ce cadre de réaliser les aménagements désirés pour remplir leur objectifs, tout en respectant la dynamique fluvial et en façonnent ces aménagements de telle sorte a intégré l'environnement dans lequel ils sont implantés.

**Chapitre I** : Situation des cours d'eaux**I-1-Problématique :**

Les berges de nos rivières, comme la plupart des espaces ruraux, ont subi des modifications de leur état naturel dues à l'abandon des pratiques anciennes d'entretien, et à l'implantation d'habitation, de cultures et de route sur leurs rives.

Nombre d'entre elles ont été dénaturées par les travaux de curage ou de reprofilage, ou rendues artificielles par les matériaux utilisés pour leur stabilisation (béton, empirement.....).

Dans de nombreux cas, nos cours d'eau ont été transformés en de véritables fossés ou canaux d'écoulement sans tenir compte de leur caractère naturel et de leur rôle écologique. De plus, les caractéristiques paysagères des berges en tant qu'élément d'identification du cours d'eau dans le paysage et de support de découverte pour les populations n'ont pas été prises en compte lors des projets d'aménagements.

L'objectif de notre étude n'est pas de prôner l'aménagement des berges mais bien de proposer d'autres techniques de protection pour les situations où une intervention s'avère nécessaire. Le principe de base auquel nous nous référons est de préserver au maximum le caractère naturel des berges en utilisant préférentiellement des éléments végétaux (plants entiers, boutures, tapis végétaux...) aidés, s'il le faut, par d'autres matériaux (bois, pierres...).

Le but essentiel de cette étude est d'aménager les cours d'eau d'une façon à améliorer l'aspect esthétique de la ville avec la renaissance de la structure urbaine s'harmonisant avec la zone riveraine, amélioration de la vie et restauration de l'environnement naturel. Sur cette base on opte toujours pour des aménagements qui ont pour but de créer une ambiance agréable et dynamique des espaces riverains en se débarrassant de mauvaises images des cours d'eaux : pollution, vétusté et fermeture.

### I-2-Situation de quelques cours d'eaux dans le monde :

Les figures si après montrent des différents cours d'eau aménager par des différentes techniques

La figure suivante montre la Corrèze après affaissement : le parcours de canoë-kayak s'agrandit (déc. 2008)



**Figure I-1 :** La Corrèze

Les figures suivantes montrent aussi les cours d'eau navigables comme la Seine (France)



**Figure I-2 :** la seine vers 1900 à l'époque de Monet et les impressionnistes (histoire de la seine)

### Rivière du Berger

La caractérisation des berges de la rivière du Berger a été faite par le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles en 2009. Les résultats montrent que 63 % des rives comprennent moins de 80 % de végétation naturelle.

Les causes sont les mêmes pour tous les cours d'eau touchés par l'artificialisation



**Figure I-3 :** Rivière du Berger (France)

### **Rivière Nelson**

La caractérisation des berges de la rivière Nelson réalisée en 2007 montre que 32 % des rives comprennent moins de 80 % de végétation naturelle.

Les causes sont les mêmes pour tous les cours d'eau touchés par l'artificialisation des rives.



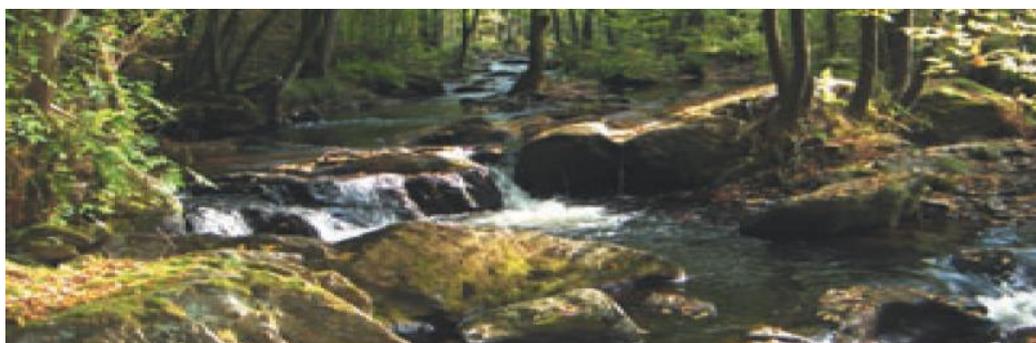
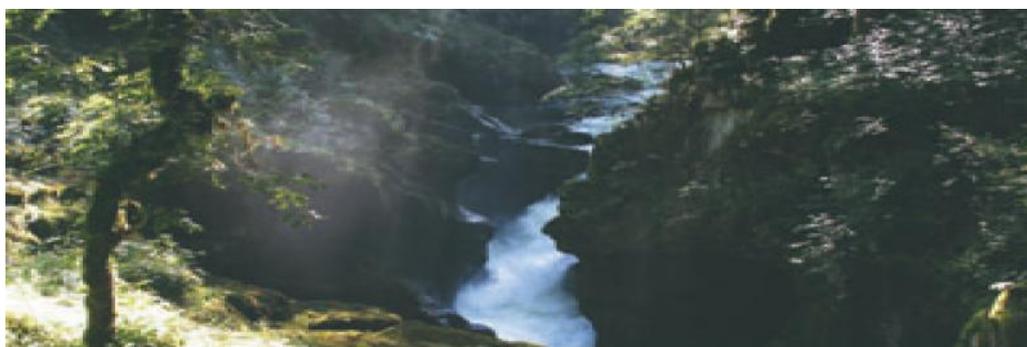
**Figure I-4 :** Rivière Nelson (France)

La photo ci après montre une prise d'eau d'un canal en gabions protégeant les berges, construits dans le cadre d'un programme de réparation d'un système d'irrigation



**Figure I-5:** Cour d'eau en Afghanistan

Tous ses cours d'eau navigable ou non sont aménagés par différents types d'aménagements,





**Figure I-6:**Exemples de morphologie de cours d'eau, des sources vers la mer. De haut en bas : l'Ain (Jura) rivière de tête de bassin à lit en gorge ; la Hulle (Ardenne) rivière de zone intermédiaire à lit sinueux ; la Touques (Calvados) rivière de plaine à lit méandriforme ; la Drôme (Drôme) rivière de plaine à lit en tresse.

### **I-3-Situation de quelques cours d'eaux en Algérie:**

On remarque que Les villes Algériennes sont caractérisées par un système hydrographique dance. Elles sont par ailleurs en situation déprimée constituant ainsi un réceptacle a une grande partie des écoulements pluvieux. Cette situation rend certains secteurs des villes hautement vulnérables aux risques d'inondation et aux risques environnementaux.

La figue montre Oued Saoura en période hivernale



**Figure I-7 :** Oued Saoura (Béni-Abbés)

## Oued Soummam à son état naturel



**Figure I-8 :** Oued Soummam

Oued El Harrach avant et au cours d'aménagements, ce dernier est aménagé en blocks végétalisables



(a)



(b)

**Figure I-9:** Oued ELHARRACH (Alger) (a) état naturel (b) au cours d'aménagement

Inondation d'oued M'Zab en 2008 (Ghardaïa) crue du septembre 2008 l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques la estimé a  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$  .C'est une crue exceptionnelle puisqu'elle a atteint une hauteur d'eau de 6 mètres



**Figure I-10:** Oued M'Zab (Ghardaïa)

Le ministère des ressources hydrique a lancé le projet d'aménagements paysager d'oued EL RHUMEL, l'aménagement des berges est en béton



**Figure I-11 :** l'Oued Rhumel en plein aménagement (Constantine)

On remarque que oued RHIOU est aménagé en un canal en béton de forme trapézoïdal et on remarque qu'il est utilisé comme un dangereux air de loisir



**Figure I-12:** Oued RHIOU (Relizane)

Oued ELOTMANIA (Mila) est l'effluent d'oued Rhumel (Constantine) ce dernier est aménagé par un canal en béton de forme trapézoïdal et on remarque qu'il ya accumulation des eaux usées qui donne une mauvaise odeur qui dérange l'agglomération.



(a)

(b)

**Figure I-13:** Oued OTMANIA effluent de Oued Rhumel (Mila)

Oued MEKKERA est aménager par un canal en maçonnerie de forme trapézoïdale on remarque que ce dernier donne une mauvaise odeur a cause des eaux usées et ce dernier manque d'un aménagement paysager



**Figure I-14:** Oued MEKKERA (Sidi Bel Abbas)

On remarque dégradation des berges de oued M'hadjar, un affluent de l'oued Bousselam, commune d'El Maine (BBA)



**Figure I-15:** Oued M'hadjar (BBA)

Oued Boumerzoug en plein aménagements



**Figure I-15:** Oued Boumerzoug (Constantine)

On Remarque qu'oued Seybouse aux berges arbuste

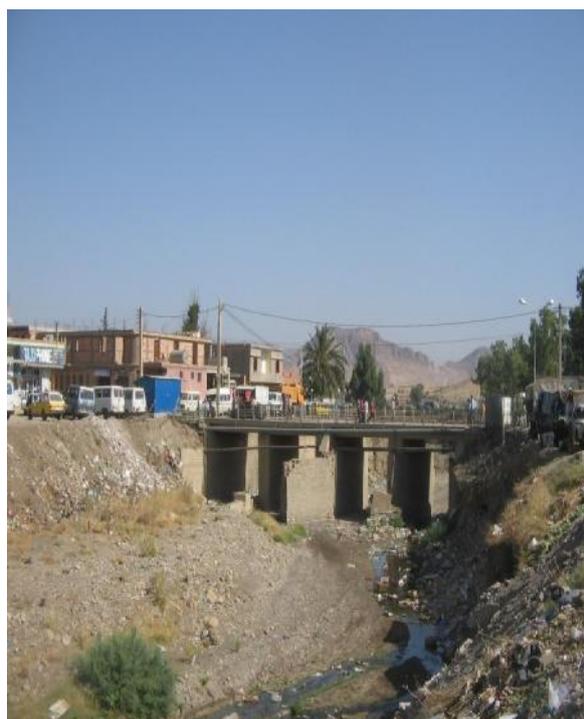


**Figure I-16:** Oued Seybouse (Guelma)

Les deux photos suivantes présentent l'oued ELMHIR à son état naturel



(a)



(b)

**Figure I-17 :** Oued ELMHIR avant aménagements (w.BBA)

Les berges d'Oued ELMHIR ont été aménagées par des murs en béton d'une hauteur comprise entre 4.5m et 5.5 m



**Figure I-18 :** Oued ELMHIR après aménagements (w.BBA)

Les deux figures montrent les travaux d'aménagements des berges d'oued Béni-Messous en gabion



(a)



(b)

**Figure I-19:** Aménagement de l'oued Béni-Messous en cours, et gabions en aval du pont sous la RN11

La figure ci après montre les travaux d'aménagement (protection des berges) de l'oued Grand Rocher en un canal en gabion de forme rectangulaire



**Figure I-20:** Oued Grand Rocher (Alger)

**I-4-Conclusion :**

D'après les constatations précédentes on conclut que la majorité des cours d'eau en Algérie ne sont pas aménagés et ce qui le sont, ils sont aménagés par des techniques mécaniques qui ont pour but seulement de protéger les zones vulnérables contre les inondations d'une manière qui ne respecte pas l'aspect naturel, esthétique et l'harmonie environnementale.

## **Chapitre II** : Rôle paysager et mécanismes d'érosion des berges

Le milieu fluvial est un élément essentiel et particulièrement sensible de notre paysage. Dans les différentes méthodes d'évaluations du paysage, les cours d'eau sont associés à des valeurs de qualité souvent très élevées ; l'attrait touristique et récréatif de ces milieux le prouve à suffisamment. Or ce sont les berges qui identifient la rivière dans le paysage. Il est donc essentiel d'en tenir compte lors des aménagements.

Le paysage est un élément qui est surtout perçu de façon visuelle. Sa protection fait partie des préoccupations grandissantes que doivent intégrer les équipes qui travaillent à l'aménagement ou à la restauration d'une rivière, c'est un élément du cadre de vie des habitants, des riverains et un élément de valeur touristique essentiel, la rivière étant un lieu privilégié de loisirs.

Un cours d'eau est bien intégré au paysage lorsqu'il est en surface et sous-eau, en état de relation et d'échange équilibré avec lui. Cette insertion est réalisée entre autres au moyen de paysages de transition caractérisés par une stabilité en profondeur et par des ceintures végétales spécifiques et adaptées correspondant aux particularités climatiques (KIRWALD, 1974).

Ces considérations sont très importantes. Elles signifient qu'un cours d'eau ne doit être emprisonné entre des berges maçonnées que uniquement là où cela s'avère absolument indispensable.

### **II-1-définitions fondamentales:**

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

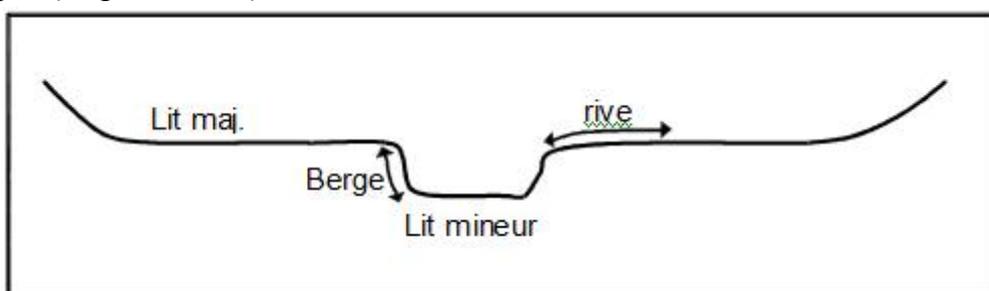
Le lit mineur est l'espace occupé par l'écoulement pour des crues courantes. Il est toujours constitué d'un ou plusieurs chenaux bien marqués. Comme nous le verrons plus loin, le tracé du lit mineur peut se déplacer plus ou moins rapidement selon la dynamique du cours d'eau. En fait, le tracé du lit mineur est susceptible de balayer tout le lit majeur, pour une échelle de temps de quelques milliers d'années. Dans le cas des rivières à bras multiples séparés par des bancs, le lit mineur est composé par l'ensemble du lit et des bancs non fixés par la végétation.

Le lit majeur est la plaine inondable. Il est limité par les plus hautes eaux. Les parties extrêmes du lit majeur ne sont mises en eau que pour les crues extrêmes avec une hauteur d'eau assez faible. Les vitesses d'écoulement y sont faibles et les particules les plus fines (limons, argiles) se déposent par sédimentation. Ces zones sont généralement extrêmement plates et les limites précises du lit majeur ne sont pas faciles à délimiter dans les grandes plaines alluviales. La végétation du lit majeur lorsqu'elle est présente est une forêt de bois durs (frênes, ormes, chênes). Avant d'être très mécanisée, l'agriculture était bien adaptée à l'occurrence d'inondations avec les prairies pâturées au bord de la rivière puis les prairies de fauche dans les zones plus élevées du lit majeur.

Pour certaines rivières, il peut être en outre distingué un lit intermédiaire (ou moyen) qui est inondé pour des crues dont la période de retour est voisine de 10 ans (saules, aulnes). Du point de vue hydraulique, le lit moyen participe aux écoulements des crues alors que le lit majeur joue plutôt un rôle de stockage. Du point de vue morphologique, le lit moyen est fréquemment remanié : on parle de bande active. (Degoutte 2005)

### II-1-2-Rive, Berge:

Rive et berge sont souvent confondues à tort. La berge est le talus incliné qui sépare le lit mineur et le lit majeur. Sa localisation est donc assez précise. La rive est le milieu géographique qui sépare les milieux aquatique et terrestre. Elle démarre au sommet de la berge et constitue une partie plate plus ou moins étendue qui reste sous l'influence du milieu aquatique. (Degoutte 2005)



**Figure II-1** : représentation de termes géographiques usuels

### II-1-3-Ripisylve

C'est la formation végétale naturelle située sur la rive. Elle peut être limitée à un cordon arboré étroit qui souligne le bord du lit mineur de la rivière ou bien elle est une véritable forêt alluviale s'étendant sur plusieurs dizaines ou centaines de mètres de part et d'autre du lit mineur. Cette forêt occupe tout ou partie du lit majeur. C'est un milieu inféodé à la rivière, particulièrement riche en termes de diversité floristique. Il comporte des strates herbacées souvent très diversifiées et des strates arbustives et arborescentes composées d'un nombre restreint d'espèces.

Dans les hautes vallées, l'aulne croît en pied de berge. Dans les zones de piémont et de plaine, les pieds de berge sont occupés par le saule et le peuplier ainsi que par l'aulne glutineux lorsque les conditions d'humidité le permettent. Plus en hauteur sur la berge viennent l'érable, le frêne, l'orme, le tilleul... Au sommet de la berge, viennent le charme, le chêne pédonculé

Les arbres qui poussent au pied de berge sont bien entendu plus fréquemment inondés que les autres. Cela leur confère une originalité. Ils sont plus que les autres blessés par les corps flottants transportés dans le cours d'eau. Ces blessures peuvent faciliter des maladies. La poussée du courant peut les faire pencher vers l'aval. Les tourbillons provoqués par les débordements et la vitesse du courant les déracinent plus facilement. Ces deux raisons, blessures et arrachements, expliquent qu'en moyenne les arbres de pied de berge sont plus jeunes que les autres. (Degoutte 2005)

#### II-1-4-Alluvions et substratum :

De leur côté, les arbres de haut de berge sont les plus exposés au vent et finalement ce sont les arbres qui poussent à mi-berge qui sont souvent le plus protégés.

Une rivière coule généralement sur ses alluvions. Les alluvions sont les grains fins ou grossiers alternativement déposés ou repris par le courant. Les alluvions recouvrent le substratum rocheux formé d'une roche dure ou bien d'une roche plus ou moins tendre (schistes, grés, marnes...).

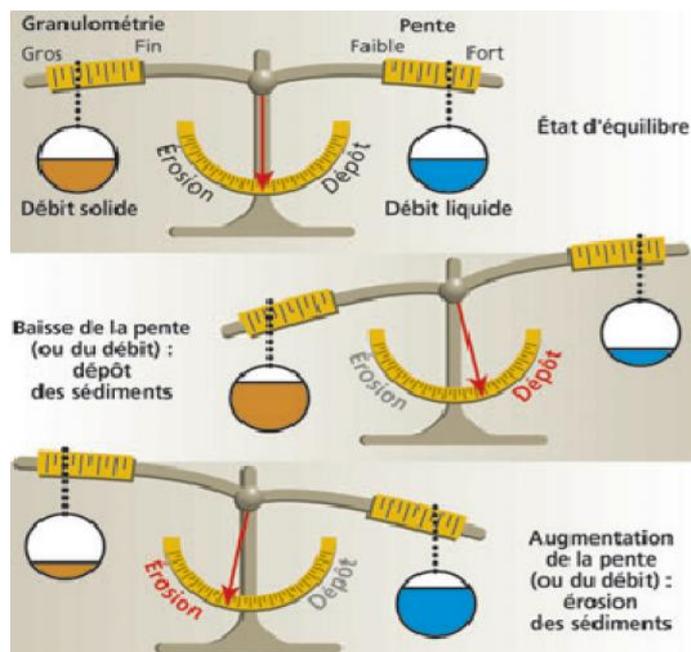
Le transport solide est le déplacement vers l'aval d'une partie des alluvions selon un processus de charriage ou de suspension, Si l'on considère l'ensemble du cours d'eau de sa source à la mer, il stocke à chaque instant un volume d'alluvions considérable comparé aux apports solides annuels. Bien que très mobile, ce recouvrement alluvial constitue une protection du substratum. En effet, si l'enfoncement du fond de lit dans ses alluvions est un phénomène de type réversible, l'érosion du substratum mis à nu est un mécanisme souvent extrêmement très lent, parfois rapide mais toujours irréversible. (Degoutte 2005)

#### Système physique et énergétique :

Un cours d'eau est un système qui recueille et transporte vers l'aval, sous l'effet de la gravité, les eaux des pluies et des sources d'un même bassin versant. La pente et le débit en font un système énergétique. La grande diversité morphologique des rivières n'est nullement le fruit du hasard. Elle dépend du climat, de la géologie et du relief.

La forme des rivières n'est pas figée, elle évolue dans l'espace et dans le temps. Les précipitations (conditionnées par le climat), la nature géologique du substrat et la pente (dépendant du relief) sont notamment à l'origine des ajustements morphologiques du cours d'eau. La combinaison de ces trois paramètres régit la puissance spécifique du cours d'eau et caractérise sa dynamique

Tout cours d'eau peu altéré érode, transporte et dépose les matériaux solides provenant des parties amont du bassin et de ses berges soumises aux processus d'érosion latérale. Les processus d'érosion / dépôt, sous l'effet du débit et de la pente, contribuent à donner au lit mineur sa géométrie en long et en travers ainsi que sa forme en plan (nommée *style fluvial*). Ainsi, en fonction de la quantité de matériaux transportés, de la nature plus ou moins cohésive des berges et de la puissance du cours d'eau, on aura un lit à méandres, un lit en tresses, etc. Le débit liquide (Q), qui varie au gré des saisons et des précipitations, et le débit solide (Qs), constitué de matériaux minéraux fins et grossiers, sont à l'origine des processus d'érosion / dépôt. Ils contribuent aux ajustements morphologiques du cours d'eau. Un fonctionnement en équilibre dynamique se caractérise par une oscillation régulière entre érosion et dépôt. Ce concept est schématisé par la balance de Lane.



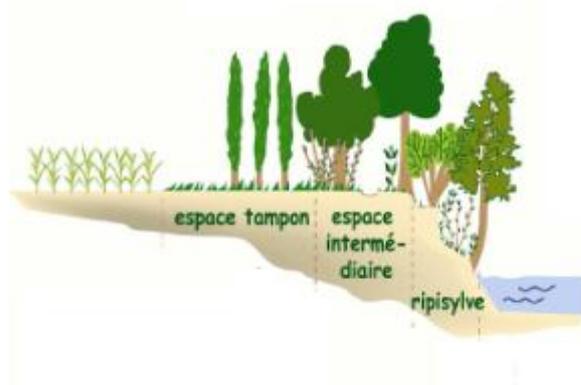
**Figure II-2 :** Balance de Lane

La balance de Lane (d'après E. W. Lane, et W. Borland) illustre le principe d'équilibre dynamique de la rivière. Un cours d'eau, présentant un fort débit liquide et/ou une forte pente, se charge en un point précis en matériaux solides. Quand le débit liquide baisse et/ou la pente diminue, le cours d'eau perd de l'énergie et dépose les matériaux transportés jusque-là. Les éléments fins se déposent pour un débit plus faible que les éléments grossiers. (Mangeot, 2007)

## **II-2-Rôle de la ripisylve dans la vie des cours d'eau :**

La ripisylve joue plusieurs rôles importants :

- Sur la faune et la flore ;
- Sur le paysage ;
- Sur la température de l'eau ;
- Pour l'épuration des eaux
- Sur l'écoulement des crues
- Sur la tenue et protection des berges contre l'érosion



**Figure II-3 :** Les trois espaces d'une berge idéale

Il est facile de comprendre que ces aspects sont pour l'essentiel très largement positifs. Mais, il faut aussi être conscient des inconvénients qu'ils peuvent présenter, en particulier pour les riverains :

- Forte consommation d'espace pour une valeur économique assez faible
- Alimentation de la rivière en bois arrachés par les crues, susceptibles de créer des embâcles, d'obstruer les ponts et d'aggraver les crues localement ;
- Apport de matière organique dû à la décomposition de feuilles
- Consommation d'eau pouvant diminuer les débits d'étiage, mais l'ombrage réduit l'évaporation
- Accessibilité pas toujours aisée pour les promeneurs

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 trois conséquences de nature hydraulique :

- Localement une augmentation des débordements, ce qui ne constitue pas forcément une gêne tout au moins dans ce type de milieu ;
- Une diminution des vitesses dans le lit majeur, et donc une réduction des effets érosifs du courant
- Globalement, pour l'aval, un écrêtement des crues.

D'autre part la ripisylve joue un rôle indirect sur les crues car les arbres arrachés se regroupent peu à peu sous forme d'embâcles qui provoquent des débordements localisés importants, surtout lorsqu'ils se produisent au niveau des ponts. (Degoutte 2005)

### **II-3 -façonnement des berges :**

Le façonnement des berges par le cours d'eau est régi par deux actions antagonistes mais complémentaires : d'une part, une érosion plus au moins intense des berges concaves, d'autre part une accumulation plus au moins importante d'alluvions contre les berges convexes.

Il s'agit du phénomène d'érosion latérale auquel est lié le développement des méandres. Dans une courbe, on observe le creusement de la berge convexe. la ligne de vitesse maximale reste à une certaine distance de la rive convexe et est proche de la rive concave à l'entrée de la courbe.

### **II-4-caractéristiques paysagés de la berge :**

La diversité des situations de berges (naturelles ou artificielles, en érosion, en équilibre ou en sédimentation, plantées ou non, en site rural ou en site urbain, etc.) montre qu'il ne peut exister une berge idéale mais des berges conçues idéalement pour chaque situation particulière envisagée et qui prennent en compte dans leur conception tous les facteurs qui s'exercent sur elles.

Du point de vue du paysage de la rivière, la berge remplit deux rôles, qui ne sont pas nécessairement compatibles :

- La berge est un élément du paysage, parmi d'autres bien sur, mais particulièrement sensible car il s'agit d'un élément de transition entre l'eau et la rive ; ce lien ne peut

être brutal et doit être agressif, il doit participer à la caractérisation et à l'identification du paysage de la rivière

- La berge est également un support de découverte par lequel les promeneurs découvrent de façon privilégiée les multiples facettes du paysage de la rivière.

La berge idéale doit assumer pleinement le premier rôle dans le contexte paysager ou elle est établie et le second, si le contexte social de la région le demande (ex. Zone touristique, zone urbaine...), et ce sans nuire au premier.

La distinction entre berges naturelles et berges artificielles se fait au niveau de chaque caractéristique paysagère, certaines réflexions étant applicables aux deux grands types de berges.

Les caractéristique paysagères retenues comme représentatives de l'aspect paysager de la berge, comme quantifiables par des paramètres simples et comme intégrables dans la conception de la berge sont les suivantes : (Verniers. 1995)

- La hauteur apparente de la berge (c'est la différence de niveau entre sa crête et le plan d'eau).
- La pente de la berge (c'est l'inclinaison par rapport à l'horizontale du talus de la berge).
- Le degré d'artificialisation des matériaux constitutifs et de leur mise en œuvre,
- Le type d'aménagement du talus de berge
- La nature de l'aménagement du pied de berge,
- Le recouvrement par la végétation

## **II-5-Mécanismes de dégradation :**

D'une manière générale, l'érosion est le phénomène d'usure du lit et des berges résultant de la friction occasionnée par l'écoulement de l'eau et des matériaux qu'elle transporte à mesure que le débit augmente en un point déterminé, la force d'érosion du cours d'eau augmente aussi .

C'est les débits « à ras bords » (juste avant que la rivière ne déborde, c'est-à-dire sorte de son lit mineur) qui conditionne l'érosion maximale.

L'instabilité d'un cours d'eau dépend en fait beaucoup plus des variations de débit que des débits eux-mêmes. (Verniers. 1995)

### **II-5-1-différentes formes d'action :**

Les berges s'érodent sous l'action de l'homme, des animaux et de l'eau . parmi ces trois causes, la dernière est la plus difficile à maîtriser.

L'action de l'eau peut être mécanique (affouillement, ravinement, glissement) ou chimique (dissolution, lessivage).ses origines sont diverses, il s'agit de :

- L'eau de ruissellement qui est d'autant plus agressive que sa vitesse est grande (forte pente de talus)
- L'eau courante de la rivière dont l'impacte dépend de la vitesse du cours d'eau, de l'agitation due aux remous et au vent de la pente des talus, l'eau d'infiltration qui provoque des glissement dus à des variations du poids spécifique et des tension interstitielles entre grains des matériaux constitutifs de la berge.

On distingue différents mécanismes de dégradation :

1. L'érosion proprement dite : c'est-à-dire l'attaque du courant sur la berge concave. C'est un phénomène lent qui se produit tous les jours, quel que soit le niveau de l'eau et qui tend à façonner le profil de la berge. Il s'agit d'une action d'origine mécanique, le ravinement : façonne les parois par une érosion superficielle suite au ruissellement.
2. L'affouillement de la berge est conséquent au travail de sape du courant celui-ci emporte les particules du sol du pied de talus donnant naissance à des surplombs qui finissent par s'effondrer.
3. Le glissement de talus non protégé présente en général une forme vaguement circulaire lors de la crue, l'humidification de la berge par les eaux excédentaires entraîne une diminution de la résistance interne au cisaillement et de la cohésion (suite au relâchement des tensions interstitielles) et parallèlement, une augmentation du poids volumique lorsque ce dernier dépasse la résistance interne au cisaillement, la berge peut se détacher et glisser.
4. À la décrue, la pression des eaux d'infiltration vers le cours, réduit encore plus la stabilité (déjà faible suite à la saturation) et finit par causer le glissement de la berge. C'est donc à la décrue, lorsque cesse la contre pression des hautes eaux, que s'observent les glissements importants, fruits des deux phénomènes décrits ci-dessus. Un manque d'homogénéité de la berge (surtout remblayée) favorise ce glissement qui se fait le long des couches de moindre résistance.

Il est aussi important de noter que les berges sableuses s'éboulent lors de l'assèchement. En effet, l'eau hygroscopique liant les grains les uns aux autres se trouve alors évaporée. (Verniers. 1995)

### **II-5-2-Autres causes de dégradations :**

Le batillage : est dû soit aux vents sur les grands cours d'eau, soit au passage des bateaux (remous des hélices). c'est un phénomène complexe composé de deux phases principales : un abaissement moyen du plan d'eau au passage du bateau,

Les êtres vivants : le bétail peut par un piétinement excessif des berges, accélérer leur effondrement. De même, les animaux qui creusent leur terrier au sein des berges (rat musqué) peuvent être responsables de dégradations. Il ne faut pas négliger l'action de l'homme qui, par une mauvaise gestion des plantations riveraines, peut déstabiliser les berges.



**Figure II-4 :** Dégradation des berges par l'intervention de l'homme

La glace et les corps flottants : ils créent une abrasion de la rive au niveau de la surface du cours d'eau.

Le gel : il dilate, par des aiguilles de glace, le structure du sol, le décompose et le rend particulièrement sensible au ruissellement.



**Figure II-5 :** Régression de fond

Ainsi les processus de transport des matériaux et ceux de sédimentation permettent l'établissement dans un cours d'eau d'un dépôt alluvionnaire limoneux, utile pour l'installation des plantes aquatiques essentielles pour l'avifaune (canards, poules d'eau...).



**Figure II-6 :** Transport des sédiments sur tout l'axe de l'oued

Par Ailleurs, l'érosion peut créer de nombreux milieux différents, ce qui augmente la diversité faunistique.



**Figure II-7 :** Effondrement des talus par rupture

### **II-5-3-facteurs intervenant dans la dégradation :**

#### **II-5-3-1- la hauteur :**

Le pied de la berge est la zone soumise à l'action quasi permanente du courant, elle est située au niveau de la flottaison et subit le travail de sape du courant pouvant conduire à l'affouillement.

Le haut de berge (talus) n'est touché par le courant qu'aux hautes eaux. il est plus sensible aux phénomènes de ravinement et de glissement. Cependant, il peut constituer un deuxième niveau d'affouillement dans le cas des berges hautes et très pentus en période de crue.

Les dégâts sont moindres lorsque le courant est plus ou moins parallèle à la berge. par contre, la présence d'un obstacle dans le lit du cours d'eau peut dévier le courant le courant vers la berge et provoquer des dégâts substantiels.

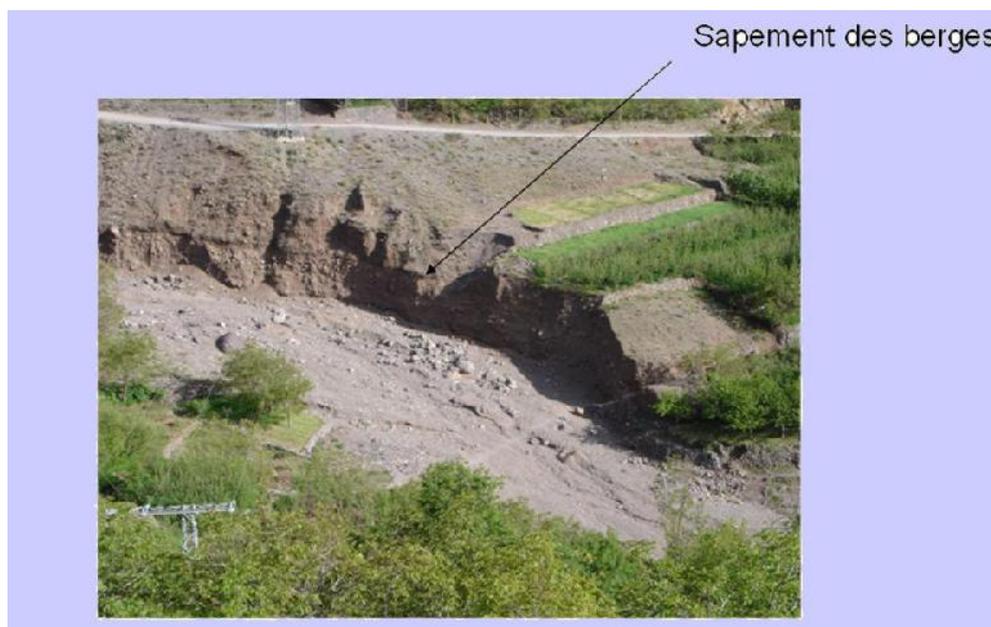
Les courbes et méandres, de par les courants qu'ils génèrent, mettent les berges concaves à rude épreuve. C'est surtout par affouillement que s'effectue le recul des berges.

### II-5-3-2- La granulométrie :

Le développement du sapement (Destruction d'un relief par la base, sous la forme d'une mise en porte à faux généralement due à l'action d'un cours d'eau.) est plus au moins rapide selon la granulométrie des matériaux constitutifs des berges et leur degré de cohésion. On distingue :

La berge caillouteuse : surmontée d'une épaisseur plus ou moins grande de matériaux fins (sables et limons) ; il y a mise en surplomb de la couche supérieure de matériaux fins qui peut s'effondrer par panneaux dans la rivière.

La berge sablo-limoneuse : les phénomènes de mise en surplomb son moins sensibles du fait de l'homogénéité des matériaux, le processus du sapement fait plutôt appel à un effritement généralisé, le rythme le recul de telles berges est moins rapide sue pour les berges caillouteuses, la berge présentant des niveaux consolidés ou argileux : la présence de niveaux consolidés dans les berges freine le développement du sapement.



**Figure II-8 :** sapement des berges

### II-5-3-3-La pente :

Les berges peu pentues favorisent une bonne implantation de la végétation, surtout pour les arbres. de plus, elles limitent l'érosion fluviale. Elles offrent également une grande surface de contact avec l'eau, ce qui limite l'érosion.

## **II-6-Stabilité :**

On peut définir quatre types de berges en fonction de leur stabilité :

Les berges stables ou peu dégradées, bien végétalisées ; elles évoluent peu et ne libèrent pratiquement pas de matériaux.

Les berges moyennement dégradées qui évoluent lentement en libérant de faibles quantités de matériaux. Ceci étant du soit à la faiblesse des potentialités érosives du courant (tançons rectilignes ou les angles d'attaques de la rivière sur la berge sont faibles), soit aux potentialités défensives de la berge (végétalisation, substrat), les berges très dégradées qui libèrent de façon locale des quantités importantes d'alluvion au niveau d'encoches d'érosion qui sont souvent associées au basculement d'arbres dans le lit mineur entraînant des reports de courant sur les rives ce type de dégradation est lié à l'existence d'angles d'attaque forts du courant sur les berges qui créent des tourbillons.

Les berges sapées qui libèrent des grosses quantités de matériaux sur une grande longueur ; le sapement se poursuit linéairement, il n'y a souvent pas de végétation pour freiner le phénomène.

## **II-7-Recommandations générales :**

Tout travail d'aménagement sur une rivière, navigable ou non navigable, requiert certaines précautions afin de modifier au minimum ses caractéristiques biologiques.

Les principales recommandations dont il faut tenir compte pour la sauvegarde de milieux naturels encore diversifiés sont les suivantes.

- Travailler sur les tronçons limités en fonction des nécessités et d'un plan directeur d'aménagement,
- Eviter d'uniformiser le faciès du cours d'eau par des surdimensionnements ou des rectifications (vitesse de courant, profondeur, largeur...); à défaut, recrée ou réimplanter des substrats de pente,
- Limiter les interventions sur le fond pour maintenir une diversité maximale d'habitats ; à défaut, reconstituer un substrat varié ainsi que des abris contre le courant et les prédateurs,
- Eviter d'enlever la végétation fixatrice des berges,
- Choisir les techniques les plus adéquates et les moins endommageables pour l'environnement (utilisation de protections indirectes, de plantations...),
- Protéger les zones de frayère (gravière, herbiers...),
- Tenir compte des espèces riveraines présentes et de leurs exigences de vie (ex : berge verticale en terre pour le martin-pêcheur ou l'hirondelle de rivage ; végétation riveraine dense pour la loutre...),
- Préserver l'intégration paysagère du cours d'eau,

- Prendre en compte l'aspect dynamique et unitaire que représente le cours d'eau de sa source jusqu'à son embouchure (conséquences amont et aval des travaux),
- Travailler alternativement sur une rive puis sur l'autre,
- Ménager des zones d'accès pour le bétail, créer des abreuvoirs,
- Rédiger un cahier des charges précis pour les entreprises contenant :
  - Les objectifs et l'importance des travaux
  - la planification-le matériel à choisir
  - la description précise avec schémas explicatifs
  - les plans et localisation des différentes actions
  - les matériaux à utilisé
  - les responsabilités de l'entrepreneur et les précautions à prendre.

### **II-8-choix des techniques d'aménagement :**

Tout cours d'eau dans son état naturel est entouré d'arbres, de buissons et de plantes herbacées.

Plusieurs questions peuvent se poser quant à l'utilité de maintenir cette végétation.

Peut-on tolérer, du point de vue hydraulique, la croissance d'arbre et de buissons à l'intérieur du profil des hautes eaux ? Peut-on confier aux plantes les fonctions protectrices des matériaux solides (pierre, béton) ? c'est principalement à cette dernière question que nous tenterons de répondre en examinant les possibilités offertes par diverses plantations.

Il est évident que les arbres ne peuvent être efficaces dès leur plantation, un temps d'adaptation et de croissance est indispensable ; pendant ce temps la protection des berges peut être assurée initialement par des ouvrages provisoire.ces mesures passagères ont pour but de protéger les éléments vivantes jusqu'à ce qu'ils puissent s'imposer d'eux-memes.il sera préférable de les réaliser en matériaux périssables tel le bois. Les différentes techniques sont par exemple : le clayonnage, les fascines, les géotextiles .il faut être attentif au fait que la stabilisation dite végétale ne peut donner de bons résultats que si l'on est en mesure d'assurer son entretien régulier.

Le choix du mode de protection des berges doit être dicté :

- Par la force du courant en jeu, c'est-à-dire par la vitesse du cours d'eau dans le tronçon à protéger,
- Par les matériaux disponibles localement,
- Par l'aspect paysager du tronçon, c'est-à-dire en accordant la priorité aux protections par plantations , suivi d'une combinaison de protection de pied « artificielle » et de talus naturelle et enfin par revêtement totalement artificiel, le long de routes, de talus de chemin de fer, de zones d'habitations, la ou cela s'avère réellement nécessaire.

L'objectif n'est pas de prôner l'aménagement systématique des berges, mais il est évident que certaines situations nécessitent des interventions. Dans ces cas-là, afin de préserver au

maximum le caractère naturel de la berge, il serait souhaitable de préconiser d'autres techniques de stabilisation que celles employées jusqu'à présent.

Suite aux considérations précédentes, lorsqu'on est confronté à un problème de stabilisation des berges on devrait, idéalement en fonction des conditions locales, choisir les techniques préférentiellement dans l'ordre suivant :

*Plantations :*

- Végétaux entiers,
- Parties de végétal (boutures...),
- Semis de grains (engrais, colles...).

*Compléments aux techniques végétales :*

- Fascinage en pied de berge.
- Tapis de végétaux ou garnissage,
- Utilisation de géotextiles.

*Plantation combinées à des ouvrages artificiels*

*Technique semi artificiel :*

- Enrochements libres
- Aménagement rustiques divers

*Technique artificiels :*

- Béton
- Palplanches
- Maçonnerie
- Enrochements liaisonnée

### **II-9-Conclusion :**

En conclusion, la berge idéale du point de vue de l'écologie et du paysage est une berge diversifiée, à hauteur apparente faible, en pente douce, à substrat naturel ou matériaux favorisant un recouvrement maximal par la végétation.

Pour cela la technique d'aménagement doit être choisi adéquatement avec le milieu en préservent l'aspect naturel afin de préserver l'équilibre dynamique et écologique du cours d'eau.

### **Chapitre III** : Les techniques d'aménagements

L'aménagement a, jusqu'à une période récente, été synonyme d'enrochement. Aujourd'hui, la volonté d'intégration des solutions d'aménagement dans leur environnement a poussé les professionnels à proposer de nouvelles techniques et ce qu'on va aborder dans ce chapitre

#### **III-1- les Techniques végétales :**

D'une manière tout à fait générale, les différents types de végétations vont jouer un rôle essentiel en réduisant l'érosion et donc en diminuant la quantité de sédiments entraînés dans l'eau, ce qui aura pour effet d'améliorer la qualité de l'eau (diminution de la turbidité) et de protéger les habitats benthiques (du fond).

Les techniques végétales ont pour objectif de :

Résoudre les problèmes d'érosion, recréer la zonation végétale naturelle, utiliser les effets consolidants et stabilisants des racines comme armature avec en plus de développement d'un effet drainant.

#### ***Les avantages sont :***

- Stabilité dynamique croissante en fonction du développement des plantes.
- Souplesse car il s'agit de matériaux vivants.
- Support-abris-nourriture pour les animaux
- Ombre pour limiter la croissance exagérée d'autres formes végétales indésirables.
- Faible coût.
- Participation à l'autoépuration du cours d'eau.
- Augmentation de la diversité écologique
- Accroissement de la valeur paysagère

#### ***Les inconvénients sont :***

- Nécessite d'une main-d'œuvre compétente et d'un entretien régulier

#### **III-1-1-Par plantations : différents types de végétations :**

On peut distinguer le rôle de trois types de plantations.

##### **III-1-1-1-Berge plantées d'arbres :**

#### ***Avantage :***

- Rôle anti-érosif,
- Rôle de brise vent (cultures, bétail)
- Rôle d'abri (bétail),
- Réduction de l'entretien des végétations herbacées des berges,
- Réduction de l'entretien du cours d'eau grâce à l'ombrage,

- Rôle écologique (abri, lieu de reproduction, de nutrition pour de nombreuses espèces animales terrestres et aquatiques).
- Rôle paysager (esthétique) et créatif, rendement économique éventuel,

***Inconvénients :***

- Perte de terrain.
- Entretien.

***Choix des plants :***

La plantation peut se faire au moyen de bouture ou de plants élevés en pépinière :

Le type de plant préconisé est un plant de 2-3 ans qui est livré en trois dimensions : 60-80cm, 80-100cm, 100-125, la dimension de 60-80 constituant un strict minimum. Ce type de plant est suffisamment robuste pour tenir tête à la concurrence végétale sous-jacente, ce qui rend superflus les travaux de dégagement. Ils sont également suffisamment petits pour ne pas avoir besoin de tuteur. On pourrait aussi choisir des plants de force et de hauteur différentes afin d'amorcer déjà un étagement des cimes. Le mieux est de renseigner chez les pépiniéristes pour connaître les possibilités de choix, en tenant compte des facteurs suivants :

- Plants de dimension minimal 60-80 cm,
- Plants ne nécessitant pas de taille des racines ou des tiges avant plantation,
- Plants ne nécessitant pas de tuteur et de travail du sol spécial,
- Plants de bonne croissance,
- Plants de prix modique.

De toute manière, pour un âge donné, les plants le plus forts ont les meilleures chances de reprise et une meilleure croissance. Les plants devraient être fournis par des pépinières proches dont les conditions climatiques sont les plus semblables aux conditions de la plantation.

**III-1-2-Le bouturage :****Description :**

Une bouture est un segment de branche (diamètre 2-4 cm, longueur 40-100 cm) ayant une forte capacité de rejets, que l'on plante isolément ou en groupe et qui, en poussant, forme un nouveau buisson, un nouvel arbre.

Cette technique utilise la capacité qu'ont certains végétaux, principalement les saules, de développer des racines adventives à partir d'un morceau de branche séparé de la plante mère.

Cette technique est adaptée à des berges peu soumises à l'érosion, elle permet une revégétalisation rapide des berges, mais nécessite de bonnes conditions hydriques du sol (implantation des boutures souvent limitée au bas de la berge).

La mise en place de boutures à travers un géotextile biodégradable est possible sans découpe préalable. (Verniers, 2009)

Les principales espèces de saules préconisées pour le bouturage sont :

Espèces à développement buissonnant et arbustif (pied de berge)

Saule pourpre .....Salixpurpurea

Saule à trois étamines .....Salixtriandra

Saule des vanniers..... Salixviminalis

Espèces à développement arborescent (haut de berge)

Saule blanc..... Salix alba

Saule fragile .....Salix fragilis

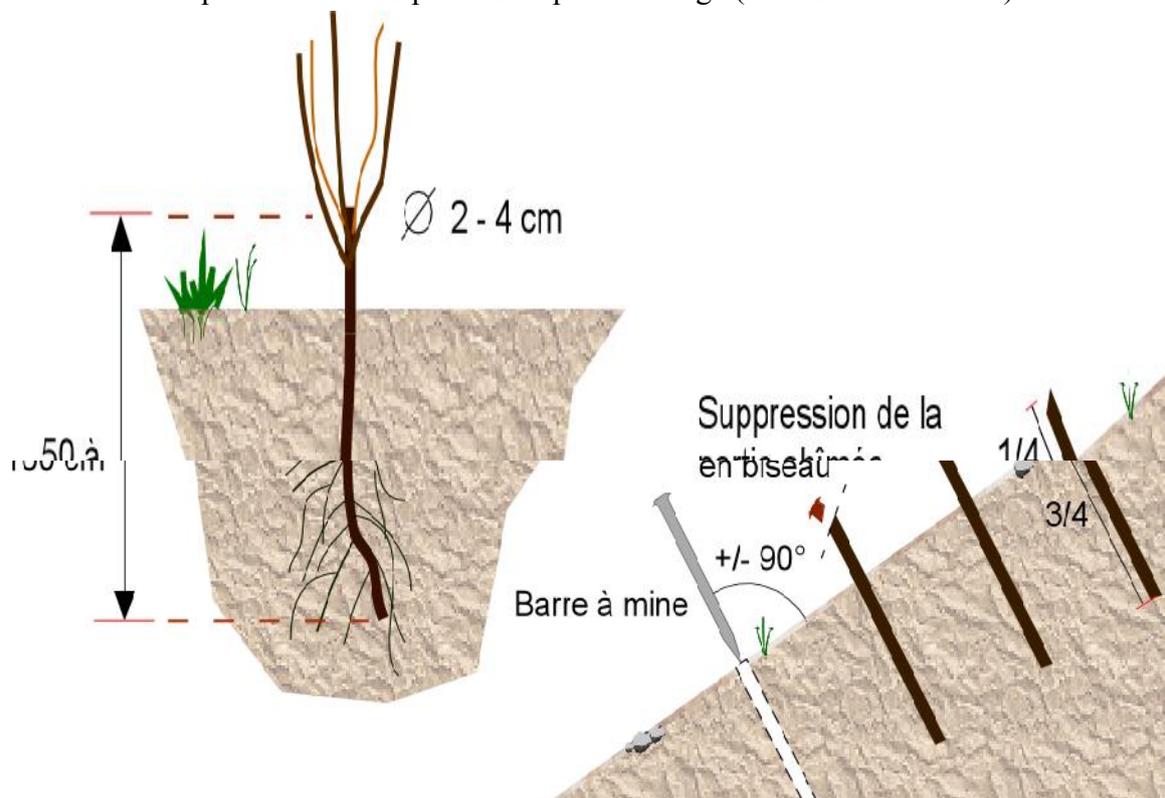
Saule hybride (blanc fragile)...Salix rubens

Cette liste est non exhaustive et doit être adaptée et complétée pour chaque cours d'eau et pour chaque situation.

Toutes les espèces ne se prêtent pas au bouturage. Les boutures en général, sont prélevées sur des arbres locaux et sur les exemplaires croissant le mieux et exempts de maladies, ce qui leur assure un maximum de chances d'adaptation. Elles ont une longueur de 50 à 100 cm environ et sont prélevées sur des pousses de 1 à 2 ans maximum, le bouturage en automne (dès le mois d'août pour certaines espèces) assure un meilleur enracinement.

Dans certains cas, il peut être nécessaire de stabiliser le pied de berge. Le bouturage peut être appliquée compléments d'autres techniques tels les peignes, les caissons...

Il faut distinguer les grandes boutures (1,50 m - 0,5 m enfoncement) placées en haut de berge, des petites boutures placées en pied de berge (2 / 3 d'enfoncement)



**Figure III-1- :** exemple de bouturage

**Application :**

- Débroussailler
- Terrasser la berge pour obtenir la pente désirée
- Placer un géotextile si nécessaire, le fixer avec des agrafes
- Creuser des trous à l'aide d'une barre à mine aux lieux d'implantation des boutures
- Mettre en place les boutures (L. 50 à 100 cm, diamètre 2 à 4 cm) enfoncées au  $\frac{3}{4}$  de leur longueur (respecter la polarité de la tige)
- Couper l'extrémité des boutures en biseau pour éviter la stagnation de l'eau
- Bien tasser la terre après le placement des boutures
- Ensemencer au dessus du géotextile si nécessaire
- Densité de plantation : 1 à 5 pièces / m<sup>2</sup> ou en ligne
- Chantier : de mars à avril

Les boutures sont en général plantées à des écartements de 30 à 50 cm. Le but est d'obtenir rapidement une couverture végétale entravant le développement d'une végétation herbacée envahissante

**Avantage :**

- Méthode économique et simple pour la stabilisation des talus et berges peu menacées
- Enracinement et reverdissement rapide
- Adaptation des boutures aux conditions locales
- Coût réduit des plans qui se limite aux frais de main-d'œuvre pour leur récolte et leur plantation
- Rapidité relative de la plantation (au moyen d'un plantoir)

**Inconvénients :**

- Effet ponctuel et peu stabilisant au niveau mécanique avant que les boutures aient repris (1 à 2 périodes de végétations)
- Implication de la présence de saules adéquats en suffisance et à proximité du lieu de plantation
- Dimension réduite des plants qui les rend sensibles aux agressions climatiques, du bétail, des eaux, de la végétation envahissante. Une protection et des travaux de dégagement sont donc à envisager

**Entretien**

- Arrosage si nécessaire
- Débroussaillage la 1<sup>ère</sup> année

**Entretien de routine de berges boisées :**

C'est au moment de la plantation que les berges boisées demandent le plus de manutention et d'entretien. Par après, lorsque les plants sont hors de danger, l'entretien devient périodique et consiste à :

- Eclaircir éventuellement un alignement ou bosquet planté trop serré (voir si les arbres se gênent entre eux),
- Recéper les plants à 20 cm du sol environ, lorsqu'ils se dégarnissent du bas,
- Ménager un espace suffisant pour le développement des sujets éduqué en arbre
- Préconiser lors du recépage des plants de réserver quelques sujets afin de ne pas dégarnir complètement la berge (sujets taillés ultérieurement ou éduqué en arbre),
- Effectuer l'entretien par petits tronçons. ne pas dégager toute une berge, ni les deux berges à la fois.
- Echelonner les travaux au cours de plusieurs années,
- Choisir l'époque des travaux d'entretien : de novembre à mars lors du repos végétatif,
- Evacuer les branches mortes de la berge afin qu'elle ne soit pas enlevées par les crues,
- Prévoir le rajeunissement vieux arbres (Saules)

**III-1-2-Berges d'hélophytes :****Description :**

L'implantation d'une roselière se fait sur des pentes très douces et de toute manière inférieures à 1/2, comme dans leur milieu naturel. Néanmoins, des essais réalisés par CORADI (1980 in Verniers 1995) ont démontré qu'il est possible d'installer une roselière sur des berges en pente 1/1 soumises à de fortes fluctuations du niveau d'eau (jusqu'à 1m 50 dans l'essai effectué sur le Rhin). Il est donc possible d'implanter des roselières sur des surfaces restreintes et de contrôler ainsi leur aire de colonisation (zone à roselière située entre le niveau moyen d'étiage et le niveau moyen des eaux). (Verniers, 2009)

**Avantages :**

- Bonne protection des berges dans la zone alternativement inondée et exondée
- Sédimentation favorisée
- Propagation aisée
- Biotope pour de nombreux insectes, poissons, oiseaux (abri, reproduction, nutrition)
- Diversification paysagère
- Pas d'entretien
- Rôle épurateur des eaux par assimilation minérale.

**Inconvénients:**

- n'est pas souhaitable sur de petits cours d'eau à cause de sa tendance à l'invasivité (cours d'eau de moins de 3 m de large et de 50 cm de profondeur)



**Figure III-2** : plantation d'iris, Dyle Ottignies

#### **Recommandations :**

- Si le sol est dur et pierreux, un travail préalable peut être nécessaire : mélanger sur 35 cm de profondeur de la terre fine (argile, sable, craie) et de la tourbe. La plantation se fait normalement au moyen d'un plantoir.
- La plantation à lieu dans la zone immergée sur 40 cm maximum en période de crue, sinon tout se fait emporter. De toute façon, la roselière redescend un peu le long de la berge; éventuellement, il faut abaisser le niveau du sol par rapport au niveau actuel, afin de planter les tiges dans l'eau.
- Les poules d'eau et autres canards étant très friands de jeunes pousses de roseaux, il est indiqué de protéger la plantation au moyen d'un treillis recouvrant complètement la zone fraîchement plantée si nécessaire.
- En cours d'eau navigable, il est conseillé d'assurer un minimum de protection contre le batillage, en aménageant une banquette protectrice en pierres.

#### **III-1-3-Ensemencement :**

##### **Description :**

L'ensemencement est une technique de stabilisation en surface de l'ensemble de la berge, par dispersion de graines d'espèces herbacées, réalisée manuellement ou hydrauliquement. Cette technique est surtout utilisée pour limiter l'érosion superficielle, notamment par ravinement. Le choix se porte sur des espèces à bon enracinement mais à croissance faible, afin de réduire les travaux d'entretien.

Le mélange grainier, souvent essentiellement composé de graminées, doit néanmoins comporter une proportion de 3 à 10% de légumineuses surtout lorsqu'un effet stabilisateur important est attendu. Les graminées et les légumineuses présentent une excellente

complémentarité au niveau de l'utilisation de l'espace aérien et souterrain. Les mélanges comportant une part de légumineuses présentent une meilleure tolérance face à la sécheresse. Le mélange grainier doit comporter une grande diversité d'espèces (variation des besoins physiologiques entre les espèces), compte tenu que les conditions de croissance sont souvent hétérogènes sur une berge (variation de l'approvisionnement hydrique entre le sommet et le pied de berge par exemple). Une couverture herbeuse diversifiée présente également une valeur écologique supérieure.

L'ensemencement est souvent associé à la pose d'un géotextile biodégradable sur des berges terrassées, de manière à limiter l'érosion superficielle avant le développement complet des herbacées.

Les tapis de graines ont pour avantages une mise en place relativement facile et une protection immédiate car les graines sont protégées du lessivage. Par contre, ils ne sont pas toujours adaptés aux conditions locales au niveau de la qualité des graines. Il existe, sur le marché, divers types de tapis de graines qui diffèrent entre eux par la nature des substrats, l'incorporation d'engrais et les dimensions.

Il est important de ressemer directement après travaux pour éviter le développement de plantes invasives. (Verniers, 2009)

#### ***Avantages :***

- Végétation possible là où le boisement est difficile ou peu indiqué (berges à fonction d'écoulement)
- Constitue une ouverture dans la galerie forestière continue,
- Mise en place relativement aisée,
- Rôle écologique différent de celui des zones boisées (insectes, oiseaux...),
- Technique simple (semis à la volée),
- Couvert végétal rapide et régulier,
- Système racinaire de surface évitant l'érosion pluviale et le ruissellement,
- Permet la pénétration lumineuse sur le cours d'eau et la ripisylve.

#### ***Inconvénients :***

- Nécessité d'un talutage plus doux (max. 6/4)
- Entretien assidu nécessaire, donc plus onéreux
- Atteinte paysagère lorsque les berges enherbées sont trop répandues (monotonie) risque d'envahissement des berges, à la longue, par des plantes nitrophiles (orties) ou autres indésirables (chardons)
- Contribution à la multiplication du rat musqué
- Conditions écologiques moins favorables à la flore et à la faune sauvage que dans les zones boisées, l'alternance des deux, si possible est plus riche

#### ***Application :***

L'ensemencement de la berge est réalisé soit manuellement, soit par projection hydraulique, soit par l'utilisation de bio-colle selon des densités variant généralement de 10 à 30 g/m<sup>2</sup>. Si nécessaire, reprofiler la berge et décompacter le sol avant l'ensemencement.

L'ensemencement à sec est généralement plus lent à lever et son adhérence au sol moins bonne. De ce fait, il doit être uniquement réalisé dans des périodes très favorables pour lesquelles la germination des graines sera rapide (on limitera de ce fait les pertes par ravinement des eaux).

La mise en place se fait au-dessus du niveau moyen des eaux entre le mois d'avril et la mi-juin, de même qu'à partir de début août jusqu'à la fin septembre. On peut procéder par semis ou par implantation de tapis de graines ou de tapis herbacé.

Le sol est travaillé sur une profondeur de 10 cm environ et est ensuite tassé.

Les semences sont répandues sur le sol, de manière assez dense : 20 g/m<sup>2</sup> sur berges plates et 40 g/m<sup>2</sup> sur berges abruptes.

Le lit de semences est recouvert d'une fine couche de terre (5 à 10 mm) qui est légèrement tassée.

#### Entretien :

- Si nécessaire, faucher les berges à partir de la fin juin, pour respecter la nidification des oiseaux
- Faucher avant la floraison des orties pour en limiter la dissémination
- Ne pas tondre en une fois les deux berges, ni tout un tronçon enherbé (échelonner les travaux dans le temps et l'espace),
- Évacuer les herbes coupées pour limiter l'eutrophisation de l'eau et des berges

a)



b)



**Figure III-3- :a)** ensémençement récent, **b)** après un an d'ensemencement

**Les points clés de la réussite d'une technique végétale sont les suivants :**

- Réaliser un véritable diagnostic avant de définir le projet
- Adapter le choix et le dimensionnement de la technique au milieu naturel et aux contraintes érosives (batillage, courant...)
- Protéger le pied des berges, couvrir au maximum les sols, favoriser le mélange des espèces et privilégier les aménagements avec pentes douces
- Sélectionner une entreprise compétente pour la réalisation des travaux
- Réaliser les travaux à une période favorable
- Un bon suivi et un bon entretien des aménagements, par des personnes compétentes

Le suivi est nécessaire pour l'évaluation de la technique. Malheureusement, dans le cadre des travaux actuels, il manque des moyens quantitatifs et des informations sur l'état initial des berges pour juger de la réelle efficacité des techniques. Jusqu'à présent, ce sont souvent des berges situées à proximité des travaux d'aménagement qui servent de berges témoins pour donner des informations sur l'état initial de la berge aménagée. Dans l'avenir, une meilleure analyse de l'état initial des berges devrait être faite et il restera à développer des moyens quantitatifs pour évaluer l'impact de la technique.

**III-2-Complément aux techniques végétales :****III-2-1-Fascinage :****Description :**

La fascine de saules est une protection du pied de berge réalisée avec des branches de saules vivants, assemblées en fagots et fixées par une rangée de pieux (fascine simple) ou disposées par couches successives entre deux rangées de pieux (fascine double). C'est une technique efficace qui apporte une protection mécanique immédiate, capable de résister à de fortes contraintes hydrauliques.

Les fagots peuvent contenir en leur centre un noyau fait de galets, graviers ou matériaux terreux.

Ces fascines de lestage complètent la protection du pied de berge.

Cette technique constitue, par son effet mécanique, une protection stable dès la mise en place, même avant que les végétaux aient repris. Elle permet la réalisation d'épis vivants sur les bords des cours d'eau.

Des branches anti-affouillement en dessous et en arrière des fagots de saules peuvent être placées pour limiter l'effet d'affouillement. Les branches des fagots reprendront et créeront un linéaire de saules le long de la berge. Le système racinaire puissant des saules empêchera l'érosion.

La confection de la fascine doit être précédée d'une préparation du terrain qui consiste à réaliser une petite plateforme (léger terrassement du pied de berge) en guise d'assise à l'ouvrage. (Verniers, 2009)

***Avantages***

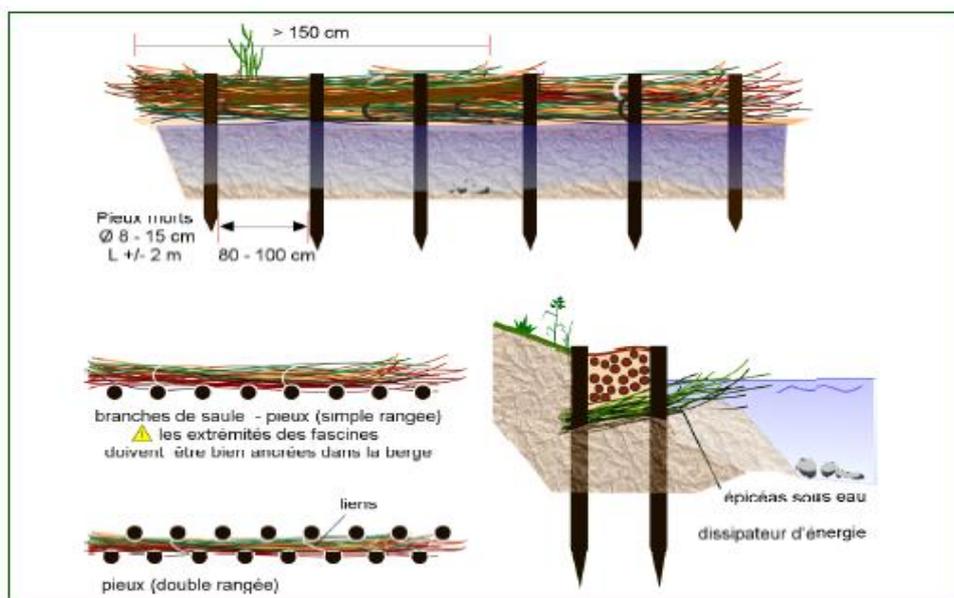
- Protection solide à effet immédiat
- dissipation du courant
- dépôt d'alluvions
- supporte bien les étiages
- s'adapte bien aux irrégularités de la berge
- propose des habitats divers (faune, flore)

#### Inconvénients :

- technique qui nécessite de grandes quantités de matière végétale (pieux et branches de saules).

#### Entretien

- recépage, si développement trop important
- contrôle de la tenue des pieux



**Figure III-4-** : exemple d'application de fascinage

### III-2-2-Tressage – Clayonnage

#### Description :

Le tressage est une protection de pied de berge de faible hauteur (maximum 40 cm) réalisée avec des branches de saule vivantes, entrelacées autour de pieux battus mécaniquement.

Le clayonnage est un tressage plus haut que 40 cm, il est plaqué, à plat, sur la berge talutée et nettoyée pour favoriser le contact avec le sol.

C'est une méthode rapide et efficace pour stabiliser les bords de cours d'eau en pied de berge, sur des cours d'eau peu agressifs du point de vue érosif.

Elle permet de modeler le pied de berge de manière très souple pour diversifier l'écoulement et les habitats.

C'est une technique particulièrement adaptée aux petits cours d'eau du fait de sa grande souplesse dans la mise en œuvre qui permet une très bonne adaptation aux variations du terrain.

Pour un fonctionnement optimal de l'aménagement, le tressage doit se situer 2/3 au-dessus du niveau moyen des eaux et 1/3 sous ce niveau; si le tressage a une grande hauteur sous l'eau, son développement sera moins bon. Si le tressage sort excessivement de l'eau, les branches se dessècheront et se développeront moins vite, voire pas du tout (hauteur totale comprise entre 40 et 60 cm). (Verniers, 2009)

### **Application**

- Enfoncer, par battage mécanique, des pieux d'une longueur de  $\pm 150$  cm et d'un diamètre de 7 à 12 cm, espacés tous les 60 à 80 cm.
- Tresser des branches de saules vivants (longueur  $\geq 200$  cm,  $\varnothing$  2 à 5 cm) sur une hauteur maximale de 70 cm. L'extrémité inférieure des branches doit être enfoncée dans le substrat de pied de berge. Au fur et à mesure du tressage, les branches doivent être pressées vers le bas pour obtenir un ouvrage compact.
- Remblayer l'espace situé entre le tressage et le pied de berge avec des matériaux terreux de manière à éviter le dessèchement des branches et à favoriser leur enracinement.
- Battre une seconde fois les pieux lorsque le tressage est réalisé puis couper leur extrémité dépassant au-dessus de l'ouvrage. Compléter la fixation éventuelle des branches aux pieux avec du fil de fer galvanisé ou de la ficelle agricole

### **Avantages**

- Protection immédiate, efficace et bon marché
- Constitue, par son effet mécanique, une protection stable dès la mise en place, même avant que les végétaux aient repris et produit des racines
- S'adapte de façon souple aux irrégularités de la berge

### **Inconvénients :**

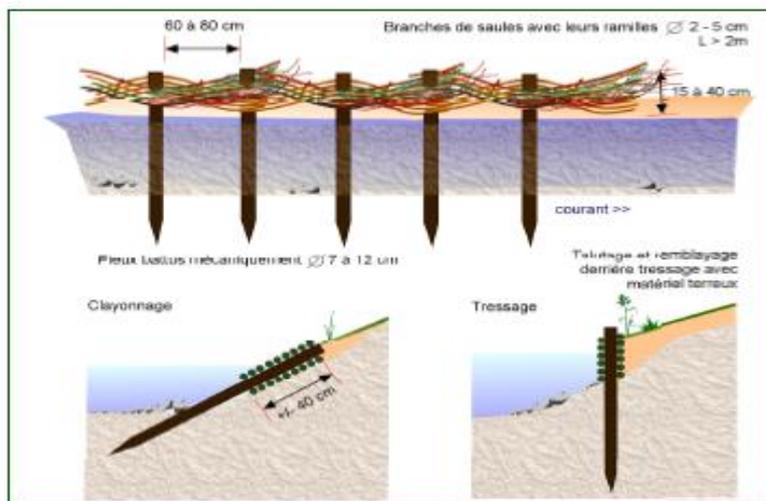
- Hauteur de protection relativement limitée et ouvrage nécessitant souvent d'autres techniques végétales accompagnatrices

### **Entretien**

- Taille et sélection des rejets
- Nécessité de regarnir en branches

### **Recommandations**

Cette technique est peu développée



**Figure III-5** : exemple d'application de tressage



**Figure III-6**: exemple de tressage réalisé

### III-2-3-Peigne :

#### Description :

Au pied d'une berge sapée, on entasse de manière enchevêtrée quantité de grosses branches, solidement attachées de manière à former un ensemble végétal capable de filtrer les éléments en suspension dans l'eau. La densité des branches crée des séparations dans le courant qui traverse le peigne, réduit la vitesse d'écoulement et les sédiments fins peuvent alors se déposer et reconstituer le pied de berge.

Cette technique convient pour lutter contre des niches d'arrachements, des affouillements, des sapements de berge et des instabilités de pied.

L'effet de protection est immédiat L'intervention est peu coûteuse et rapide et applicable en cas d'urgence mais uniquement utilisable sur des cours d'eau qui transportent beaucoup de fins alluvions.

On formera à l'aide de branches et de ramilles un ensemble végétal capable de filtrer les éléments solides transportés par le cours d'eau. Le dépôt de sédiments reconstituera la berge dans le profil souhaité.

On distinguera les peignes :

- de comblement : peigne remplissant entièrement le volume que l'on souhaite voir progressivement comblé par le sédiment.
- en cordon : peigne réalisé en ligne, de plus ou moins grande largeur, disposé de façon telle à protéger ou à reconstruire la berge, à protéger un remblai, réaliser un merlon etc.
- En nappe : peigne de faible épaisseur mis en œuvre en protection de fond ou de surface. (Verniers, 2009)

### Application

- Des pieux (longueur  $\geq 200$  cm,  $\varnothing$  10 à 15 cm) distants les uns des autres d'environ 100cm à l'endroit où la reconstitution du pied de berge est souhaitée, seront enfoncés par battage mécanique avec cloche de battage.
- Une fois battus, ils dépasseront le plan d'eau de 30 cm min. et 50 cm max. Les pieux seront espacés :
  - À 1,5 m en tous sens pour un peigne de comblement ;
  - De 1 m en quinconce pour un peigne en cordon ;
  - De 80 cm en tous sens pour un peigne en nappe.
- Les éléments végétaux seront disposés en couches de façon à réaliser un ensemble homogène et très dense. On compactera en prenant garde de ne pas briser les branches.
- La masse végétale sera attachée avec du fil  $\varnothing$  3 mm min. tendu entre les pieux qui seront rebattus mécaniquement pour assurer le compactage et la tension. Le câble sera bloqué dans une gorge de plus ou moins 2 cm de profondeur, entaillée dans le pieu et accomplira un tour mort complet avant de passer au pieu suivant. Deux clames de min. 40 mm assureront le blocage du câble à chaque pieu.
- Les peignes, une fois compactés, dépasseront le niveau d'eau de la rivière de 30 cm min. et 50 cm max. Le compactage est estimé suffisant si le peigne terminé supporte le poids de 80 kg / 2500 cm<sup>2</sup> sans fléchissement.
- Afin d'accélérer la revégétalisation du peigne, il peut être utile d'ajouter des matériaux terreux entre les branches.

### Avantages

- Mise en place assez facile et peu onéreuse
- Effet de protection immédiat
- S'engraisse après les crues par dépôt des alluvions
- Propose des caches sous berges (faune piscicole)
- Dissipation du courant
- Colonisable par d'autres essences

### Inconvénients:

- Retient tous les déchets transportés par le cours d'eau

**Entretien :**

Peu d'entretien, parfois nécessité de recharger le peigne

**Recommandations :**

La mise en place d'un peigne n'est pas judicieuse dans un milieu à forte contrainte hydraulique car son remplissage naturel par sédimentation est rendu difficile et son arrachage est favorisé.

Le peigne mort se révèle une technique particulièrement économique si l'on veut lutter contre l'érosion des berges dans des zones à caractère naturel mais il a une durée de vie limitée. Les sédiments retenus par l'entre lac de branches sont amenés à être fixés par les racines des saules ou des herbacés.

Les peignes sont souvent bouturés

**III-3-Les techniques indirectes :****III-3-1-Epis****Description :**

Il s'agit d'ouvrages construits en partant de la berge, obliquement au courant comme des jetées orientés vers l'amont. Leur rôle est de réorienter le courant ou de ralentir la vitesse du courant et ainsi de créer une zone de sédimentation. Cette technique n'est envisageable que sur des cours d'eau suffisamment large ( $\pm 10$  mètres).

Un épi modifie la répartition des vitesses et la direction du courant. Selon son implantation et son orientation, il permet soit d'approfondir, soit de remblayer une partie du lit. Le caractère hémiperméable de l'épi végétal permet un aménagement subissant des contraintes hydrauliques moins importantes, tout en augmentant la capacité de sédimentation par rapport à un épi en dur.

Il existe différents types d'épis en fonction du rôle qu'il doit assumer :

- Épis directionnel pour réorienter le courant
- Épis filtrant pour provoquer une sédimentation

Les épis sont combinés avec d'autres techniques, notamment les fascines. (Verniers, 2009)

**Application**

- La réalisation de cette technique demande l'utilisation de pieux de 100 à 300 cm de long et d'un diamètre de 5 à 15 cm ; des arbres entiers, des branchages, des matériaux de tressage et des matériaux de remplissage : gravier et pierres.
- Une fois battus mécaniquement d'au moins 1,50 m dans le substrat, ils dépasseront le plan d'eau de 30 cm minimum et 50 cm maximum.
- Les pieux seront espacés de 1 m de chaque côté de l'épi. On disposera les résineux transversalement au courant, selon une oblique amont précisée sur place, en imbriquant le pied de l'épi dans la protection directe de berge que constitue le peigne sur un minimum de 0,50 m.
- L'espacement entre épis est compris entre 1 fois et 2,5 fois leur longueur.
- Les éléments végétaux seront attachés avec du câble  $\varnothing 5$  mm minimum tendu entre les pieux qui seront rebattus pour assurer le compactage et la tension.

- La base de l'épi atteint au moins la moitié de sa longueur. Cette largeur se réduit de façon continue pour atteindre une largeur de 1 m à son sommet côté cours d'eau.
- L'épi hémiperméables constitue un ensemble filtrant assurant la sédimentation en pied de berge, modifiant la direction du courant et réduisant la section mouillée à l'étiage.
- Uniquement pour faible profondeur.

#### **Avantages**

- Les épis vivants font partie intégrante de la végétation des rives, ils rendent partiellement inutiles les ouvrages longitudinaux.
- Efficace rapidement.
- Provisoire car les matériaux se dégradent

#### **Inconvénients**

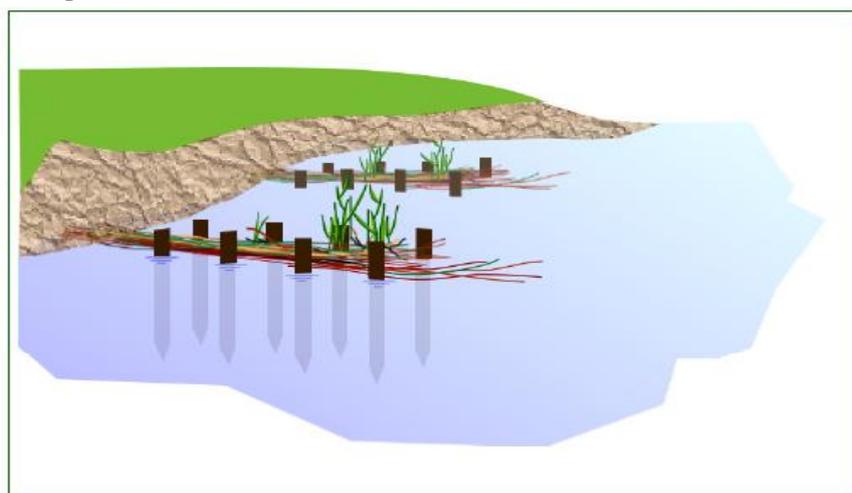
- Les épis inclinés à contre courant peuvent causer des affouillements à la tête de l'épi.

#### **Entretien**

- recépage éventuel.

#### **Recommandations**

Les épis hémifiltrants sont des dispositifs efficaces pour provoquer une sédimentation des matières charriées par les cours d'eau afin de faciliter une recolonisation de la berge.



**Figure III-7 :** exemple d'application épis

### **III-4- les Techniques combinées:**

#### **III-4-1-Enrochements et plantations :**

##### **Description :**

Par technique combinée, on entend l'association de matériaux inertes en pied de berge (enrochements, gabions...) auxquels on associe des matériaux vivants (ensemencements, plantations) sur le talus.

C'est une technique recommandée sur les cours d'eau à fortes contraintes érosives et où la profondeur d'affouillement est supérieure à 1 m au pied de la berge.

Elle peut être appliquée aussi sur les cours d'eau à forte mobilité, à fort transport solide, ainsi que lorsque le fond est rocheux

Les enrochements peuvent être recouverts de terre (du moins les interstices hors eau) ensemencée. (Verniers, 2009)

### **Application**

- à prévoir uniquement sur des tronçons limités

### **Avantages :**

- Intéressant pour les zones fortes artificialisées, à forte pression anthropique
- Réalisation en toute saison
- Peu d'entretien
- Possibilité de caches pour les poissons

### **Inconvénients :**

- Impact écologique en bas de berge
- Rupture de la zonation naturelle

### **Entretien**

- recépage éventuel des boutures

## **III-4-2-Green Terramesh**

### **Description :**

Il s'agit d'un système modulaire utilisé pour le renforcement de berges à pente forte.

C'est une structure grillagée alvéolée en fil de fer galvanisé pouvant être remplie de terre.

Une équerre modulable règle la pente.

Ces « paniers » sont recouverts d'un géotextile biodégradable côté berge qui permet une couverture végétale (Verniers, 2009)

### **Application**

- Terrasser la berge
- Nécessité de zone plane
- Fixer le grillage
- Installer l'équerre
- Remplir de terre
- Planter ou semer

### Avantages

- Recolonisation végétale et bonne intégration paysagère
- Ajustement de la pente

### Inconvénients

- Coût élevé
- Travaux de terrassement importants



**Figure III-8** : Exemples de réalisation (Grande Gette) Terramesh / talus (45°) ensemencement type prairie enrochement en pied

Un aménagement de berge en techniques végétales nécessite un suivi assidu les premières années suivant la réalisation des travaux, mais ne nécessite plus d'intervention particulière autre qu'un entretien classique les années suivantes.

Une berge restaurée avec des techniques végétales retrouve à terme un fonctionnement similaire à une berge naturelle végétalisée. Les usagers s'estiment généralement satisfaits de ce type d'aménagement.

### III-4 -3: Les géotextiles :

#### Description :

Ce sont des nattes filtrantes faites de matériaux synthétiques ou naturels (jute, coton). Ils peuvent être tissés ou non-tissés et offrir des degrés de perméabilité, de résistance et d'allongements variés. Le développement de ces divers géotextiles a permis d'accroître la solidité à court terme des ouvrages d'écotechnologie, particulièrement là où les contraintes physiques sont importantes. Le géotextile en fibre de coco est un filet constitué de fibres de coco tressées offrant une très bonne résistance mécanique temporaire, une très bonne perméabilité et assure, du fait de son épaisseur importante, une bonne protection contre l'érosion des sols. De plus, il favorise, du fait de son caractère hydrophile, la germination des semis et permet, dès le développement des végétaux, une bonne répartition des contraintes dans l'enracinement.

Il reste efficace assez longtemps, jusqu'à ce que l'enracinement des plantes ait stabilisé le terrain.

Composé de fibres naturelles, le géotextile en fibre de coco se décompose ensuite dans la terre sans laisser de résidus nocifs et nuisibles pour l'environnement.

Le géotextile en fibre de coco imposé pour ce travail atteint minimum 730 gr / m<sup>2</sup> et est constitué d'une contexture de  $\pm 9 \times 8$  fils torsadés par dm<sup>2</sup>. Il est disponible en rouleaux de 50 m de longueur et 2 à 3 m de largeur.

Le géotextile en fibre de coco est mis en œuvre en surface des remblais de terre arable et avant semis ou plantation.

Pour la plupart des ouvrages, les géotextiles tissés sont sélectionnés, car ils sont souples, très maniables et offrent une grande perméabilité tout en retenant un maximum de matériaux propices au développement végétal. Ils laissent passer les racines et les boutures, sans subir de dommages. A la fin des travaux ils assurent un effet immédiat de stabilité, en compensant le tissu racinaire non encore développé. (Lachat, 1991).



**Figure III-9 :** Exemples de réalisation de géotextile

En fait, les géotextiles peuvent agir de deux manières :

**Action primaires :**

- Protéger la couche superficielle contre l'érosion par l'eau ou le vent,
- Protéger superficiellement contre les hautes eaux dans le cas d'ouvrages hydrauliques,
- Protéger et stabiliser la berge contre un glissement,
- Offrir un support rugueux aux plantes pionnières,
- Consolider la couche contenant les racines.

**Actions secondaires :**

- Conserver l'humidité,
- Assurer un effet de serre

Dans le cas d'érosion importante lorsque la berge est à reconstituer, on peut envisager la technique suivante inspirée de travaux suivant:

- Préparation de la berge – talutage,
- Placement d'un géotextile sur le fond,
- Reconstitution de la berge par remblayage de galets, terre ou autres matériaux,
- Recouvrement par le géotextile,
- Maintien du pied par des piquets de tunage ou par un petit enrochement,
- Dépôt de terre tassée sur la berge – ensemencements – ou branches de saule cousues au géotextile qui fournissent des rejets et des racines fixant le géotextile au sol.

Les espèces utilisées pour l'engazonnement doivent offrir les caractéristiques suivantes:

Croissance rapide, résistance aux crues, grande densité de racines, croissance sur sol difficile

Les géotextiles sélectionnés sont du type tissé, les mailles s'écartant et épousant parfaitement les contours du végétal.

Leur rôle est de maintenir en place le remblai ou le sol de la berge tout en permettant la circulation de l'eau. Ils remplacent ainsi les racines encore inexistantes ou insuffisamment développées au début de la croissance. (BIOTECLACHAT, 1994)

Les problèmes posés par ce type de technique sont d'une part la « non-spécialisation » des entreprises ; d'autre part, la nécessité d'un entretien par la suite.

Il convient de distinguer les géotextiles perméables tissés et les non-tissés, les géotextiles aiguilletés et thermo soudés.

- Les tissés : ce type de géotextile entrelace des fils perpendiculairement entre eux pour obtenir un tissu. Par leur mode de fabrication, les surfaces tissées présentent une forte anisotropie, car elles possèdent deux directions préférentielles. Ce type de géotextile est surtout employé comme filtre.
- Les non-tissés : ils sont obtenus par liage mécanique et/ou chimique et/ou thermique des fibres textiles ou de fibrilles disposées en nappe. Ces produits sont isotropes. Il existe du géotextile non-tissé alvéolaire et de perméabilité adaptée. Les alvéoles remplies de terre et ensemencées préservent le site contre l'érosion.
- Les aiguilletés : l'aiguillage consiste à faire pénétrer à travers le textile un grand nombre d'aiguilles hérissées d'ergots, qui entraînent des fibres dans l'épaisseur de la nappe et assurent ainsi un meilleur enchevêtrement. Ce géotextile a une bonne résistance à la déchirure et une forte porosité.
- Les thermo soudés : la cohésion est assurée par des points de soudure résultant du ramollissement ou de la fusion partielle ou totale d'un certain nombre de fibres. La résistance à la déchirure est faible et leur porosité est nettement inférieure au géotextile aiguilleté.

Le géotextile doit permettre le passage de l'eau tout en stoppant le transport solide. L'eau doit pouvoir circuler dans les deux sens afin d'éviter les problèmes de sous pression. Il joue le rôle d'interface entre le sol et le matériau d'apport et il constitue un écran évitant l'arrachement des particules et permettant le développement de la végétation.

**Application :**

- Avant de dérouler le géotextile, on nettoiera le terrain de tout caillou ou déchet quelconque pouvant gêner la pose du géotextile et le développement ultérieur des végétaux semé ou plantés.
- Pendant la pose du géotextile, il faut bien assurer, d'une part, les ancrages des extrémités du support et, d'autre part, le placage le plus parfait possible sur le sol préalablement préparé.
- L'ancrage au-dessus du talus sera réalisé en le fixant dans une rainure d'ancrage de 20cm de profondeur, effectuée en tête de talus, parallèlement à la berge et au moins 50cm en retrait au delà de la rupture de pente. La fixation sera effectuée au moyen de fiches de 0,50 m de long et de Ø 5 mm minimum, formées en crosse, qui seront installées tous les mètres. La rainure d'ancrage sera ensuite comblée et compactée avec soin.
- L'ancrage en pied de talus sera réalisé au moyen d'une barre ou tube de fer rond parallèle à la berge sur lequel sera arrimé le géotextile. La barre ou le tube aura un Ø de 20 mm minimum sans dépasser un Ø de 50 mm pour autant. Cette barre ou ce tube sera ancré en pied de talus au-dessous de la protection de pied constituée de fascines de saules ou de plants d'hélophytes, au moyen de fiches formées en crosse qui seront posées à raison de 3 par m.
- Une fixation sur toute la surface apparente sera réalisée au moyen de fiches de 0,50 m de long, formées en crosse, qui seront posées à raison de 3 par m<sup>2</sup>.

**III-5-Techniques mécaniques :****III-5-1- Les blocs de béton ou le béton armé:****Caractéristiques:**

La protection des berges quelque soit en béton armé ou en blocks de béton est caractérisé par :

- Contrainte structurelle à cause d'accrochement de manière simple (E=10cm)
- Mauvaise adaptabilité à la partie où la vitesse d'écoulement est rapide
- Relativement faible rugosité de surface et faible effet de
- diminution de vitesse d'écoulement

**Avantages et inconvénients :**

Les différents avantages et inconvénient des blocks de béton sont :

- Nécessité de réaliser la fondation en béton,
- Mauvaise adaptabilité à la partie où la vitesse d'écoulement et la pente des berges sont rapides
- Faible durabilité à l'érosion et à l'effritement

Les différents avantages et inconvénient du béton armé sont :

- Meilleure caractéristiques hydrauliques de l'écoulement.
- Les matériaux de construction sont disponibles.
- La forme étroite est adaptée à la ville.

- Une durée de vie importante.
- En cas d'obstruction, une facilité de nettoyage.
- Assurance d'une propreté relative de ne pas être utilisé comme une décharge. Simple à réaliser.
- Un cout de génie civil élevé.
- Risque d'être considéré comme une décharge par les riverains. (Master plan d'oued ELHARRACH, 2012).

#### **Application :**

La figure ci-dessous représente une photo des blocks en béton prise d'un cours d'eau déjà aménagé



**Figure III-10 :** vue en plan des blocs de béton

L'application des blocks en béton concerne les berges du lit mineur et du lit majeur

#### **Exemple de dégâts du bloc en béton :**

Comme chaque technique les blocks en béton ont aussi des dégâts parmi eux les exemples suivants :

- Faible résistance à l'écoulement rapide des premières pluies à cause de la petite taille et le poids légers
- Accrochement de manière simple : Le détachement partiel est susceptible de s'aggraver en totalité

Choix de l'épaisseur de la protection de talus : Epaisseur existante=10cm 19cm



**Figure III-11:** dégâts du bloc en béton

### III-5-2- maçonnerie ou enrochement liaisonnée :

#### Description :

Soutènement très simple, il consiste à "disposer" des roches en général assez grosses pour former un talus, selon un angle plus ou moins prononcé. Une fois la mise en place effectuée, la masse des roches assure la stabilité de l'ensemble (Master plan d'oued ELHARRACH, 2012).

#### Caractéristiques :

Les principales caractéristiques des murs en maçonneries sont :

- Bonne capacité hydraulique grâce à l'intégration des roches entre elle avec une liaison en ciment
- Excellente adaptabilité à la partie où la vitesse d'écoulement est rapide
- Forte rugosité de surface et excellente flexibilité

#### Avantages et inconvénients :

Les différents avantages et inconvénient sont :

- Courte durée d'exécution grâce à la simplicité des travaux et la réalisation indépendante.
- Facilité de la garde de la forme lors de la conception du mur.
- Moins couteux et disponibilité des matériaux (zone d'empreinte près de la zone d'étude).
- un coût de transport important, et la surface de terrain 'mangée' par le talus.

#### Application :

La figure ci-dessous représente une photo lors de la conception d'un mur en maçonnerie dans un aménagement d'un cours d'eau.



**Figure III-12 :** aménagement avec maçonnerie a gauche et a droite en enrochement liaisonnée

### III-5-3- Le gabion :

#### Description :

Les gabions sont des structures parallélépipédiques formées de cages grillagées en fil de fer et emplies de Cailloux ou de galets.

La quatrième variante consiste en un canal qui ressemble au 2eme sauf qu'au lieu d'un canal en béton, nous aurons des canaux en gabions. La forme des murs est en escalier des deux côtés de l'axe de la rive. Il est ancré de 50 cm environ au sol. Des gabions en semelles sont placés entre le terrain de fondation et les gabions afin de mieux répartir les charges.

Nous gardons les ouvrages d'entrées et de sorties comme ceux de la première variante c'est-à-dire un lit de pierre pour faire face aux affouillements. Les dimensions de ces caisses sont conformes aux normes universelles (1x1x1), le diamètre des roches varie entre de 20 à 40 cm, la couche en béton à une épaisseur d'environ 10cm.

#### Avantages

Les principaux avantages du gabion :

- Les gabions coutent peu surtout si les pierres sont disponibles.
- Ils permettent de réduire la vitesse des courants grâce à leurs perméabilités.
- Parfaite intégration à l'environnement.
- La rigidité de chaque gabion, ainsi que le mode de solidarisation des gabions mis en place, confèrent à l'ensemble un caractère monolithique.

#### Inconvénients

Les principaux Inconvénients du gabion :

- Durée de l'ouvrage relativement courte.
- Curage de l'ouvrage très difficile du fait de ses aspérités.
- l'amont et l'aval sont les points les plus sensibles de la ligne d'enrochement, si l'eau arrive à passer derrière les blocs amont tout l'ouvrage est menacé par l'érosion et peut assez rapidement s'effondrer.
- Pendant le curage, l'endommagement de certains éléments est inévitable.
- Il demande une main d'œuvres qualifiées pour sa bonne exécution. (Master plan d'oued ELHARRACH, 2012)

#### Application :

La figure ci-dessous représente une photo lors de la conception d'un mur en gabion dans un aménagement d'un cours d'eau.



**Figure III-13 :** Exemples de réalisation d'un mur en gabion

**Remarque :**

La construction d'une digue, si elle protège votre terrain des inondations, entraîne des modifications de l'écoulement des eaux lors des crues. Cela peut provoquer l'inondation de terrains qui ne l'étaient pas avant la construction de la digue ou même aggraver les hauteurs d'eau observées.

**III-6- Conclusion :**

Il est important avant tout aménagement d'un cours d'eau, réfléchir aux divers types d'ouvrages envisageables à adopter, aux avantages et inconvénients au milieu et paysage naturel pour mieux choisir un système d'aménagement optimum afin d'épargner les risques au d'inondation l'érosion des berges et l'harmonisation avec l'environnement. Il faut que les solutions et les techniques proposées soient réalisables et adaptables aux conditions du terrain aussi bien topographique que géologique.

Les techniques citées ci-dessus prennent en compte le comportement morphologique des cours d'eau, l'érosion des berges et la protection contre les inondations, tous cela a pour pouvoir réaliser un but de protéger les vies humaines, les biens publique et privés, désenclaver la ville à protéger, créer des nouveaux espaces pour l'urbanisme, respecter l'aspect environnemental et promouvoir le développement local.

### Chapitre IV : Exemple de la zone d'étude

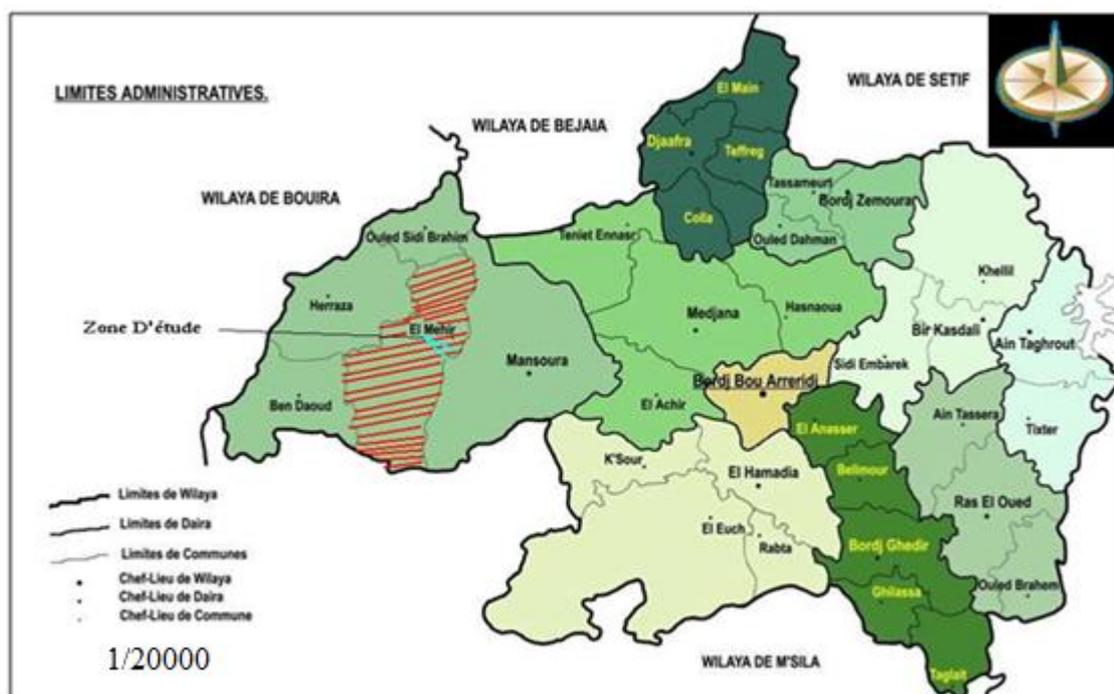
L'aménagement des berges du canal est un élément important car il permet de créer un lien entre le canal et les territoires traversés. De nombreuses possibilités sont offertes tant d'un point de vue paysager, touristique, écologique...

#### IV-1-Analyse de la situation actuelle de la zone d'étude :

##### IV-1-1- situation géographique :

La ville d'EL MHIR se situe à l'Ouest du chef lieu de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. Elle est délimitée par (figure IV-1) :

- Nord par la Commune d'OULED SIDI BRAHIM
- Ouest par la Commune de HARRAZA et la commune de BENDAOUED
- Sud par la Commune de HAMMAM DALAA Wilaya de M'SILA
- L'est par la Commune de MANSOURA



**Figure IV-1** : Situation de la ville d'EL MEHIR

##### IV-1-2-Rôle d'Oued ELMHIR :

La ville d'El MHIR, traversée par un cours d'eau (oued CHEBBA) temporaire dont les crues peuvent être particulièrement violentes, est depuis toujours sujette aux inondations

Coulant au centre de la ville d'ELMHIR, oued CHEBBA se situe dans un endroit où le fonctionnement de la ville est trop actif

Traversant le centre de la ville aussi, oued CHEBBA coulent entre des grandes surfaces agricoles

Le développement écologique d'oued CHEBBA devra jouer un rôle d'axe permettant de restaurer l'espace vert dont la morphologie a été changée par l'extension urbaine et les décharges



**Figure IV-2** : image satellitaire non traitée de la ville d'ELMHIR

#### IV-1-3-Analyse du paysage :

##### a)-Paysage aux alentours de l'oued :



**Figure IV-3** : image satellitaire non traitée de la zone d'étude

- ✓ La partie en amont borde les terres cultivées alors que certains endroits proches de la zone résidentielle constituent un mauvais paysage avec des déchets entassés aux bords des rives de plus un grand espace vide utilisé comme un marché informel de plus un grand espace vide est utilisé comme terrain de football.
- ✓ La partie en aval est caractérisée par des habitations avec un paysage défavorisé par rapport à la rentrée de la ville d'ELMHIR avec un chemin de fer qui traverse l'oued



a)-Chemin de fer qui traverse l'oued



b)-marché informel



c)-Terrain agricole

**Figure IV-4 :** Différentes photos de l'oued dans son état naturel**b)-Paysage fluvial naturel :**

Le paysage de l'oued est représenté comme suit :

- ✓ La partie en amont de l'oued a un paysage naturel : il y a des terres cultivées, et l'espace fluvial est étendu avec de grands arbres
- ✓ La partie intermédiaire et en aval étant situées dans la zone urbaine, la largeur de l'oued se différencie avec la perturbation causée par l'enlèvement du sable et les déchets
- ✓ Comme il existe des terrains vacants aux alentours de l'oued il est nécessaire de mettre en œuvre un projet dans lequel ils seront incorporés



a)-plantation d' Arbres



b)- degradation des berges



c)-Espace vacant utilisé comme terrain de football

**Figure IV-5:** Différentes photo montrent le paysage de l'oued CHEBBA**c)-Synthèse de l'analyse :**

- Nécessité d'éradiquer la pollution
- Amélioration de l'état de l'oued par un aménagement qui respect l'aspect naturel qui s'intègre dans la ville et permettra de restaurer la balance écologique de l'oued qui est rompue par l'action de l'homme.
- Servir les espaces vert au alentour pour les habitants.

**IV- 2- les orientations du plan :****IV-2-1-orientations de base :**

- ✓ L'objectif principal de notre étude est de crée une zone riveraine attractive et propre, débarrassée du paysage polluée défavorisé
- ✓ Renaissance d'une structure urbaine s'harmonisant avec la zone riveraine et la création d'un espace ouvert agréable au centre de la ville d'ELMHIR
- ✓ Amélioration de la vie : offrir des occasions de dynamiser la vie et prendre contact avec le milieu extérieur (loisir, sport, détente...)
- ✓ L'organisation de l'espace urbain en l'articulant aux autres atouts physiques et historiques dont bénéficie la ville
- ✓ Protection de la population contres les inondations
- ✓ L'aménagement des espaces de loisirs et de récréation.

- ✓ Restauration de l'environnement naturel : préservation et restauration des habitats naturels de la faune et la flore, renaissance de l'environnement naturel, amélioration de la structure écologique de l'eau.
- ✓ La sensibilisation de la population à la composante environnementale est son impact sur l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie.

#### **IV-2-2-Les principes directeurs :**

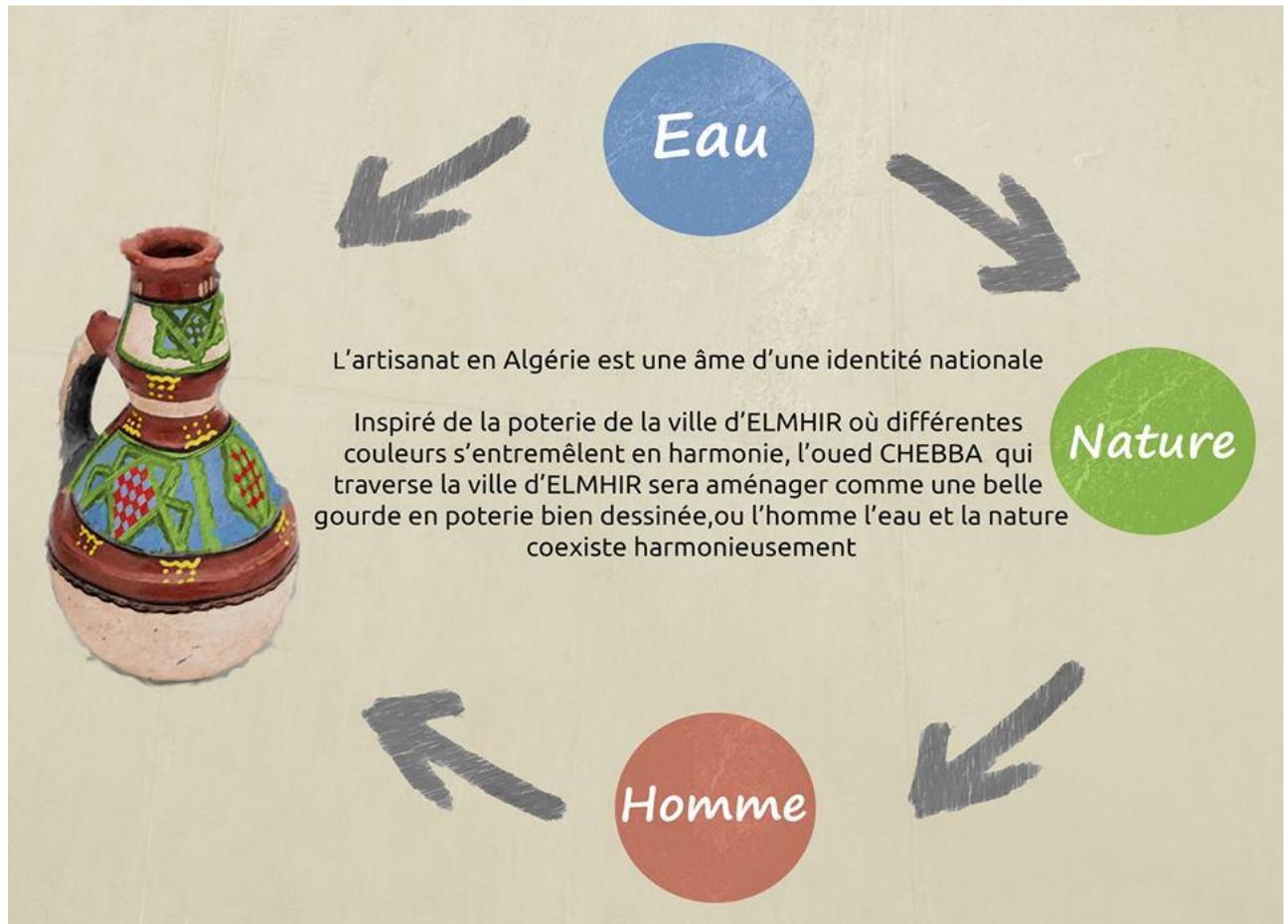
Les principes directeurs de l'oued CHEBBA sont les suivantes :

- ✓ Définition des principes directeurs en tenant compte de la position occupé par oued CHEBBA au sein de la ville d'ELMHIR sous un angle d'urbanisme
- ✓ Elaboration d'un plan en prenante considération des plans d'aménagements des zones avoisinantes
- ✓ Définition des orientations suivant les caractéristiques urbaines et paysagères des villes environnantes
- ✓ Restauration des fonctions écologiques du cours d'eau perturbées dans les secteurs urbain
- ✓ Sur la base des principes sus indiqué le plan d'aménagements a pour but de crée une ambiance agréable et dynamique des espaces riveraine en se débarrassant de mauvais images de l'oued : pollution vétusté et fermeté.

#### **IV-2-3-Concept d'aménagements :**

Héritiers de traditions séculaires, baignés d'influences multiples, produits d'un peuple familier de la lumière et de la beauté, les objets artisanaux en Algérie plus que tout autre activité artistique, incarnent le refuge d'un génie populaire que rien n'a jamais détourné de sa source et qu'il est nécessaire de sauvegarder dans la beauté première de son jaillissement naturel. Comme les traditions paysannes (poterie, tapis).

En Algérie l'artisanat est une activité nationale, ou la poterie est un art millénaire en évolution constante, la poterie algérienne intègre les apports des civilisations qui se sont succédé dans le pays.



**Figure IV-6 :** concept d'aménagement d'oued CHEBBA

### **IV-3-Délimitation des sites envisageables :**

#### **Les limites des sites :**

- Les rives d'oued CHEBBA étant entourées d'habitation, des terres agricoles et des terrains vacants
- Parmi les terrains vacants entourés de l'oued CHEBBA ya la présence d'un marché informel et une station de taxi et bus

#### **Stratégie d'aménagement :**

- Oued CHEBBA même si est un cours d'eau principal qui traverse le centre de la ville d'ELMHIR il n'est pas utilisé comme un espace de loisir à cause de la pollution et la vétusté
- Pour résoudre se problèmes, nous avons établi une stratégie d'une façon de prévoir un aménagement qui contribuera en mieux le cours d'eau avec le milieu naturel

#### **IV-4-Conception générale :**

##### **IV-4-1-conception des espaces :**

###### **Paysage riverain :**

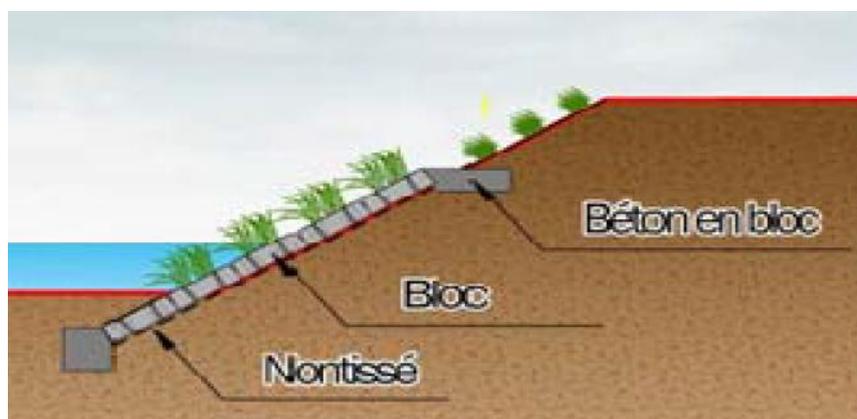
Une absence d'espaces de repos et de loisir (ces lieux peuvent être considérés comme lieu d'extension du lit majeur lors de crue) et les déchets entassés des habitations avoisinantes et des commerçants du marché informel, ceci peut accentuer l'inondation en augmentant la rugosité il est alors primordial de restaurer la naturalité et de créer une zone riveraine agréable présentant l'identité de la ville.

###### **Plan de conception de base :**

- Les berges sont aménagées en blocs végétalisables (résultat des calculs hydrauliques en annexe)
- Restaurer la fonction naturelle de l'oued et renforcer la fonction écologique en profitant des ressources naturelles abondantes
- Transformer les terrains vacants en un terrain de football et d'en faire un espace de loisir permettant aux citoyens de faire des activités de loisir quotidiennes
- Créer le long de l'axe fluvial, une piste cyclable qui sera liée à la zone résidentielle et aux installations urbaines en tant que liaison entre l'oued et la ville
- Aménager un marché et une station de bus

###### **Présentation des blocs végétalisables :**

C'est la méthode la plus utilisée s'agissant de fabriquer des blocs en béton avant de les faire monter et de les coller



**Figure IV-7** : Coupe transversale standard

Un canal est un système de transport dans lequel l'eau s'écoule et dont la surface libre est soumise à la pression atmosphérique.

###### **Caractéristiques hydrauliques (Stabilité) :**

Les blocs végétalisables sont caractérisés par :

- Stabilité structurelle grâce à une simple liaison ( $E=19\text{cm}$ ).
- Relativement bonne adaptabilité à la partie de forte vitesse d'écoulement.
- Bonne adaptabilité à la partie de forte vitesse d'écoulement.
- Considération de côté esthétique et de l'écosystème - Activités fluviales, protection de l'écosystème, préservation de paysage

- Facilité d'entretien contre l'abandon et la perte

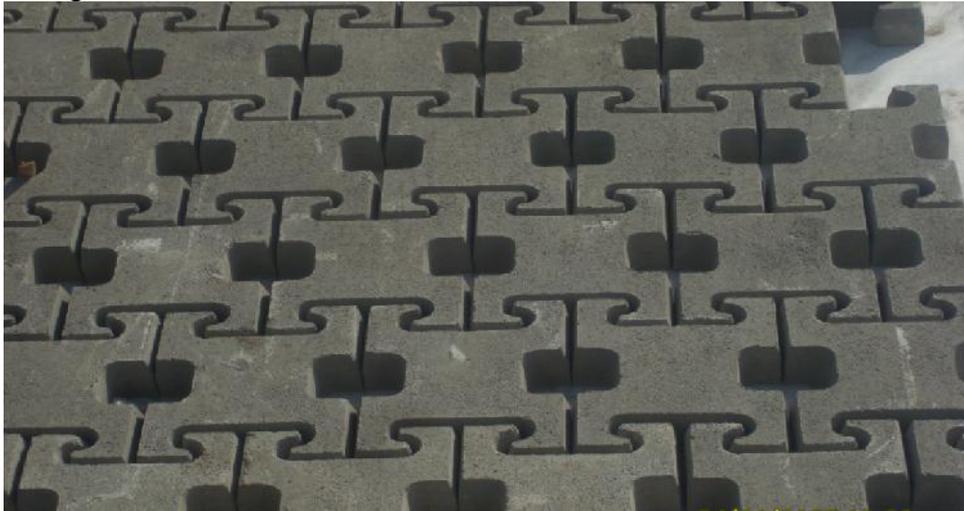
#### Avantages et inconvénients :

Les différents avantages et inconvénient sont :

- Contrainte importante du climat
- Bonne constructibilité grâce à sa grande taille
- Nécessité de réaliser la fondation en béton
- continuité écologique
- Facilité d'entretien

#### Exécution :

La figure ci-dessous représente une photo des blocks végétalisables lors de leurs dispositions dans un aménagement d'un cours d'eau.



**Figure IV-8:** vue en plan des blocs végétalisables lors de leurs dispositions

#### Critères de choix :

Le choix de cette technique dépend de trois raison principale :

- Stabilité structurelle et hydraulique grâce à une simple liaison.
- Bonne condition pour la végétalisation grâce à haute porosité
- Considération de côté esthétique et de l'écosystème, préservation de paysage

#### Coût :

Confection des blocks sur chantier tel que :( confection locale)

Poids : 23 KG/PI

Couleur : OCRE

Matière : BETON

Longueur : 25 CM

Largeur : 20 CM

Hauteur : 20 CM

- ✓ Dont 1 m<sup>2</sup> de block vegetalisable coute enivrent 9000 Da

**Revêtement du fond de l'oued:**

Il s'agit d'aménager le fond de l'oued par des plantes et des ressources naturelles dans laquelle des plantes à forte capacité épuratrice de l'eau et permettre de renforcer la stabilité du fond de l'oued telle que roseau, iris ensta var et typha utilisent leurs racines et grandissent pour absorber des matières qui sont a l'origine de l'eutrophisation comme l'azote et le phosphore avant de les éliminer.

Une autre fonction épuration épuratrice s'effectue par des microorganismes qui s'installent sur les racines des plantes et des micro-organismes utilisent leurs nutriments pour éliminer des polluants dans l'azote et le phosphore.la plupart des communautés de micro-organismes sont capables d'absorber des métaux lourds.

Les polluants peuvent être aussi éliminés par le procédé d'oxydation catalytique à travers des sables et des graviers qui sont sur le lit de la rivière.

L'aménagement du fond servira également d'un beau paysage et sera un espace de loisir

**-Efficacité et gestion de l'eau :**

Plus le temps de rétention est long, plus l'efficacité épuratrice devient élevée

Les plantes aquatiques sont capables de filtrer des polluants pour éliminer l'azote, le phosphore des matières organique et des matières en suspension.

Il ya une fonction de sédimentation et de filtration des matières solides en suspension.

Compte tenu du fait que les matières qui provoquent l'eutrophisation sont éliminées avec la croissance des plantes, il est nécessaire de couper une certaine partie d'une plante une fois qu'elle est grandie pendant un certain temps, ce genre d'entretien permettra d'utiliser de façon semi-empirique

Aussi comme il s'agit d'un système d'écoulement gravitaire on n'a pas besoin d'électricité ni de produit chimiques

**-Taux d'élimination du phosphore totale par les plantes aquatiques :**

L'élimination de la DBO5 avoisine environ 70a80% si la surface de chargement est inférieur à 100 kg DO5/hectare/jour. On voit que 50%de l'azote et 40%du phosphore sont éliminé.

Il est rapporté que l'absorption de l'azote et du phosphore par les typhas s'élève à 0.4-1.4 mg/m<sup>3</sup>/jour et a 0.3-1.1 mg/m<sup>3</sup>/jour si la biomasse n'est pas contrôlée.

Le tableau suivant montre le taux d'élimination du phosphore total par les plantes aquatiques

**Tab IV-1** :taux d'elimination du phosphore par les plantes aqatiques

cuve de réaction	Typha	scirpus	Reseau
Taux d'élimination du phosphore total(%)	85,1	77,3	61,7

Les plantes aquatiques telque typhas et roseaux auront de nouvelle feuilles une fois la partie superieure eliminée.

### Installations principale :

#### A)-Aménagement d'un marché et une station de bus pour la ville d'ELMHIR :

Profiter de l'existence d'un espace vide utilisé anarchiquement comme un marché informel pour l'aménager en tant que marché couvert et a coté une station de bus en introduisant plusieurs caractères optes à attirer les citadins a fin de créer un espace urbain dynamique

### Situation actuelle :

Il ya des terrains vacants aux alentours de l'oued (Nord EST), des habitations et un pont qui relie les zone résidentielles. L'espace fluvial n'est pas utilisé à cause de l'absence d'une voie d'accès et des installations de repos.



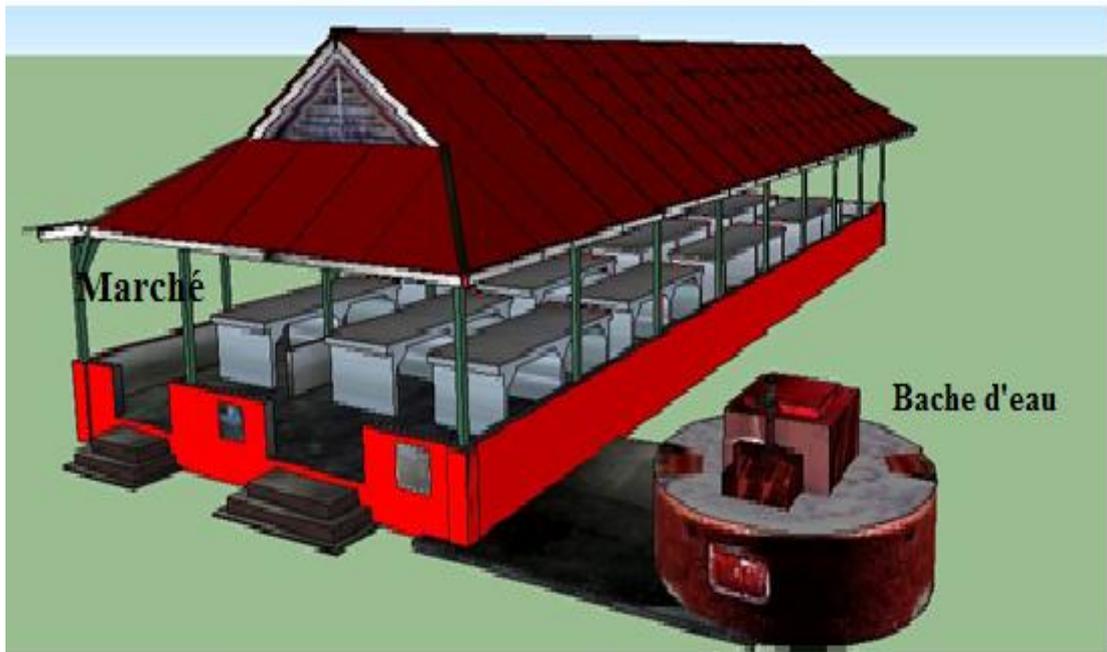
a)

b)

**Figure IV-9 :** L'état actuel du marché

### Plan d'installation :

- Piste cyclable seras mis en place le long de l'axe fluvial elle sera réalisé avec une matière élastique en uréthane et en Caoutchoucs
- Un marché couvert avec des magasins de (4\* 4 m) qui satisfait les besoins des citadins de la ville avec la mise en ouvre d'une petite décharge qui fait le trie des déchets résidus de marché afin de les recycler
- Aussi on aménage une station de bus et taxi a coté du marché pour facilités le déplacement des citadins d'une manière organisé



**Figure IV-10 :** le marché couvert



**Figure IV-11 :** la station de bus et taxi envisagé

### **B)-Installations sportives :**

#### **Situations actuelle :**

Les images ci-dessus montrent l'espace vides (Nord Est) qui est utilisé comme un terrain de foot se dernier sera le futur terrain de football muni d'un espace de repos,



a)



b)

**Figure IV-12:** Site envisageable pour l'installation d'un terrain de football

- Un meilleur environnement sera assuré par l'aménagement des installations sportives, compte tenu de la facilité d'entretien et d'utilisation, de l'accessibilité et de l'harmonisation avec la nature
- Les équipements sportifs seront installés dans la direction du (Nord EST) en liaison avec l'espace vert agréable avoisinant sans avoir de contrainte d'utilisation.

**Plan d'installation :**

- La dimension du terrain de football varie selon les usages à la norme fixée par la FIFA est de (105\*65m) sur la base de la ligne
- Il y aura un espace libre de 2m à 5m à l'intérieur de la ligne, plus cet espace est large, les joueurs peuvent utiliser plus d'espaces supplémentaires, attente, assister aux matchs .....etc.

Dans notre cas le stade sera implanté sur un terrain de (100\*62m)

**Revêtement du terrain de football :**

Le revêtement du terrain de football se divise en gazon synthétique et naturel, une pelouse en gazon naturel permet de réduire le risque de blessure lors d'un match et d'assurer une bonne qualité de jeu, mais comme le rétablissement du gazon se détériore avec l'utilisation fréquente de terrain cette pelouse a besoin d'une gestion régulière. Par contre le gazon synthétique n'assure pas un déroulement du jeu aussi satisfaisant que le gazon naturel, mais une surface synthétique demande moins d'entretien qu'une pelouse naturelle même avec une utilisation plus intense.

Nous envisageons d'utiliser une pelouse naturelle (gazon ensemencé) qui assure une meilleure qualité de jeu avec un coût de l'installation initiale moins élevé par rapport à la pelouse synthétique ;



**Figure IV-13:** Croqué des installations sportive et les airs de jeux



**Figure IV-14:** Stade de football envisagé

### Le drainage du terrain de football :

Pour estimer le drainage d'un stade qui est proche d'un oued, il faut éventuellement préconiser deux réseaux de drainage: un réseau superficiel et un autre souterrain:

Il faut

- 1- D'abord estimer le drainage superficiel, il faut calculer la pluie à évacuer pour une période de retour donnée, selon la loi de Montana
- 2- Puis sur les façades du stade délimiter les aires de drainage, cette opération est semblable à la procédure d'un calcul d'un réseau d'assainissement.
- 3- Après calcul du débit on estime le diamètre du collecteur qui est chargé de drainer les eaux pluviales hors du stade, en utilisant la formule de Manning par exemple. Suivant un calcul hydraulique en régime permanent. Donc cette partie c'est le drainage superficiel.

En deuxième partie, si le stade est proche d'un oued il faudra préconiser un drainage souterrain. Son utilité est d'empêcher la nappe proche de l'oued de remonter, il faut donc un drainage souterrain pour empêcher la remontée des nappes.

La procédure est un peu délicate, car :

- 1- Il faut estimer la pluie critique, à évacuer
- 2- Surtout connaître les paramètres hydrogéologiques :
- 3- Niveau de la nappe
- 4- Paramètre de conductivité hydraulique
- 5- Et enfin planifier le réseau de drainage

Il faut faire attention à ce que le réseau projeté ne soit ni trop profond ni trop proche de la surface du stade.

Le but du dimensionnement d'un réseau de drainage est de trouver :

Le diamètre optimal des drains (collecteurs perforés qu'on met sous le stade ou sous une surface pour empêcher la remontée des nappes.

Trouver l'espacement requis des drains : élément important dans le cas d'un dimensionnement d'un réseau de drainage.

Et enfin la profondeur des drains, qui est fonction des caractéristiques des nappes.

Dans notre cas on a un terrain de football de (100\*62m) les paramètres hydrologiques de calcul sont récapitulés dans le tableau suivant

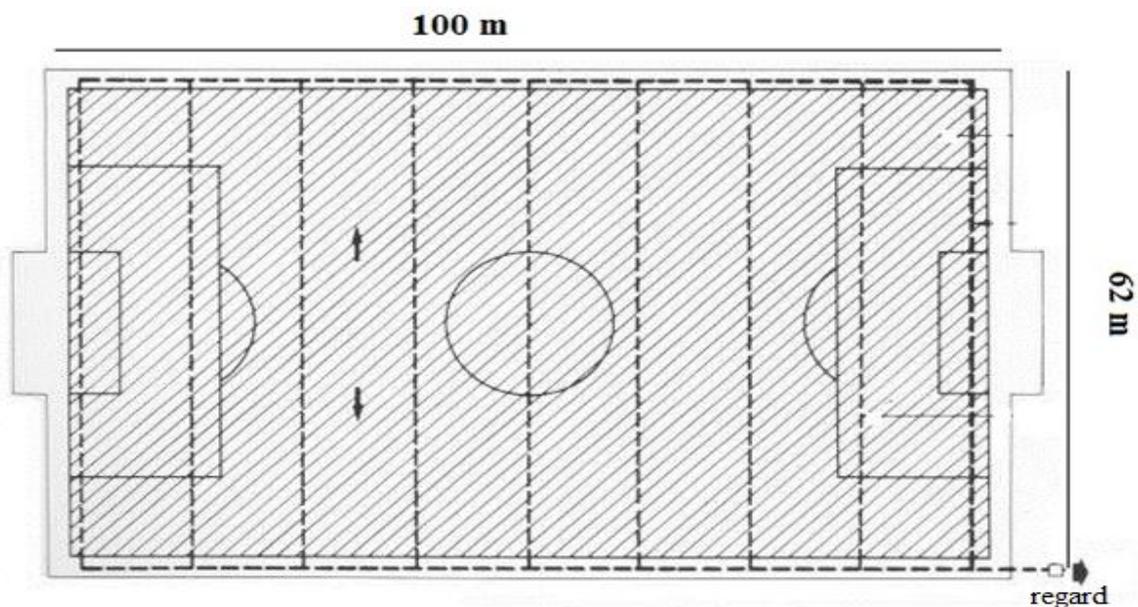
**Tab IV-2 :** Paramètres hydrologiques de calculs

Caractéristiques	Valeur
C. ruissellement	0.6
Exposant climatique b	0.35
Intensité	97 mm/h
K (coefficient de Manning)	70
Paramètre a	39.7
Période de retour	10 ans

**Tab IV-3** : Dimensions des collecteurs de drainage

Tronçons	L(m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	I (%)	D(mm)
I	58	10	1.5	400
II	58	9.95	1.5	400
III	58	10	1.5	400
IV	58	10	1.5	400
V	58	9.88	1.5	400
VI	58	9.97	1.5	400
VII	58	9.93	1.5	400
VIII	58	10	1.5	400
9	58	9.98	1.5	400
10	96	10.10	1	600
11	96	10.10	1	600

Le regard évacuera les eaux collectés et seront jeté aux milieux naturel (Oued CHEBBA)

**Figure IV-15**: Le drainage du terrain de football

**C)-Installations d'air de repos et espaces de loisirs :**

Aménager un espace en tant qu'un air de loisir pour les citoyens de la ville tous ces airs seront considéré comme espace d'épandage ce qui contribuera au lagunage et a la recharge de la nappe

**Situations actuelle :**

Les images ci-dessus montrent les espaces vides situés dans le coté Nord Ouest qui n'est pas utilisé se dernier sera aménager en un espace de repos et de détente pour les familles et les enfants de la région,

**a)****b)**

**Figure IV-16:** Site envisageable pour l'installation des espaces de détente

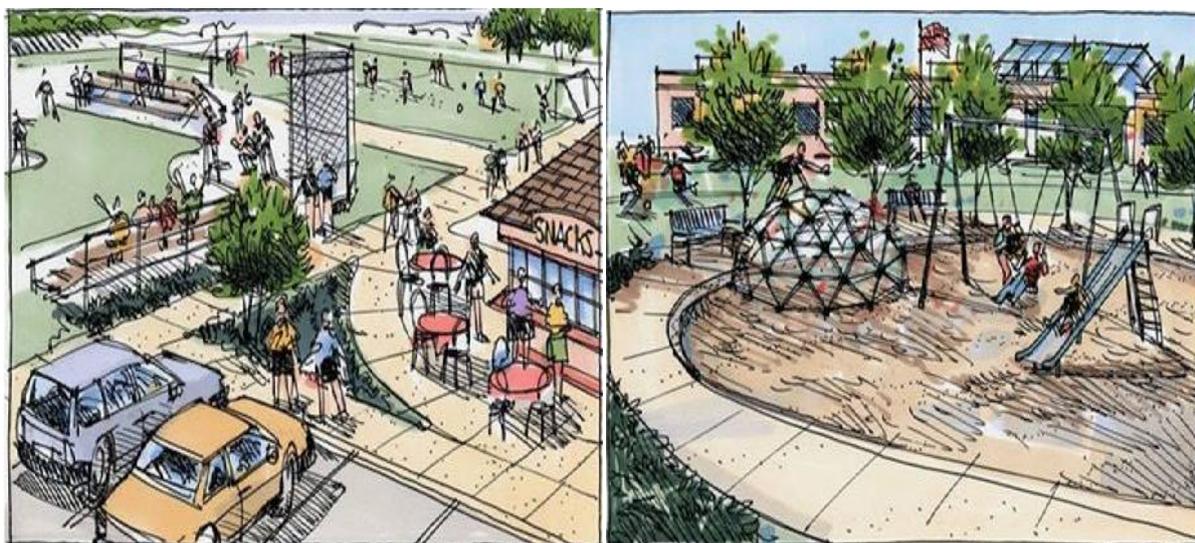
- Un meilleur environnement sera assuré par l'aménagement des espaces de détente, afin de dynamiser l'espace riverains,
- A fin de créé un air de loisir cohérent sur les rives, l'aménagement d'oued CHEBBA sera réalisé en harmonie avec le milieu naturel

**Plan d'installation :**

- Nous profitons de l'existence des arbres et des infrastructures existantes nous envisageons aussi de réaménager le revêtement du sol et l'éclairage
- Implantation des jeux pour enfants
- Mètre en évidence des espaces familiaux et un abri de voitures

**Revêtement du terrain**

Le vaste espace central sera revêtu par une pelouse destiné aux manifestations culturelles et aux pique-niques avec un paysage sur les berges pour devenir un espace de loisir et de culture pour les citadins



**Figure IV-17 :** Croqué des installations sportive et les airs de jeux

**IV-5-Plan de plantation :**

Comme il y a différents environnements de croissance des arbres tel que milieu fluvial, milieu terrestre, etc. dans les sites envisagé, il est important de sélectionner et introduire des essences forestiers adéquats aux caractéristiques environnementales

Il est désirable de préserver de bonnes essences forestières parmi les espèces existantes. des espèces indigènes algériennes adaptées aux conditions climatiques seront implanté dans les espaces de repos et de loisir pour former une belle vue.

**Plantations aux alentours de l'oued CHEBBA :**

Les arbres plantés aux alentours de l'oued, des espèces qui n'ont pas besoin de la gestion de l'eau comme l'irrigation, des arbres d'alignement et des cocotiers ont fait l'objet de notre étude, et ils sont disponibles et peuvent être fournies.

Les tableaux suivant montrent les différents types forestiers qui peuvent être plantés aux bords de l'oued et aux alentours

**Tab IV-4** : essences forestières qui peuvent être planté au bord de l'eau

Essence forestière	photo	Remarque	Essence forestière	photo	Remarque
Cordia		Arbre hygrop-hile	Erythrina Crista-Galli		Arbre d'alignement adapté à la zone fluviale
Cassia Corymbosa		Arbuste hygrop-hile	Frêne		Arbre hygrop-hile
Peuplier		Arbre hygrop-hile	-		

**Tab IV-5** : type de Cocotiers

Essence forestière	photo	Remarque	Essence forestière	photo	Remarque
Latania		Croissance lente	Phoenix Canariensis		
Chamaerops		Origine méditerranéenne	Washingtonia (Pritchardia)		

**Tab IV-6 : les arbres d'alignement**

Essence forestière	photo	Remarque	Essence forestière	photo	Remarque
Albizia			Ficus Retusa		Arbres d'alignement d'Alger
Sophora			-		

**Tab IV-7 : les Cornières**

Essence forestière	Photo	Remarque	Essence forestière	Photo	Remarque
casuarina		Rideau d'arbres	Cypres Vert		

**Tab IV-8- : les Arbustes**

Essence forestière	Photo	Remarque	Essence forestière	Photo	Remarque
Althea			Hibiscus Rosa Sinensis		
Deutzia		Fleur blanche	Jasmin D'hiver(Jaune)		Fleur jaune
Romarin			-		

**Tab IV-9 :** Espèces qui n'ont pas besoin de la gestion de l'eau

Essence forestière	Photo	Remarque	Essence forestière	Photo	Remarque
Lentisque			Grenadier Commun		Fruits
Herpulia			Faux Poivrier		
Catalpa		Fleur blanche	Jaccaranda		Bonne vue
Acer Negundo (Erable)			-		

Le tableau suivant montre les essences choisies dans notre cas

**Tab IV-10:** Espèces choisi

zone de vegetation	catégorie	Essence forestière	Remarques
Milieu fluvial	Grands arbres	Cordia, Cassia Corymbosa, Peuplier Erythrina Crista-Galli, Frene	Arbres à larges feuilles
Milieu terrestre	Grands arbres	Latania, Chamaerops, Phoenix Canariensis, Waschingtonia(Pritchardia)	Cocotiers
		casuarina, Cypres Vert	Conifères
		Lentisque, Herpulia, Catalpa, Acer Negundo(Erable), Grenadier Commun, Faux Poivrier, Jaccaranda	Arbres à larges feuilles
Arbres d'alignement	Arbustes	Althea, Hibiscus Rosa Sinensis, Deutzia, Jasmin D'hiver(Jaune), Romarin	
	Grands arbres	Ficus Retusa, Albizzia, Sophora	Arbres à larges feuilles



**Figure IV-18 :** Vue en plan du plan d'aménagement final a une échelle de 1/2500(fait par SKETCHUP 2013)

**IV-6-Conclusion :**

Les cours d'eau doivent non seulement assurer notre ressource en eau, subir nos rejets, servir de moyen de transport, mais aussi remplir leur rôle paysager et conserver leur vocation écologique dans ce cas l'aménagement d'un oued exige une mobilisation de moyens (matériels, humains) pour éviter les périodes de crues de plusieurs années, pour cela en a envisager un aménagement qui a pour but de protéger la population, satisfaire leurs besoins, prévenir des risques et respecté le milieu naturel et l'aspect paysager de la zone aménagée.

## **Conclusion générale :**

L'aménagement des cours d'eaux a toujours pour objet de protection des berges contre les inondations et l'érosion afin de protéger les vies humaines et le milieu naturel, les biens public et privés, désenclaver la ville à protéger, créer des nouveaux espaces pour l'urbanisme, respecter l'aspect environnemental et promouvoir le développement local.

Mais ils ont longtemps été conduits dans l'ignorance des fonctionnements hydrologique et écologique des systèmes fluviaux, dont la compréhension repose aujourd'hui pour l'essentiel sur des résultats obtenus au cours des deux dernières décennies

Pour palier a ce problème nous avons d'abord commencé par une présentation de la situation de quelque cours d'eau, une description de la morphologie des cours d'eau, présenté les différents types d'aménagement avec leurs avantages et inconvénients et a la fin une étude a été faite sur oued CHEBBA pour la protection de la ville d'ELMHIR on respectant le milieu naturel et la dynamique fluvial de telle sorte a intégré ces aménagements dans l'environnement dans lequel ils sont implantés

## Référence bibliographiques

- **CHANDERIS A, M ; MALAVOI J-R ; SOUCHON, Y ; WASSON J-B ; PENA H.(2007)** système relationnel de l'hydraumorphologie des cours d'eaux principe et méthode ,version provisoire V.3.1.
- **Eliane Auberger, Sycomore, Nathalie Lespiaucq Chomette. Mars 2006** Communauté d'Agglomération de Montluçon. Charte Architecturale et Paysagère Préconisations.
- **Degoutte, G...** FORMES NATURELLES DES RIVIÈRES ; RIPISYLVE ; ÉVOLUTION DES BERGES.2005, chapitre 3
- **Malavoi J-R. (2007).** Manuel de restauration hydro morphologique des cours d'eau, Agence de l'eau Seine Normandie.
- **Thomas Lamberet ; PROJET D'AMENAGEMENTS CONTRE LES INONDATIONS SUR UN BASSIN VERSANT DE LA VILLE DE NIMES (30),** Mémoire de fin d'étude, Septembre 2008, ENGEES France
- **ROUABAH.W** Aménagement hydro-environnemental de oued CHEBBA et oued ELMHIR ville d'ELMHIR W.BBA,. Mémoire de fin d'étude, ENSH Blida .2014.
- **Verniers, G.** 1995.Aménagement écologique des berges des cours d'eau -- techniques de stabilisation. Presses Universitaires de Namur, Belgique, 77 pages.
- **Verniers, G.**2009. Techniques végétales Conception, application et recommandations Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie fluviale.
- **DAEWOO ENGENIERING ;** Rapport final de l'étude d'aménagement d'oued ELHARRACH, 2012.Elaboration d'un Plan Directeur de Requalification d'Oued El Harrach

### Site internet :

- Acte des journées technique : Risques naturels : Inondations, Prévisions, Protections disponible sur le site [http : // www.danepairire.com](http://www.danepairire.com) consulté le 03/04/2014
- Arcelor Métal disponible sur [www.Arcelormetal.com/palplanche](http://www.Arcelormetal.com/palplanche) consulté le 17/11/2014
- Aménagement et restauration des cours d'eau disponible sur [www.ingenurieCNR.fr](http://www.ingenurieCNR.fr) consulté le 04/08/2014
- L'aménagement des berges par génie végétal profession paysagiste consulté sur : [www.prof-pays.fr](http://www.prof-pays.fr) le : 18/04/2014
- Techniques végétales disponible sur [www.SPW.fr](http://www.SPW.fr) consulté le 12/07/2014

[www.sndl.com](http://www.sndl.com)

[www.google.com](http://www.google.com)

[www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)

[www.SketchUp .fr](http://www.SketchUp.fr)

**Tableau:** les résultats de la simulation des deux oueds en canal trapézoïdal en Bloc végétalisable

Profil	Débit	Cote du fond	Elév.eaux	Elév.critique	Elév.L.Enegi	Largeur au fond	pente	vitesse	Froude	Régime Eco	H	Hc	Hcos
	m <sup>3</sup> /s	m	m	m	M	m	m/m	m/s			m	m	m
10	532.79	495.15	498.63	498.63	500.36	25	0.009222	5.82	1	Criti	3.48	3.48	3.78
9	532.79	493.68	497.04	497.40	499.25	25	0.011233	2.84	0.71	Flu	3.36	1.68	3.66
8	532.79	492.53	494.63	495.47	497.39	25	0.025395	7.36	1.71	Tor	2.1	3.38	2.4
7	532.79	490.50	493.87	493.88	495.37	25	0.007380	5.43	1	Cri	3.37	3.37	3.57
6	532.79	489.89	492.58	492.99	494.59	25	0.013385	6.28	1.24	Tor	2.69	3	2.99
5	532.79	488.11	491.52	491.52	493.13	25	0.008457	5.62	1	Criti	3.41	3.41	3.71
4	532.79	486.99	490.93	489.88	491.11	25	0.001277	1.86	0.4	Flu	3.94	2.89	4.24
3	532.79	486.16	490.25	489.26	490.76	30	0.002104	3.17	0.53	Flu	4.09	3.1	4.39
2	532.79	485.11	489.87	488.14	490.52	30	0.002272	3.57	0.54	Flu	4.76	3.03	5.06
1	532.79	484.94	488.21	488.21	489.78	35	0.008530	5.55	1	criti	3.27	3.27	3.57
23	413.58	484.71	499.80	486.75	499.81	40	0.000013	0.56	0.05	Flu	5.97	2.77	6.27
22	413.58	485.56	499.77	488.33	499.81	40	0.000055	0.9	0.08	Flu	5.38	2.77	5.68
21	413.58	486.63	499.78	488.4	499.80	40	0.000015	0.53	0.05	Flu	5.34	2.77	5.64
20	413.58	487.67	499.79	491.67	499.79	40	0.000008	0.38	0.04	Flu	5.31	4	5.61
19	413.58	488.50	499.76	492.7	499.79	40	0.000030	0.74	0.07	Flu	5.44	4.2	5.74
18	413.58	489.92	499.73	494.02	499.79	40	0.000080	1	0.11	Flu	5.97	4.1	6.27
17	413.58	490.28	499.69	494.28	499.78	40	0.000128	1.27	0.14	Flu	5.54	4	5.84
16	413.58	491	499.66	495.3	499.77	40	0.000211	1.45	0.16	Flu	5.77	4.3	6.07
15	413.58	492.48	498.62	498.88	499.75	40	0.000269	1.58	0.21	Flu	5.25	4.4	5.55
14	413.58	493.47	498.36	498.97	499.66	40	0.000883	2.42	0.34	Flu	5.88	4.5	6.18
13	413.58	493.88	499.26	498.4	499.54	40	0.000921	2.37	0.37	Flu	4.36	4.52	6.66
12	413.58	494.70	498.75	498.4	499.31	45	0.002258	3.30	0.56	Flu	4.88	3.7	5.18
11	413.58	495.48	497.70	497.70	498.75	45	0.007637	4.54	1	Critic	2.22	2.22	2.52
25	413.58	481.76	482.57	483.83	485.27	50	0.196606	11.46	4.08	Tor	0.81	2.07	1.11
24	413.58	481.85	482.68	483.36	485.24	50	0.064689	7.09	2.54	Tor	0.83	1.51	1.13

