

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De L'Enseignement Supérieur Et De La
Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
INSTITUT DE GENIE-RURAL



EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTERE
PRESENTEE PAR : M^{elle} BOUZOUIDJA Souâd

SPECIALITE : GENIE-RURAL
OPTION : SCIENCE DE L'EAU

THEME

CONTRIBUTION A L'ETUDE D'AMENAGEMENT
DU BASSIN VERSANT DU COURS D'EAU DE
LA CHIFFA

Soutenue publiquement le 18.04.2001

Devant les membres de jury :

M. KHALAF H. Président. Professeur à l'USTB
M. HAMOUDI S. Examineur. professeur au centre universitaire
De Chelf
M^{me} TOUAIBIA B. Examinatrice. Maître de conférence à l'ENSH de
Blida
M. CHEMLAL N. Examineur. Chargé de cours à l'USTB
M. REMINI B. Rapporteur. Maître de conférence à l'USTB

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'Enseignement Supérieur Et De La
Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
INSTITUT DE GENIE-RURAL



EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTERE
PRESENTEE PAR : M^{elle} BOUZOUIDJA Souâd

SPECIALITE : GENIE-RURAL
OPTION : SCIENCE DE L'EAU

THEME

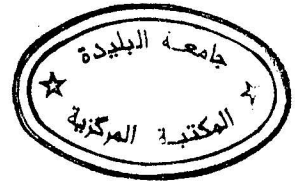
CONTRIBUTION A L'ETUDE D'AMENAGEMENT
DU BASSIN VERSANT DU COURS D'EAU DE
LA CHIFFA

Soutenue publiquement le 18.04.2001

Devant les membres de jury :

M.KHALAF H. Président. Professeur à l'USTB
M.HAMOUDI S. Examineur. professeur au centre universitaire
 De Chelf
M^{me} TOUAIBIA B. Examinatrice. Maître de conférence à l'ENSH de
 Blida
M.CHEMLLAL N. Examineur. Chargé de cours à l'USTB
M.REMINI B. Rapporteur. Maître de conférence à L'USTB

REMERCIEMENTS



Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué à l'institut du GENIE-RURAL de l'université de Blida , sous la direction de M.REMINI B. maître de conférence à l'université de Blida. Qu'il me soit permis de lui exprimer ma vive gratitude pour avoir assuré la direction scientifique de mes travaux ,pour ses conseils et ses critiques .

Mes vifs remerciements à M.DRIOUECHE M. du BNEDER pour sa disponibilité et la qualité de ses interventions .

J'adresse également mes remerciements au président de jury ainsi qu'à tous les membres de jury.

J'associe à ses remerciements toute personne qui ma soutenue moralement et financièrement lors de la réalisation de se mémoire.

A tous , je dis merci !

TABLE DE MATIERE

INTRODUCTION GENERALE :

- INTRODUCTION.....	1
- APPROCHE METHODOLOGIQUE.....	4

CHAPITRE I. ETUDE DES PARAMETRES MORPHOLOGIQUES ET CLIMATIQUES DU BASSIN D'OUED CHIFFA

I-1. GENERALITES.....	7
I-1-1. LE SOUS BASSIN.....	7
I-1-2. ETUDE MORPHOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT	
I-1-2-1. DEFINITION DU BASSIN VERSANT.....	9
I-1-2-2. LES CARACTERISTIQUES DE FORME.....	11
I-1-2-3. LES CARACTERISTIQUES DE DRAINAGE.....	16
I-1-2-4. LES CARACTERISTIQUES DU SOL.....	21
I-2. ETUDE CLIMATIQUE	
I-2-1. INTRODUCTION.....	22
I-2-2. LES BILANS CLIMATIQUES.....	23
I-2-3. ANALYSE SYNTHETIQUE DES DIFFERENTS GRAPHIQUES ET INDICES ET LEURS INCIDENCES SUR LE COUVERT VEGETAL	
I-2-3-1. APPLICATION DU DIAGRAMME OMBOTHERMIQUE DE GAAUSSEN	
I-2-3-2. CLIMOGRAMME DE PEGUY.....	32
I-2-3-3. INDICES PLUVIOMETRIQUES DE LANG.....	33
I-2-3-4. INDICE D'ARIDITE DE DEMMARTONNE.....	33
I-2-3-5. QUOTIENT PLUVIOMETRIQUE D'EMBERGER.....	34
I-2-4. SYNTHESE BIOCLIMATIQUE.....	35
CONCLUSION.....	36

CHAPITRE II. MILIEU NATUREL : ETUDE CARTOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU BASSIN

II-1. INTRODUCTION.....	37
II-2. CARTOGRAPHIE DU MILIEU NATUREL.....	37
II-3. DETERMINATION DES CONTRAINTES DU BASSIN VERSANT DE CHIFFA.....	48
II-3-1. DEFINITION	48
II-3-2. CLASSEMENT DES CONTRAINTES.....	48
II-3-2-1. CONTRAINTES FAIBLES.....	48
II-3-2-2. CONTRAINTES MOYENNES.....	48
II-3-2-3. CONTRAINTES FORTES.....	49
II-4. ORIGINE DE LA DEGRADATION.....	49
II-5. ZONAGE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED CHIFFA	51
II-5-1. ZONE DE STABILITE APPARENTE.....	51
II-5-2. ZONE INTERMEDIAIRE.....	51
II-5-3. ZONE D'INSTABILITE CHRONIQUE.....	51

II-6. ETUDE DE LA GEOLOGIE.....	53
II-6-1. LA STRATIGRAPHIE.....	53
II-6-1-2. DISPOSITION DES UNITES LITHOLOGIQUES.....	54
II-6-1-3. DESCRIPTION SOMMAIRE DES FORMATIONS-----	55
II-6-2. LES FACTEURS MORPHOLOGIQUES.....	56
II-6-3. PAPPOT ROCHE/ SOL ET REPARTITION VEGETALE DES ZONE D'ETUDE.....	57

CONCLUSION.....	59
-----------------	----

CHAPITRE III :ETUDE DU TRANSPORT SOLIDE DU COURS D'EAU DE LA CHIFFA

III-1. GESTION ET TRANSPORT SOLIDE DU COURS D'EAU DE LA CHIFFA	
III-1-1. INTRODUCTION.....	60
III-1-2. LA DYNAMIQUE DU LIT DU COURS D'EAU.....	61
III-1-3. ORIGINE DES MATERIAUX.....	62
III-2. GRANULOMETRIE DES MATERIAUX.....	63
III-3. LE ROLE DES SEDIMENTS FINS ET DE LA VEGETATION----	66
III-4. LE ROLE DU SUBSTRATUM DANS LA MORPHOLOGIE-----	66
III-5. GESTION DU TRANSPORT SOLIDE-----	66
III-5-1. DEFINIR UNE STRATEGIE GLOBALE DE GESTION DU TRANSPORT SOLIDE.....	67
III-5-2. ACTION DE MAITRISE DES APPORTS SOLIDES.....	67
III-6. DEBUT D'EROSION DES BERGES ET DU FOND.....	68
III-7. LES CALCULS DE CAPACITE DU TRANSPORT.....	69
III-7-1. DEBITS SOLIDES DES TRANSPORTS PAR CHARRIAGE.....	70
III-7-2. DEBITS SOLIDES DES TRANSPORTS PAR SUSPENSION..	76
III-7-3. DEBIT SOLIDE TOTAL.....	79

CONCLUSION	82
------------	----

CHAPITRE IV. PERSPECTIVES D'AMENAGEMENT DU BASSIN VERSANT ET DU COURS D'EAU DE LA CHIFFA

IV-1. INTRODUCTION-----	83
IV-2. METHODES DE PROTECTION DU BASSIN VERSANT CONTRE L'EROSION HYDRIQUE.....	84
IV-2-1. PROPOSITIONS D'ACTION.....	88
IV-3. METHODE DE PROTECTION DU COURS D'EAU : LA CORRECTION TORRENTIELLE	
IV-3-1. CLASSIFICATION DES BASSINS TORRENTIELS.....	95
IV-3-2. LUTTE CONTRE L'EROSION EN MONTAGNE.....	96
IV-3-2-1. PRINCIPES GENERAUX DE CORRECTION TORRENTIELLE..	96
IV-3-2-2. EROSION TORRENTIELLE.....	97
IV-3-2-3. LUTTE CONTRE L'EROSION CONCENTREE : LES RAVINS..	97
LUTTE AU NIVEAU DU LIT.....	98
LUTTE AU NIVEAU DES BERGES.....	104

CONCLUSION.....	114
CONCLUSION GENERALE.....	115

NOTATION:

02-11: Codification des sous bassins appropriée à l'A.N.R.H.

A : Superficie en km^2 .

P : Périmètre en km.

KH : Indice de compacité de HORTON sans dimensions.

L : Longueur du cours d'eau principal en km.

K_G : Indice de compacité de Gravelius.

L : Longueur du rectangle équivalent en km.

l : largeur du rectangle équivalent en km.

I_P : Indice de pente de Roche en m^2 .

D : Dénivelée entre deux courbes maîtresses en m.

d : Equidistance entre deux courbes de niveau en m.

a_i : Fraction en % de la surface A comprise entre deux courbes de niveau voisines distantes de d_i

d_i : Superficie entre deux courbes de niveau voisines en m^2 .

I_G : Indice de pente global sans dimensions.

E : Altitude moyenne en m.

a : Aire comprise entre deux courbes consécutives en km^2 .

h : Altitude de courbe de niveau en m.

H_m : Altitude médiane en m.

S : Pente moyenne du bassin en %.

x : Ordre des thalwegs classé selon SCHUMM.

L_x : Longueur totale cumulée des thalwegs d'ordre x en km.

Dd : Densité de drainage en km/km^2 .

N_x : Nombre de thalwegs d'ordre x.

R_c : Rapport de confluence.

R_L : Rapport de longueur. } sans dimensions

D_s : Dénivelée spécifique en m.

C_T : coefficient de torrentialité en km/km^2 .

F : Nombre d'oueds primaires d'ordre 1.

ETP : Evapotranspiration en mm.

I_d : Indice d'aridité de DERMATONNE.

P : Précipitations moyennes annuelle en mm.

t : température moyenne de la station de Médéa en $^{\circ}\text{C}$.

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger.

M : Température moyenne maxima du mois le plus chaud.

m : Température moyenne minima du mois le plus froid.

τ_0 : Tension de frottement à la paroi en t/j.

τ_{cr} : Tension de frottement critique à la paroi en t/j.

γ_s : Poids volumique de la matière qui constitue le diamètre d_{50} en t/s.

γ_0 : Poids volumique de l'eau.

d_{50} : Diamètre des particules en m.

h eau : Hauteur d'eau en m.

I : Pente du lit de l'oued en %.

B : Largeur du lit du cours d'eau en m.

G_s : Transport solide charrié en t/j.

$a_{\text{Meyer peter}}$: Coefficient de correction tenant compte de la rugosité du lit.

$$a = (k_s/K_r)^{3/2}$$

K_s : Coefficient de rugosité global du lit avec : $K_s = \frac{V}{R_H^{2/3} I^{1/2}}$

K_r : Rugosité du matériau du fond avec : $K_r = \frac{21.1}{(d_{50})^{1/6}}$

Q_{ss} : Transport solide en suspension en t/j.

Q_l : Débit liquide en m³/j.

E_s : Taux d'érosion annuelle en t/km²/an.

T_a : Taux d'érosion annuelle en t/km²/an selon TIXERONT .

R : Lamé d'eau ruisselée en mm/an.

D_m : Déficit annuel d'écoulement en mm.

RESUME

Nous abordons dans cette présente communication, l'influence du phénomène de l'érosion du bassin versant sur le transport solide amené par le cours d'eau principal la Chiffa.

Cette étude est orientée vers l'application d'une approche méthodologique de l'aménagement du milieu naturel et du vecteur naturel de l'eau : Oued Chiffa, pour son importance écologique et sa menace pour la route nationale N°1.

L'étude des paramètres morphologiques et climatiques a permis d'identifier le bassin versant. Pour pouvoir synthétiser toutes les données recueillies et à fin de les traiter et de les interpréter plus rapidement, nous avons fait recours à la cartographie qui est le meilleur moyen de visualisation de l'information. Par son biais, nous avons détecté les zones fragiles sujettes à l'érosion. de plus de l'étude du transport solide qui nous a permis de quantifier le débit solide charrié et le débit en suspension, donc d'évaluer le taux d'érosion dans le bassin versant, soit d'une valeur totale de $1367.48/\text{km}^2$ pour 10 ans.

Pour enfin proposer des mesures et des techniques d'aménagement simples et qualifiées, pour rétablir l'équilibre du milieu naturel et par la suite stabiliser le lit et les berges du cours d'eau de la Chiffa.

Mots clés :

Bassin versant, torrent, correction torrentielle ,berges et lit du torrent ,pente de compensation, profil d'équilibre, aménagement du milieu physique, érosion hydrique ravinante

ABSTRACT

This survey is oriented toward the application of a methodological approach of the planning of the natural environment and the flood: Oued Chiffa, for its ecological importance and its threat for the national road N°1.

The morphological and climatic parameter survey permitted to identify the watershed. To be able to synthesize all introverted data and to end to treat them and to interpret them more quickly, we made recourse to the cartography that is the best means of visualization of information. By its slant, we detected frail area suitable to the erosion. Besides of the survey of the solid transport that permitted us to quantify the carried discharge and the discharge in hanging, therefore to value the rate of erosion in the watershed, either of a total value of $1367.48\text{t}/\text{km}^2$ for 10 years.

For in short to propose measures and the simple and qualified harnessing techniques, to restore the equilibrium of the natural environment and thereafter to consolidate the bed and banks of the flood of the Chiffa.

Words keys: Flood, torrential rain, erosion, watershed ,bed and banks flood

INTRODUCTION GENERALE



INTRODUCTION :

Les cours d'eaux sont les vecteurs naturels des eaux superficielles et parfois d'une part des ressources souterraines. Les activités humaines font que leur situation et leur état relativement stationnaires et en rapport normal avec leur vocation par le passé (moyennant de nécessaires travaux d'entretien) subissent présentement une évolution dont la rapidité est croissante et dont les effets sont nuisibles :

A la vocation du vecteur physique d'un élément naturel : l'eau ;

A la vocation du milieu biologique, piscicole que constitue le vecteur.

Les aménagements hydrauliques des cours d'eaux ont pour effet de combattre les effets nuisibles à la vocation de vecteur.

Les aménagements se répartissent en deux groupes selon l'objectif visé :

- Les aménagements ayant pour but de faciliter l'écoulement des eaux en vue de :

Supprimer l'inondation des zones habitées ou des voies de communication

Réduire le temps de submersion des terrains.

- Les aménagements ayant pour but le stockage en vue de :
L'utilisation de l'eau dont on ne retiendra que les écluses et barrages « au fil de l'eau », les lacs artificiels et retenus collinaires entrant dans un ordre de préoccupation différent.

Dans un bassin versant non protégé contre l'érosion, des ravines et ravins drainent les eaux de ruissellement. L'eau ainsi concentrée sape les berges en bas des versants, ceux ci ont tendance à glisser, les terrasses alluviales sont attaquées, le débit solide des rivières serait alimenté surtout par cette action de l'eau.

Il apparaît donc nécessaire déjà, même si les versants ne sont ou ne peuvent pas être aménagés, de traiter les exutoires pour limiter l'action de l'eau dans les thalwegs et sur les berges.

Les ouvrages de défense contre l'érosion établis sur les versants entraînent des modifications du débit des eaux

dans les exutoires naturels, qui ont un impluvium grand et vont assurer l'écoulement d'une plus grande quantité d'eau. L'eau va donc se mettre à creuser le lit de l'exutoire, affouiller les berges. Celui ci va se comporter comme un canal d'écoulement d'un torrent cherchant un nouveau profil d'équilibre.

L'oued chiffa se comporte comme un torrent à pente forte, il comporte trois parties :

- Bassin de réception : partie amont à sol spécialement affouillable, zone où par réunion des eaux, le torrent se forme. Quand il est sans protection, le terrain est affouillé (ravinement, éboulement), le torrent se charge de matériaux qu'il déplace ;
- Le canal d'écoulement : correspondant au cours moyen. A l'état naturel, l'érosion et l'accumulation y vont de pair selon le débit, c'est le transport qui domine : c'est ce canal qu'on appelle exutoire, l'eau a tendance à affouillé le fond et les berges.
- Cône de déjection : partie inférieure du torrent, est formé par le dépôt des matériaux dans la vallée où le canal d'écoulement débouche, où la pente est plus faible, le torrent dépose les matériaux qu'il ne peut entraîner plus loin. En les déposant- il exhausse son lit, à la moindre crue il le quitte pour occuper un autre.

L'aménagement du cours d'eau de la chiffa ; revient à aménager primordialement le bassin versant qui le contient, puis à stabiliser son lit et ses berges.

En rétablissant l'équilibre du bassin, contre l'érosion, le taux de matières solides transporté par le cours d'eau le long du bassin sera minimiser et par conséquences la force tractrice déstabilisatrice sera amortie.

La route nationale N°1 qui lie le Nord de l'Algérie à sa partie sud passe par notre zone d'étude d'où l'intérêt essentiel de sa protection contre les inondations.

L'étendue de notre bassin versant est couverte par les cartes topographiques au 1/50.000 ème suivantes :

Blida N°63

Médéa N°86

Lavigerie N°85

Le bassin se situ à 70 Km orientation sud d'Alger compris entre les monts de Chréa , Djbel Guerroumene , forêt des Beni Salah au Nord Est , Mouzaia les mines au nord Ouest et le plateau de Médéa au sud.

Sur les feuilles topographiques de Blida et Médéa au 1/50000ème suivant les coordonnées LAMBERT, le secteur d'étude est compris entre les points les points suivants :

X1= 499	Y1= 323
X2= 519	Y2= 348

Le régime hydrologique de ce bassin ne peut être perçu sans une étude préalable aussi fine que possible des conditions physico-géographiques de l'écoulement dont l'interaction détermine l'intensité et la variabilité des phénomènes hydrologiques dans le temps et l'espace.

L'étude du contexte morpho-structural du bassin et des caractéristiques du réseau hydrographique permettra de situer le cadre de réception des eaux précipitées.

Les caractéristiques lithologiques du bassin seront abordées afin de déterminer les possibilités de l'écoulement souterrain en fonction de la capacité de rétention des roches.

Les facteurs climatiques interviennent dans le bilan de l'écoulement essentiellement par les précipitations et par les températures.

Enfin, la végétation, sera également prise en compte car elle agit sur le ruissellement et l'infiltration des eaux ; de plus, sa plus ou moins faible protection du sol conditionne l'efficacité de l'érosion hydrique.

Deuxième phase :

- Première étape :

Sur la base du diagnostic et les cartes déjà établies, on peut établir une carte de sensibilité à l'érosion ou seront classées les aires d'érosion.

- Deuxième étape :

L'approche synthétique des diverses données permet de dégager les contraintes physiques, qui seront classées puis qualifiées de (faible, moyenne, forte), puis découper la zone d'étude en trois zones :

Zone de stabilité apparente ;

Zone intermédiaire ;

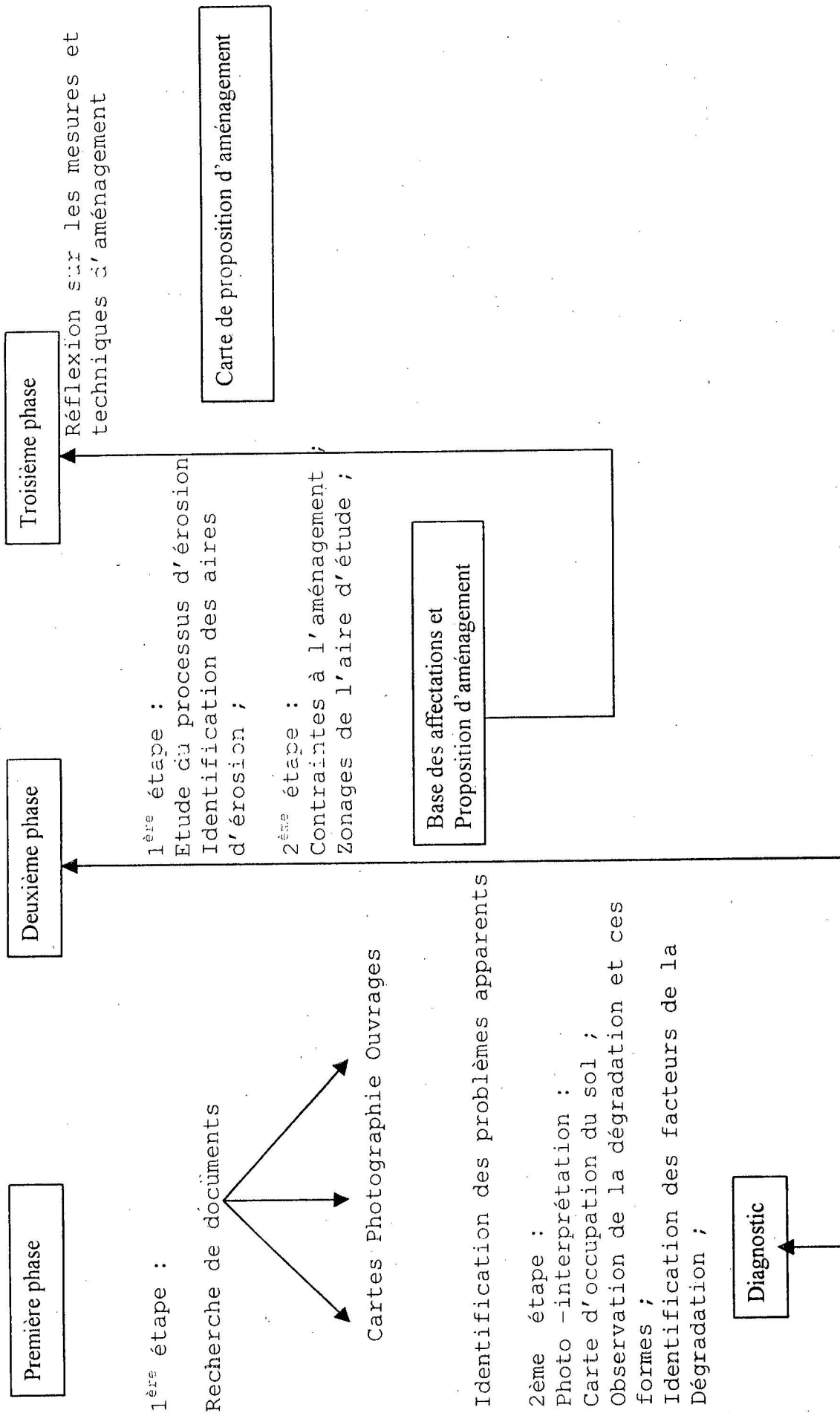
Zone d'instabilité chronique ;

Base sur la quelles seront projetées les propositions d'aménagement spécifique.

- Troisième phase :

Une réflexion sur les différentes mesures et techniques d'aménagement.

Proposition d'une carte d'aménagement.



CHAPITRE I

ETUDE DES PARAMETRES MORPHOMETRIQUES ET CLIMATIQUES DU BASSIN VERSANT

ETUDE DES PARAMETRES MORPHOLOGIQUE ET CLIMATIQUE DU BASSIN D'OUED CHIFFA

I-1. GENERALITES:

Le bassin versant fait partie du grand bassin de Koléa code 02 (ANRH), le secteur d'étude appartient au sous bassin (02-11) qui a une superficie de 338.87km².

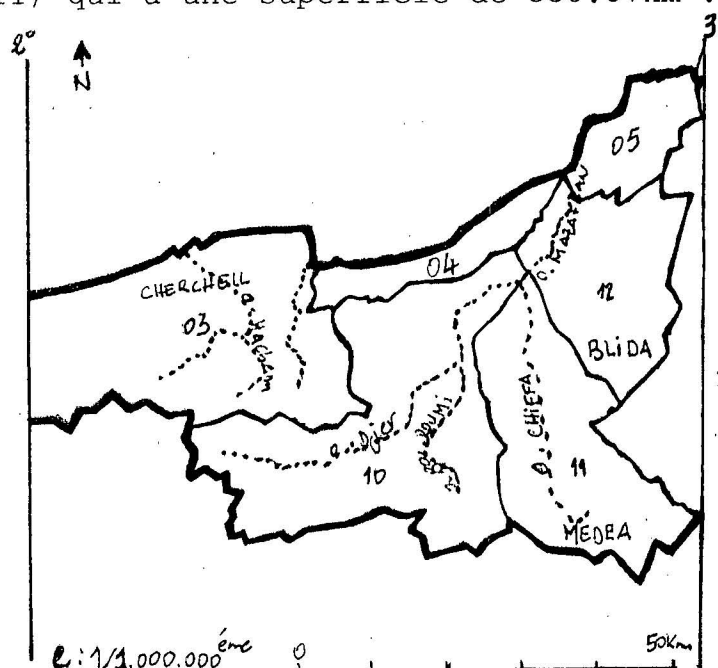


FIGURE N°I-1 Carte de situation du bassin selon le découpage de l'ANRH

I-1-1. LE SOUS BASSIN 02-11:

Les différents paramètres morphométriques du sous bassin (forme altitude etc.) interviennent, et souvent de façon combinée dans les modalités d'écoulement.

Aussi pour que la quantification de cet aspect du milieu physique par le biais de la morphométrie soit rigoureuse et valable, il faut que cette dernière soit appliquée à des bassins de taille réduite et homogène du point de vue géologique. Pour faciliter notre étude nous subdivisons notre bassin en six sous-bassins homogènes moyennement.

- 1- oued Chiffa
- 2- oued Merdja et oued Messaoud
- 3- oued Ouzera
- 4- oued ElAzib
- 5- oued ALI
- 6- oued Mouzaia

Nous rappelons tout d'abord les principaux paramètres de ce groupe, ceux qu'il est devenu classique de mesurer.



- Comme paramètres géométriques : La superficie A et les six sous bassins, son périmètre stylisé P et réel, son indice de forme et de compacité C, les cotés de son rectangle équivalent (même superficie, même périmètre).
- Comme paramètre de relief, l'indice de pente I_p de Roche et l'indice global I_g qui requièrent la connaissance de la répartition hypsométrique (pourcentage de la superficie entre les courbes de niveau connues), et de la dénivelée utile D (entre les altitudes qui délimitent 90% de la surface du bassin sur la courbe hypsométrique).

La détermination de ces paramètres s'effectue à la chaîne, les uns s'obtiennent directement sur carte par planimétrie.

On mesure les longueurs au curvimètre, les autres se calculent à partir des premiers.

La précision de la mesure dépend principalement de la fiabilité des cartes utilisées, et des indications qu'elles contiennent, l'exactitude des chiffres fournis par le planimètre.

Et sur des cartes topographiques d'ancienne diffusion (type 1922).

Les derniers paramètres sont les indices de pente. Ils sont surtout destinés à placer les bassins dans les classes de relief (définies entre des bornes correspondant à certaines valeurs de ces indices).

On a jugé acceptable une précision de 25% sur un I_p et de 40% sur un I_g .

Compte tenu des précisions du planimètre (erreur due aux tracés des limites réelles et stylisées du bassin versant), il faut obtenir une précision de :

$$A = 338.87 \text{ km}^2 \pm 2\%$$

$$P = 78 \text{ km} \pm 5\%$$

Le problème de la stylisation du tracé du périmètre, d'un bassin mérite quelques commentaires :

La limite topographique d'un bassin est d'abord tracé avec toutes ses sinuosités, pour permettre le calcul exact de la superficie. Il importe ensuite de styliser ce tracé, car la mesure du périmètre sert uniquement à calculer l'indice de compacité, qui est sensé représenter la plus ou moins grande compacité du bassin. Il est sensé rendre compte de la plus ou moins grande vitesse de concentration

à l'exutoire des eaux de ruissellement en provenance de différentes parties du bassin, c'est à dire du temps de concentration. Il est donc inutile que le périmètre suive des sinuosités qui ne contournent pas un thalweg de drainage de ruissellement, sinon il conduirait à une valeur exagérée de l'indice de compacité.

I-1-2. ETUDE MORPHOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT:

I-1-2-1. DEFINITION DU BASSIN VERSANT: d'après DUBREUIL. P Et BNEDER.

Le bassin versant correspond à l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique. La superficie du bassin versant est déterminée par la ligne reliant tous les points hauts, appelées lignes de partage des eaux.

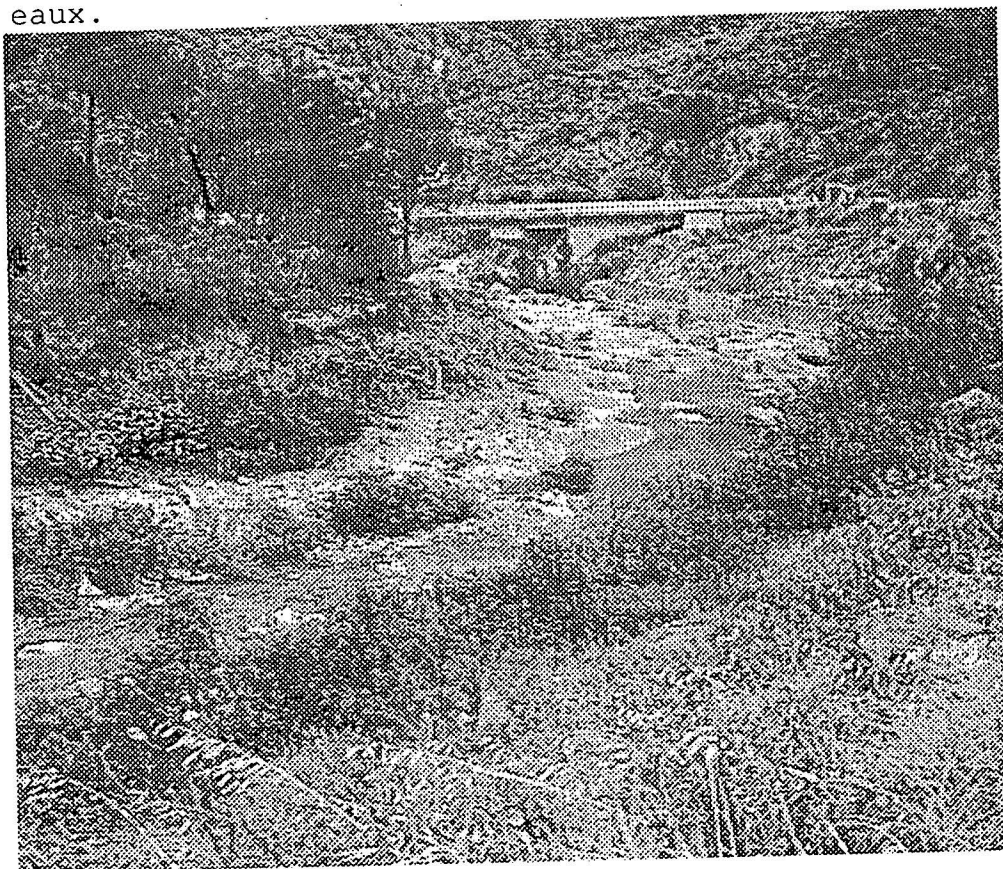


PHOTO N° I - Vue générale du bassin versant.

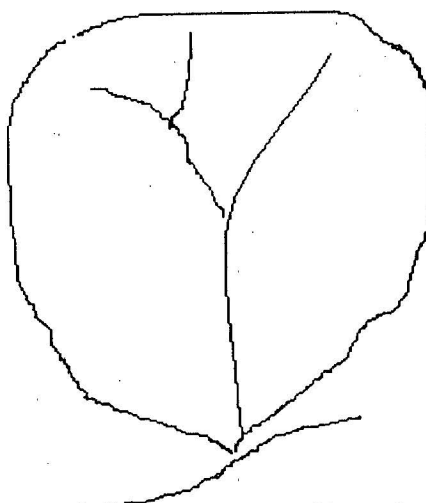


Figure N° I-2 Schema d'un bassin versant

Le bassin versant se définit comme étant un réservoir délimité de façon telle que toutes les précipitations tombent sur ce bassin, contribuent au débit de l'effluent [Dubreuil.P]

Le bassin versant peut être décomposé en plusieurs sous-bassins pouvant être traité de façon indépendante au même titre que le bassin d'où il est tiré.

Les caractéristiques physiographiques du bassin versant se divisent en trois groupes principaux :

- Les caractéristiques de forme ;
- Les caractéristiques de drainage ;
- Les caractéristiques du sol et de son utilisation.

Le calcul de la surface du bassin versant se fait par planimètre en hectares (ha). Le bassin est subdivisé en six sous bassins numérotés respectivement dans le sens d'une aiguille d'une montre en allant de l'exutoire et selon le nord de la carte

La surface du bassin est obtenue en faisant la somme des surfaces des six sous bassins :

TABEAU N° I.1 : SURFACES DES SOUS BASSINS

N° du sous bassin	01	02	03	04	05	06	total
Surface (ha)	5132	6072	5077	6521	5654	5431	33887

La mesure du périmètre se fait par planimètre, donnée en km

TABLEAU N° I.2 : PERIMETRE DU BASSIN VERSANT

Périmètre (km)	Réel 78	Stylisé 73
-------------------	------------	---------------

I-1-2-2. LES CARACTERISTIQUES DE FORME:

Elles permettent de déterminer la configuration géométrique du bassin et son effet sur le ruissellement de surface.

INDICE DE COMPACITE DE HORTON:

Il exprime le rapport de la longueur moyenne du bassin versant à la longueur du cours d'eau principal
Il se calcule par la relation:

$$KH = A/L \cdot 1/L = A/L^2 \quad I-1$$

Avec :

KH : indice de compacité de HORTON ;
A : aire du bassin versant en km² ;
L : longueur du cours d'eau principal (km) = 35 km

$$KH = 338.87/35^2$$

$$KH = 0.28$$

INDICE DE COMPACITE DE GRAVELIUS:

Il exprime le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle de même superficie que ce bassin.

$$KG = P/(2 \cdot (\pi A)^{1/2}) = 0.28 P/(A)^{1/2} \quad I-2$$

Avec :

KG : indice de GRAVELIUS ;
P : périmètre stylisé du bassin en (km) mesuré par curvimètre ;
A : superficie du bassin en (km²) mesuré par planimètre

$$KG = 0.28 \times 73 / (338.87)^{1/2}$$

$$KG = 1.11$$

KG=1, pour un bassin circulaire, et croît d'autant plus que la compacité diminue.

Le rectangle équivalent est tel que :

$2(L+1) = P$ et $L.l = A$;
il se réduit à un carré pour une compacité $KG=1.12$
On calcul sa longueur L , on appliquant :

$$L = A^{1/2} \cdot (KG/1.12) \cdot [1 + (1 - ((1.12)^2/KG))^{1/2}] \quad I-3$$

$$L = 24.78 \text{ km}$$

$$A = L.l \Rightarrow l = A/L$$

$$l = 13.67 \text{ km}$$

Compte tenu de la forme de la relation, la précision de KG dépend de la précision de celle de A et de P , est d'au moins de 6%, on peut établir que L , est connu à 23% près pour une compacité de 1,12.

LES INDICES DE PENTE:

Se déterminent à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique sur le bassin.
Pour obtenir cette détermination avec la précision désirée, on a admis que la dénivelé D , soit au moins égale à cinq fois l'équidistance d des courbes de niveau dessinées sur la carte.

$$D = 5.d = 100\text{m}$$

L'équidistance entre les courbes étant de 20m
L'indice de pente I_p de ROCHE ce calcul ainsi

$$I_p = L^{1/2} \cdot \sum (a_i \cdot d_i)^{1/2} \quad I-4$$

Avec :

a_i : fraction en % de la surface A comprise entre deux courbes de niveau voisines distantes de d_i

LA COURBE HYPSONOMETRIQUE:

Le relief du bassin versant est souvent caractérisé par la courbe hypsométrique. Celle-ci est établie, en portant sur un graphique l'aire du bassin, ou encore le pourcentage de l'aire au-dessus ou au-dessous d'une altitude donnée, en fonction de cette altitude.
Le tableau suivant regroupe les altitudes des courbes de niveau en fonction des surfaces a_i par sous bassin :

TABLEAU N°I.3: SUPERFICIES DES COURBES DE NIVEAU PAR SOUS BASSIN

Altitude(m)	Superficie (m²) des courbes de niveau par sous bassin					
	Chiffa	Merdja	Ouzera	El AZIB	ALI	Mouzaia
1600-1500	29	-	-	-	-	42
1500-1400	177	82	-	-	-	124
1400-1300	344	264	-	-	-	184
1300-1200	524	354	150	39	-	222
1200-1100	574	529	277	444	16	236
1100-1000	496	626	805	611	151	341
1000-900	477	675	1456	1319	616	400
900-800	484	1206	1154	1151	1186	614
800-700	709	911	863	926	1484	876
700-600	784	711	411	457	1364	946
600-500	629	396	129	114	1080	989
500-400	600	166	-	-	420	253
400-300	392	23	-	-	13	15
300-200	195	-	-	-	-	-
200-100	46	-	-	-	-	-

La mesure de la superficie entre les courbes de niveau en (m²) est faite par sous bassin

Sous bassin d'oued Chiffa : $\sum (a_i d_i)^{1/2} = 36.6 \text{ m}^2$
 $I_p = 7.35$

Sous bassin d'oued Merdja : $\sum (a_i d_i)^{1/2} = 32.01 \text{ m}^2$
 $I_p = 6.44$

Sous bassin d'oued Ouzera : $\sum (a_i d_i)^{1/2} = 26.22 \text{ m}^2$
 $I_p = 5.24$

Sous bassin d'oued El Azib : $\sum (a_i d_i)^{1/2} = 25.90 \text{ m}^2$
 $I_p = 5.18$

Sous bassin d'oued Ali : $\sum (a_i d_i)^{1/2} = 26.04 \text{ m}^2$
 $I_p = 5.21$

Sous bassin d'oued Mouzaia : $\sum (a_i d_i)^{1/2} = 32.59 \text{ m}^2$
 $I_p = 6.52$

Si sur la courbe hypsométrique, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure, soit égale à 5% de surface A, on a les altitudes H_5 et H_{95} (entre lesquelles s'inscrivent 90% de l'aire du bassin) et la dénivelée

$$D = H_5 - H_{95}$$

INDICE DE PENTE GLOBAL:

$$IG = D/L \quad I-5$$

Avec :

D: dénivelée $H_0 - H_{00}$

L: Longueur du rectangle équivalente

IG=0.036

LES ALTITUDES CARACTERISTIQUES:

- **Altitude maximale et minimale:** elles sont obtenues directement des cartes topographiques, l'altitude minimale se situe généralement à l'exutoire.

L'observation de la figure N°I-2. : carte d'altimétrie du bassin versant de l'oued chiffa donne :

Altitude minimale (m) = 217

Altitude maximale (m) = 1629

- **Altitude moyenne:** sur la courbe hypsométrique, l'altitude moyenne correspond au rapport de l'aire au-dessus de la courbe, on utilisant comme altitude de départ l'élévation minimum de la courbe hypsométrique à la surface du bassin. elle peut de plus s'obtenir à partir de la relation

$$E = \sum [a((h_1 + h_2)/2)] / A \quad I-6$$

Avec:

E : altitude moyenne (m)

a : aire comprise entre deux courbes de niveau consécutives (km^2)

h_1 et h_2 : altitude des courbes de niveau (m)

A : aire totale du bassin versant $\sum a$ (km^2)

E= 834 m

- **Altitude médiane:** l'altitude médiane correspond au point d'abscisse 50% de la courbe hypsométrique

$H_m = 830\text{m}$.

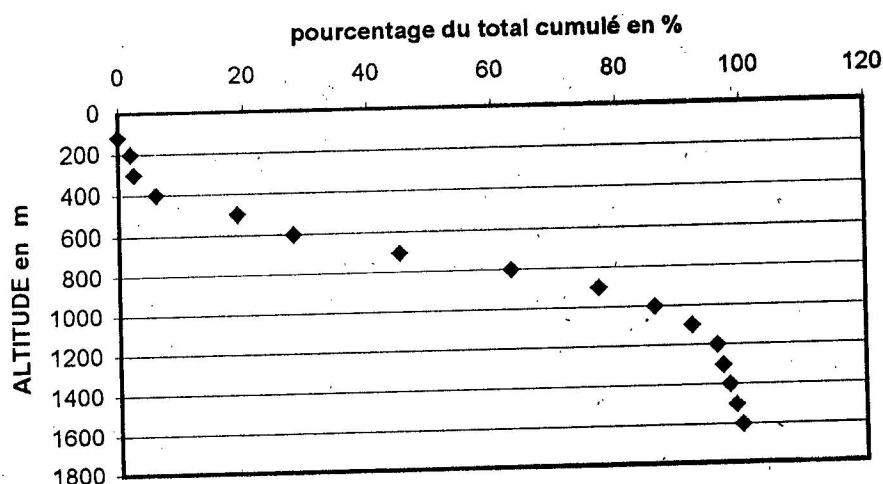
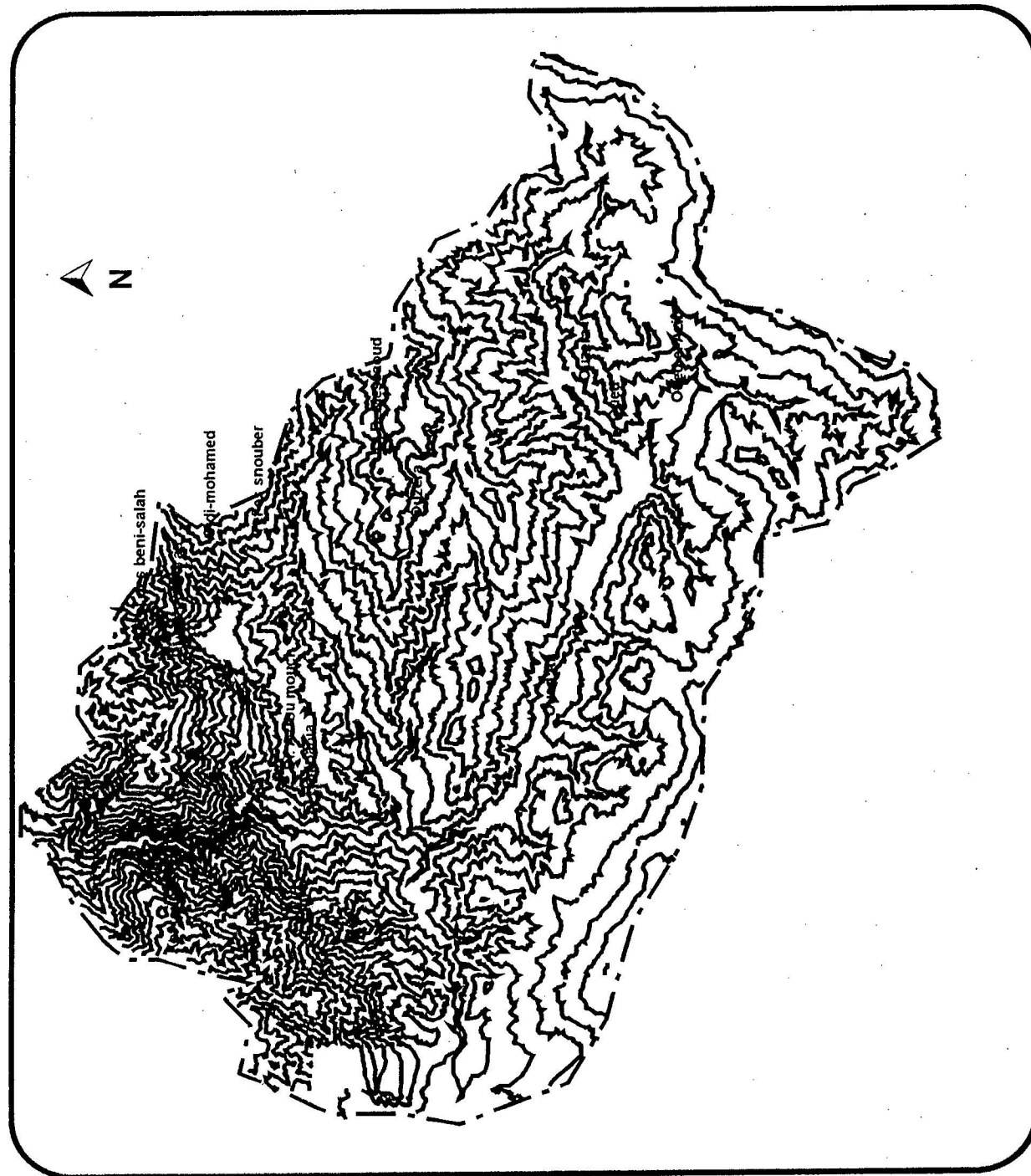


Figure N°I-3 Courbe hypsométrique du Bassin Versant de la Chiffa

FIGURE N°1-3 Carte d'altimétrie



Légende:

— - — Limite du bassin versant

— courbe de niveau

maitraisse

e: 1 — 0.6km

LA PENTE MOYENNE DU BASSIN:

La pente moyenne du bassin indique le temps de parcours du ruissellement direct, elle est directement liée à l'amplitude des crues.



MOYENNE PONDEREE DES PENTES DE SURFACES ELEMENTAIRES:

$$S = 1/A \sum (S_i \cdot dA_i) \quad I-7$$

Avec:

S : pente moyenne (m/km) ;

S_i : plus grande pente de l'aire élémentaire dA (m/km)

D'après HORTON s se calcule de :

$$S = D/A \cdot \sum L \quad I-8$$

Avec:

D : différence d'altitude constante entre deux courbes de niveau (m) ;

A : aire du bassin versant (km²)

$\sum L$: longueur totale des courbes de niveau (km)

- Détermination à partir de la courbe hypsométrique:

$$S = 2E/L \quad I-9$$

Avec:

E : altitude moyenne (m)

L : longueur du cours d'eau principal (km)

S = 47.66% $\Rightarrow$ Terrain très accidentée

I-1-2-3. LES CARACTERISTIQUES DE DRAINAGE:

LA MESURE DES PARAMETRES MORPHOMETRIQUES:

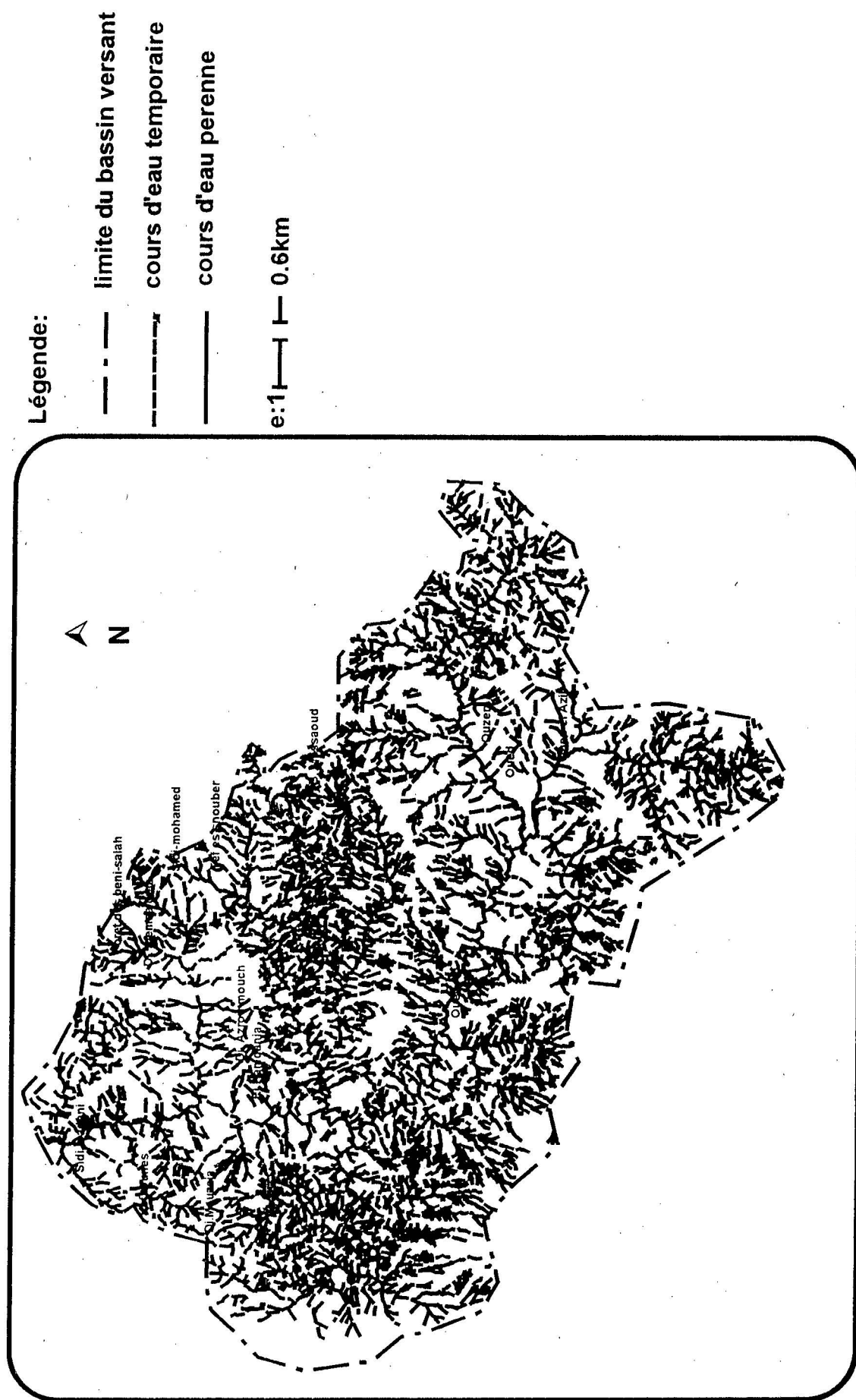
Les paramètres morphométriques les plus classiques sont la densité de drainage, le rapport de longueur et de confluence.

Leur détermination exige que soit définie une classification des thalwegs par ordre et que soient mesurés pour chaque ordre les nombres des thalwegs et les longueurs totales de ceux ci.

En conséquence toute notre mesure repose sur l'établissement du plan du chevelu hydrographique complet du bassin versant à une échelle connue.

La figure N°I-4. et 4bis Carte du chevelu hydrographique et carte hydrographique au 1/50000^{ème}.

FIGURE N°I-6 Carte du chevelu hydrographique



On aura ensuite à décompter les thalwegs puis à en mesurer les longueurs.

CLASSIFICATION ET TRACE DES THALWEGS:

Au départ, il y a un choix de la méthode de classification des thalwegs. On a opté pour celle de SCHUMM, qui définit un ordre de tronçon de thalwegs à partir d'une règle simple et sans ambiguïté : est d'ordre $x+1$ tout tronçon de rivière formé par réunion de deux cours d'eau d'ordre x .

Les résultats sont toujours comparables et homogènes
La figure suivante montre comment se classent les thalwegs par cette méthode :

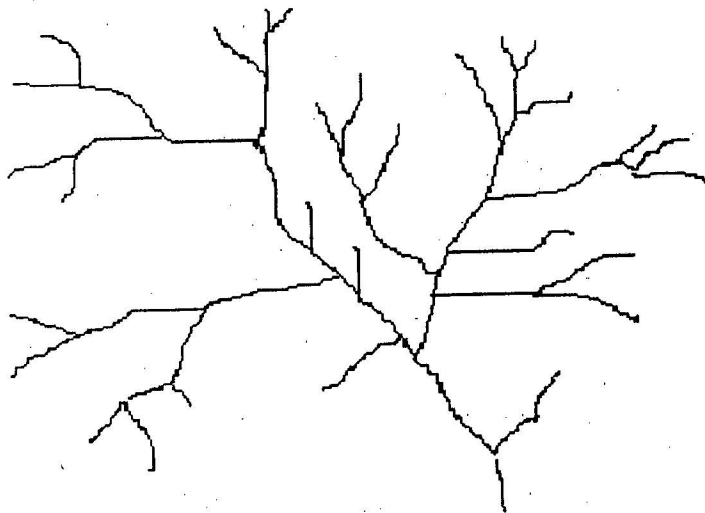


Figure N° I-6 Classification de Schumm des thalwegs

Les résultats de la carte du chevelu hydrographique sont groupés dans le tableau suivant :

TABLEAU N° I-4. ORDRE DES THALWEGS

Sous bassin	Ordre x des thalwegs	Nombre Nx	Longueur Lx (km ²)	Lx (km)
Chiffa	4	3	79	26.33
	3	14	132	9.43
	2	55	132	2.4
	1	244	461	1.89
Merdja	4	1	9	9
	3	7	101	14.43
	2	69	230	3.33
	1	265	499	1.88
Ouzera	4	1	47	47
	3	13	62	4.77
	2	48	168	3.5
	1	188	375	1.99
El AZIB	4	1	14	14
	3	8	80	10
	2	58	167	2.88
	1	134	254	1.89
ALI	4	1	64	64
	3	7	40	5.71
	2	78	273	3.5
	1	205	419	2.04
Mouzaia	4	1	34	34
	3	47	168	3.57
	2	5	65	13
	1	245	404	1.65

La classification de SHUMM ne modifie en rien la densité de drainage, mais présente l'inconvénient de modifier légèrement les confluences et longueurs à l'aide des quelles on évalue les rapports de longueur et de confluence.

Le tracé du chevelu hydrographique d'un bassin est établi directement à partir de la carte topographique au 1/50000^{ème} et des photos aériennes, par examen au stéréoscope.

Le travail de recherche des thalwegs, puis le dessin de leurs cours sont des opérations longues et fastidieuses, avec un risque d'obtenir une sous estimation du nombre de thalwegs (qu'on ne voit pas ou on néglige)

CONSIGNES GENERALES D'EXECUTION DU TRACE DU CHEVELU HYDROGRAPHIQUE:

- Rechercher les thalwegs élémentaires (petits ravins) ;
- Le tracé de ces thalwegs ;

- Respecter tous les méandres afin que le tracé en longueur des thalwegs ne soit pas altéré par réduction ;
- Faire attention aux emplacements exacts des confluences surtout lorsque plusieurs thalwegs se rejoignent en une même zone.

CALCUL DE LA DENSITE DE DRAINAGE:

On appelle :

x : l'ordre des thalwegs classés selon SCHUMM de 1 à s (ordre du thalweg principal) en croissant

Lx : La longueur totale cumulée des thalwegs de l'ordre x en (km)

A : surface du bassin en (km²)

TABLEAU N°I-5 ORDRE DES THALWEGS

Ordre x des thalwegs	Nombre Nx des thalwegs	Longueur Lx en (km)
4	8	247
3	96	583
2	313	1035
1	1281	2412

$$Dd = \sum L / A$$

I-10

Il est plus interprétatif de calculer Dd [km/km²] pour chaque sous bassin :

Dd (CHIFFA) = 2.37

Dd (MERDJA) = 2.47

Dd (OUZERA) = 1.92

Dd (EL AZIB) = 1.52

Dd (Ali) = 2.35

Dd (MOUZAIA) = 1.98

Dd moyenne = 2.10

La longueur des thalwegs est mesurée au planimètre pour chaque ordre séparément puis la somme est faite.

CALCUL DU RAPPORT DE CONFLUENCE:

Les cours d'eau classés sur la carte du chevelu hydrographique sont comptés séparément pour chaque ordre.

Le rapport de confluence R_c est le quotient du nombre de thalwegs d'ordre x par celui des thalwegs d'ordre supérieur $(x+1)$ soit :



	$R_c = N_x / N_{x+1}$	I-11	
Sous bassin chiffa	$R_c = N_1 / N_2$ $R_c = 4.44$	N_2 / N_3 3.93	N_3 / N_4 4.97
Sous bassin Merdja	$R_c = 3.84$	9.86	7
Sous bassin Ouzera	$R_c = 3.92$	3.69	13
Sous bassin El Azib	$R_c = 2.31$	7.25	8
Sous bassin Ali	$R_c = 2.63$	11.14	7
Sous bassin Mouzaia	$R_c = 49$	0.11	47

• **Calcul du rapport de longueur:**

La classification de SCHUMM altère un peu la loi de HORTON sur les longueurs ce qui ne facilite pas le calcul du rapport de longueur.

Le rapport de longueur R_l est le quotient de la longueur moyenne des thalwegs d'ordre $(x+1)$ par celle des thalwegs d'ordre x .

$$R_l L_{x+1} / L_x \Leftrightarrow R_l = R_c (L_x + 1/x)$$

$$L_x = N_x \cdot L_x \Rightarrow L_x = L_x / N_x$$

I-1-2-4. LES CARACTERISTIQUES DU SOL :

CLASSIFICATION DE L'ORSTOM :

On a appliqué à nos bassins la classification des indices de pente globale selon la classification de l'ORSTOM, la dénivelée spécifique D_s est peu influencée par la superficie. C'est pourquoi, elle sert souvent de comparaison entre les bassins versant. Elle est déterminée par le produit de la pente globale et la surface du bassin.

$$D_s = 162m$$

$D_s < 10 m$ relief très faible

$25 < D_s < 50 m$ relief faible

$50 < D_s < 100 m$ relief assez faible

100 < Ds < 200 m	relief modéré
250 < Ds < 500 m	relief fort
Ds > 500 m	relief très fort

A partir de cette classification, on peut placer notre bassin sous la classe du relief fort.

COEFFICIENT DE TORRENTIALITE C.T:

Ce coefficient exprime la torrentialité dans le bassin versant et sa sensibilité à l'érosion.

Il se calcul par :

$$CT = F \cdot D_d$$

I-12

Avec :

F : nombre d'oueds primaires d'ordre 1 par la superficie du bassin versant

D_d : densité de drainage en km/km²

$$CT = 0.30 \text{ km/km}^2$$

I-2. ETUDE CLIMATIQUE: selon HALIMI.A

I-2-1. INTRODUCTION:

Le but de cette étude consiste à faire apparaître les influences et les relations des différents facteurs et paramètres climatiques sur le milieu physique en général et le couvert végétal existant ou à introduire dans la zone d'étude :

C'est ainsi que l'on traitera successivement :

- L'influence des facteurs énergétiques :
Température ;
Ensoleillement ;
- L'influence des facteurs hydriques :
Précipitation ;
Humidité ;
- L'influence des facteurs mécaniques :
Le vent ;
Gel ;

L'analyse synthétique de ces différents facteurs, permettra d'établir une classification bioclimatique dans la zone d'étude et par là même contribuera au choix d'un aménagement rationnel et adapté au milieu.

Etant donné que notre bassin versant occupe une bonne partie de la feuille topographique de Médéa, notre étude climatique repose principalement sur la station météorologique complète de Médéa.

I-2-2. LES BILANS CLIMATIQUES

- Bilan énergétique :
 1. REGIME THERMIQUE :

Utilité de la température : L'élément température est utilisé en phyto-climatologie pour rendre compte de l'apport d'énergie à la végétation à défaut des observations du rayonnement. Le bilan du rayonnement a un effet direct sur la végétation qui est soumise à la température en plein air, c'est grâce à un degré jour que la végétation manifeste son rythme biologique.

La diversité des conditions thermique explique pour une part la distribution géographique des végétaux. Cette distribution, comme c'est le cas dans la zone d'étude, varie en densité, en qualité et en espèce d'un versant montagneux à un autre, et même à l'intérieur d'une même unité.

L'étude de la température et plus précisément de ses valeurs extrêmes renseigne sur le comportement des végétaux et les processus régissant les activités et leur organisme, incidence sur la photosynthèse, période de croissance.

Ces températures dépendent étroitement de l'altitude du versant, de l'exposition et l'influence de la mer et de la continentalité. Elles ont une action très sensible sur les végétaux pouvant dans certains cas causer leur mort. Le cèdre (*Cedrus-Atlantica*), résiste assez bien à des températures minimales absolues de l'ordre de 25 °C en température sèche.

Les valeurs des moyennes mensuelles des températures minima et maxima sont représentées en fonction du temps aux graphiques suivants :

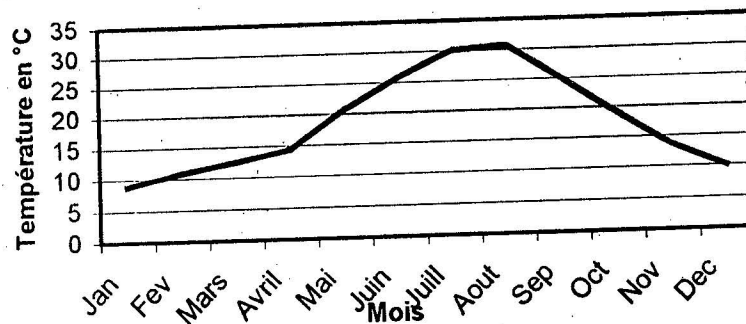


Figure N°I-7. Valeurs des moyennes mensuelles des températures maxima

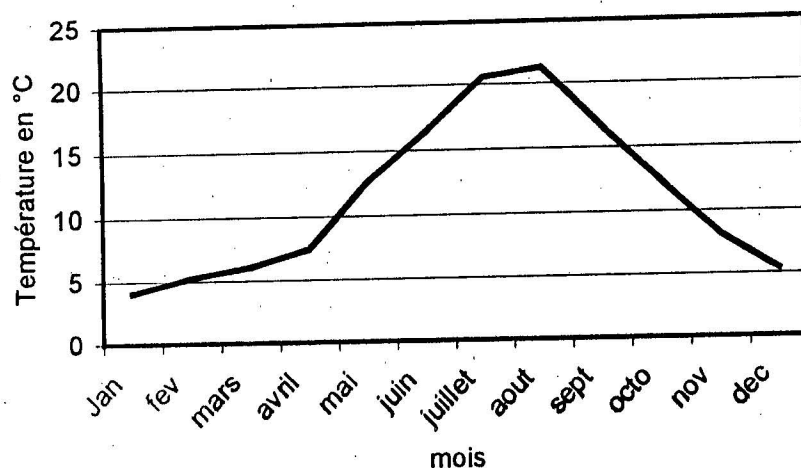


Figure N°I-8.Valeurs des moyennes mensuelles des températures minima

A la station de Médéa, les maxima moyens atteignent leurs fortes valeurs aux mois de juin, juillet, août, septembre. Les plus faibles valeurs sont obtenues aux mois de janvier et décembre.

Le graphique montre bien que l'altitude agit sur les maxima comparant à la station de BLIDA et EL HAMDANIA.

1. AMPLITUDE THERMIQUE:

Dans le cas d'étude forestière, il est nécessaire de procéder à une analyse des amplitudes thermiques, celle-ci ayant une action directe sur l'activité végétative. A travers les données suivantes, on constate que les amplitudes thermiques sont en étroite relation avec l'éloignement de la mer. Plus on s'éloigne de la mer et plus les amplitudes augmentent.

TABEAU N°I-6.AMPLITUDE TERMIQUE

Paramètres STATION	Minima moyens des deux valeurs extrêmes	Amplitude de variation en °C	Maxima moyen des deux valeurs extrêmes	Amplitude de variation en °C
Médéa	4.0---21.1	17.1	8.8-25.6	16.8
Chréea	0.4-18.1	17.7	5.6-26.3	20.7
Blida	7.3-21.0	13.7	14.1-33.6	19.5

2. LE BILAN DU RAYONNEMENT :

Le rayonnement solaire constitue la source d'énergie qu'utilisent directement ou indirectement les organismes végétaux. La lumière notamment, permet la photosynthèse. La durée du jour est l'un des facteurs essentiels du bilan du rayonnement, car d'elle dépend de la quantité d'énergie solaire susceptible d'arriver au sol. La variation d'insolation (h/jour) est illustrée par le graphe suivant :

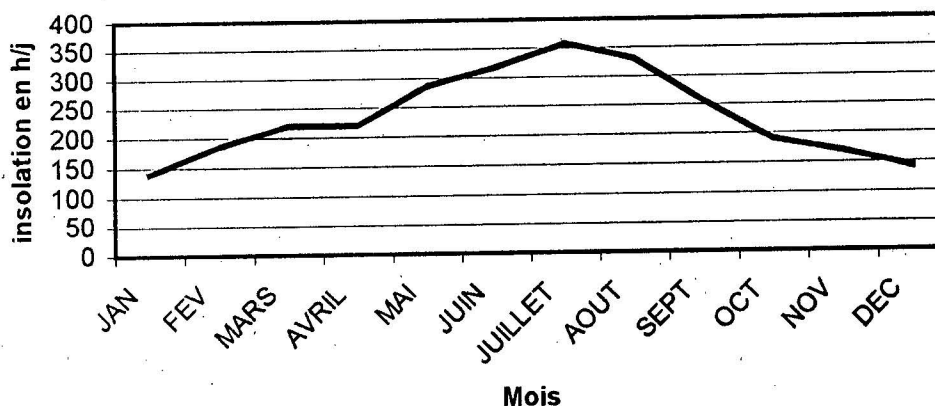


Figure N°I-9. Moyenne mensuelle d'insolation h/jour pour une période de dix ans (1989/1999).

• Bilan hydrique :

1. PRECIPITATIONS :

L'élément principal est la pluviométrie : l'eau est l'élément fondamental à toute vie végétale ou autre. Il est pondéralement le plus important dans la composition de la matière vivante recueillie dans les pluviomètres. Les précipitations sont exprimées en mm. Dans les régions froides, elles englobent l'équivalent en eau de fusion de la neige tombée. Les pluviographes enregistrent les précipitations au fur et à mesure qu'elles tombent. On connaît grâce à eux les intensités pluviales plus finement qu'avec les pluviomètres courants.

La densité des instruments varie en fonction de la topographie : faibles en plaines, les variations de la pluviométrie deviennent énormes en montagne sur de courtes distances et sa répartition n'obéit pas à des gradients simples comme les températures. Les régions accidentées exigent un réseau dense d'observations.

Les travaux hydrologiques nécessitent la connaissance des pluies journalières décadaires, mensuelles, saisonnières,

annuelles et des pluies moyennes pour des périodes aussi longues que possibles ,mais doivent avoir la même durée que celles que l'on retient pour l'étude des débits. C'est ainsi que les données recueillies par l'ANRH et l'ONM pour la période 1988-1999 pour la station suivante : Station implantée dans les gorges de la Chiffa : EL HAMDANIA

Ces valeurs sont représentées par l'histogramme de pluviométrie dans la figure suivante :

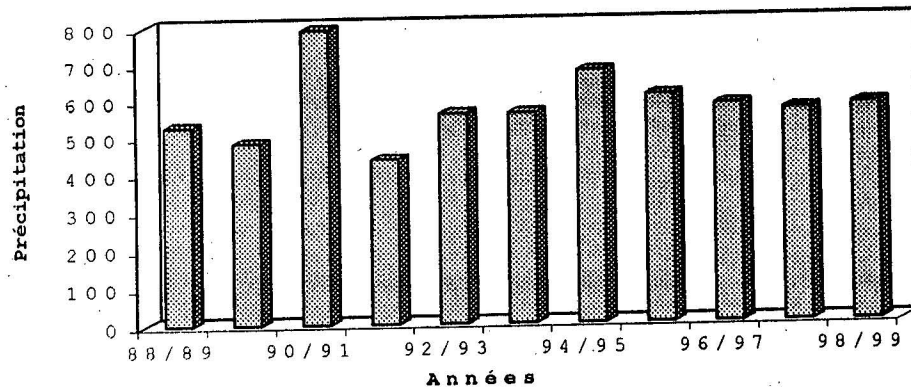


Figure N°I-10.Histogramme de pluviométrie

Ces valeurs pluviométriques semblent largement suffisantes pour les essences forestières en sachant que les exigences du :

Cèdre (*cedrus atlantica*) 500-700 mm/an.

Chêne vert (*quercus ilex*) 800mm /an.

Pin d'Alep (*pinus halepensis*) 400mm/an.

Genévrier oxycèdre (*juniperus oxycèdres*) 300mm/an.

2.VARIABILITE DES PRECIPITATIONS :

Les précipitations varient dans l'espace : sous toutes latitudes, les régions montagneuses, ont les plus fortes lames d'eau. En outre, dans toutes les zones, les fluctuations de la pluviométrie dans le temps sont considérables.

la neige :

Quand la température s'y prête, la vapeur d'eau se cristallise lentement sous forme de neige qui se manifeste surtout en hiver dans les montagnes et dans les plaines de la zone tempérée et froide où sa chute et sa fusion deviennent un élément considérable du régime fluvial. La hauteur de la chute est prise sur des tables à neige ; son épaisseur au sol est lue sur des perches graduées, sa

qualité est appréciée d'après la résistance qu'elle oppose à une sonde de battage ou étudiée dans des coupes (carottages), l'équivalent en eau de la chute est donné par le pluviomètre ordinaire, la fusion une fois faite la part de la neige dans les précipitations totales est le coefficient de nivrosité en équivalent eau, aux précipitations totales ; il augmente avec la latitude et l'altitude.

La proportion de neige dans les précipitations réduit la part mise immédiatement à la disposition de l'écoulement ; c'est la rétention nivale qui immobilise en montagnes, des quantités considérables d'eau qui alimenteront l'écoulement dès que les conditions thermométriques le permettront.

TABLEAU N°I-7 LA QUANTITE DE NEIGE TOMBEE DURANT 1989-1999

station	Fréquence moyenne de jours où il a neigé	Fréquence moyenne de jours d'enneigement
Médéa	15.2	18.1
Chréa	20.4	26

3. ETUDE D'AUTRES FACTEURS HYDRIQUES :

Humidité relative :

Elle indique l'état de l'atmosphère et explique s'il est plus ou moins proche de la condensation

Humidité absolue :

Elle renseigne sur la quantité d'eau que renferme cette atmosphère.

TABLEAU N°I-8. HUMIDITE ABSOLUE DE MEDEA

station	Heure d'obs	Jan	Fév	Mars	avril	Mai	jui n	juil
Médéa 928m	7	85	83	76	71	65	59	51
	11	69	63	57	51	42	41	32
	17	80	76	72	64	64	55	45
station	Heure d'obs	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	An	
Médéa 928m	7	50	66	75	81	85	75%	
	11	31	39	49	60	69	71%	
	17	47	60	67	22	80	50%	

• Phénomènes climatiques :

Pour la station de Médéa, les observations s'étendent sur une dizaine d'années, donnent les résultats de ces phénomènes regroupés dans le tableau suivant :

TABLEAU N°I-9. PHENOMENES CLIMATIQUES 88/99

An phénomènes	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
Gelée	--	14	17	41	49	31	22	13	13	30	24
Sirocco	--	--	2	10	2	4	2	0	1	4	4
Neige	--	5	7	10	11	9	6	5	1	2	--
Grêle	2	--	3	4	3	3	1	0	0	3	3
Orage	3	25	24	30	27	--	22	21	10	27	28
Brouillard	--	67	74	67	60	56	60	84	61	67	73

1.Brouillard :

Est relativement fréquent dans les parties hautes du bassin qui sont souvent plongés dans les nuages. Pour la station de Médéa, les données de 10ans ont donné une moyenne de 74 jours de brouillard par an. La fréquence du brouillard est élevée aux mois de (janvier, mai, novembre, décembre)et faible en (juin, juillet, août).

2.Les gelées :

Sont fortement influencées par l'altitude et la proximité de la mer agit en sens inverse. Les gelées blanches sont tout à fait exceptionnelles en septembre, août. Elles apparaissent en novembre et disparaissent pratiquement en mars, avril.

3.La grêle :

La grêle à une influence néfaste sur le milieu particulièrement sur les végétaux par ses effets de destruction et de refroidissement brusque qu'elle provoque. Les chutes de grêle sont très peu fréquentes et leurs fréquences augmentent avec l'altitude. Les maxima sont enregistrés en décembre, janvier, mars, les autres mois, elle est presque nulle.

4.Orage :

Les maxima sont enregistrés aux mois de septembre car ils surviennent en général après une période estivale assez sèche et risquent dans les conditions idéales (pente - résistance des roches)de favoriser le déclenchement du processus d'érosion.

5.Les vents :

Force et direction des vents : les vents exercent une influence importante sur l'évaporation du sol et sur la croissance de la végétation, la connaissance de la force, de la direction et de la fréquence du vent permet de préciser le choix des cultures et l'utilisation des brises vents pour leur protection.

Sirocco :

Le sirocco est facteur climatique limitant pour le développement du couvert végétal et particulièrement pour la vigne, il accentue également les amplitudes thermiques, il favorise la dessiccation des roches et peut accentuer des roches et peut accentuer donc les phénomènes d'érosion s'ils sont déclenchés, notamment ceux aboutissant à l'érosion s'ils sont déclenchés, notamment ceux aboutissant à l'érosion éolienne.

Le sirocco souffle de mai jusqu'à septembre, le maximum de fréquence est enregistré au mois de juin (04 jours de sirocco).

D'après les données on constate que le vent pendant la période hivernale atteint un maximum 33m/s, suivant une direction NNW et durant la période estivale les vents les plus forts soufflent en une direction SSE-WSW.

6.1'évapotranspiration :

Pour connaître le bilan d'eau d'une région, il faut évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan hydrique à savoir :

- *l'écoulement ;
- *l'infiltration ;
- *l'évapotranspiration ;

Le dernier paramètre est le plus important des trois, il conditionne l'abondance ou la disette en eau pour la végétation.

cette connaissance est l'un des moyens fondamentaux d'intervention pour réussir l'aménagement d'un territoire, en

Agriculture, en lutte contre l'érosion ou tout autre projet qui vise à protéger l'environnement et à accroître l'exploitation maximum du potentiel naturel mais avant d'aborder l'estimation de l'évapotranspiration, il est utile de rappeler sa définition : la restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre, quel que soit sa nature (sol, végétaux eaux libres) aussi il est utile de distinguer entre ETP et ETR

- ETP correspond au pouvoir évaporant de l'atmosphère appliquée à une surface n'offrant pas de résistance au passage de l'eau
- ETR dépendant des possibilités du milieu et en particulier de la réserve utile (RU) du sol en l'absence de pluie

Les formules de calcul de l'ETP sont très nombreuses, les services de l'ONM, ont opté pour celle de **PENMAN**

$$ETP = HA + YEa/\Delta + Y \quad I-13$$

Où :

ETP : évapotranspiration en mm ;

H : lame d'eau évaporée correspondant à la consommation de 6 calories par 1 mm d'eau sur 1cm^2 ;
 $H\text{ mm}$: $R_n / 60$ radiation nette en cal/cm^2 ;
 Δ : variation de la tension de vapeur d'eau de saturation en mm. Hg.
 $E_a\text{ mm/j}$ $= 0.35 (1 + 0.01U) (e_w - e_d)$;
 U : vitesse du vent en miles /j ;
 e_w : tension de vapeur de saturation en mm. Hg
 e_d : tension de vapeur de point de rosée en mm. Hg ;
 Y : constante psychrométrique.

• Bilan hydrique :

La notion du bilan suppose l'intervention d'apports et de pertes. Les paramètres pour réaliser le bilan d'eau sont :

ETP : évapotranspiration potentielle selon PENMAN mm

P : précipitations moyennes mensuelles mm

S déficit : somme des déficits cumulés de mois en mois

RU : réserve utile du sol limité à 100mm d'après notre recherche bibliographique

DRU : différence de réserve utile de chaque mois par rapport au précédent

ETR : évapotranspiration réelle = (ETP En période d'excédent hydrique ou $= P + \text{DRU}$ En période de déficit)

S : surplus alimentant l'écoulement (P-ETP) quand la Réserve est pleine ; $= (P - \text{ETP}) - \text{DRU}$ quand elle ne l'est pas.

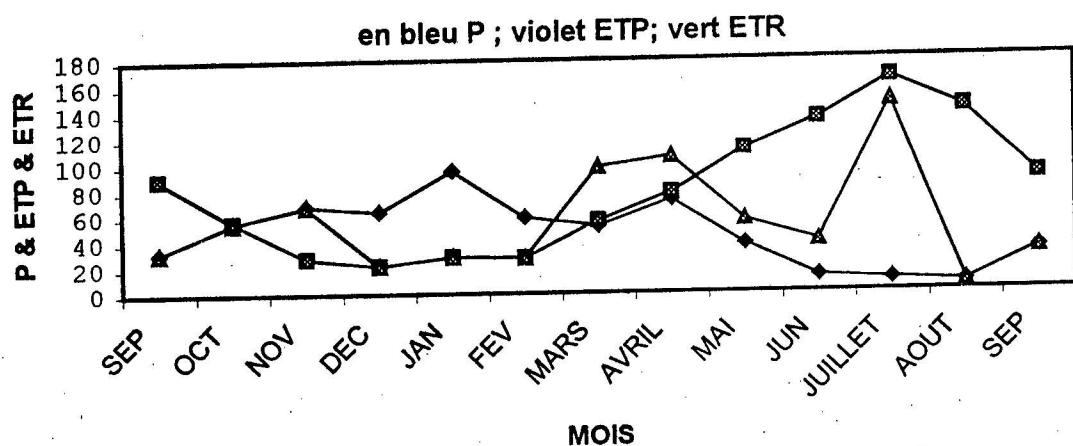


Figure N°I-11. Bilan hydrique de la station de Médéa période 78/99

Interprétation du graphe :

Selon les données recueillies de l'ONM (1978-1999), nous constatons que : du mois de mars à octobre, les ETP sont supérieures aux précipitations et interviennent pour le

mois janvier, février, novembre, décembre c'est à dire la période hivernale.

Les hauteurs de précipitations atteignent leur apogée en hiver saison où l'ETP atteint son minimum et vice versa, été.

Ce contraste de distribution donne assez de temps pour l'humectation du sol

La période d'irrigation commence à partir du mois de mai, devient nécessaire en juin et indispensable, pour les mois Juillet, Août, Septembre.

Octobre est le mois de la reconstitution du stock.

L'écoulement commence au mois de janvier, période à la quelle les moindres averses sont susceptibles de causer des crues.

Par la suite l'écoulement s'effectue au détriment de la réserve du sol à partir de mai avec un tarissement de plus en plus accusé jusqu'à la fin juin début juillet, où les rivières de la zone sont généralement à sec.

La hauteur moyenne annuelle des précipitations est d'environ 776 mm, c'est une quantité qui peut suffire amplement à une forêt dense et entretenir une végétation luxuriante (concentré. ETP forte). De ce fait le bilan hydrique de la station de Médéa est déficitaire. La raison de cette perte par écoulement concentré et ETP forte sont l'état de dégradation avancé de la majorité de la couverture végétale.

Cette situation du couvert forestier est la cause principale ayant entraîné une forte érosion dans notre zone d'étude.

I-2-3. ANALYSE SYNTHETIQUE DES DIFFERENTS GRAPHIQUES ET INDICES ET LEURS INCIDENCES SUR LE COUVERT VEGETAL

I-2-3-1. APPLICATION DU DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN :

Pour calculer l'indice de sécheresse, Gaussen utilise la température, les précipitations, le nombre de jour de pluie, le brouillard etc.

Ces éléments sont combinés entre eux de façon à faire apparaître les périodes ayant une influence favorable ou défavorable sur la végétation.

L'indice de Gaussen s'applique surtout aux climats qui comportent une saison sèche accentuée tel que les climats méditerranéens, en considérant qu'elle représente un facteur écologique défavorable à la végétation.

Par définition un mois sec est un mois où le total des précipitations est inférieur ou égal au double de la

température et inversement le mois humide correspond au mois où $P = 2T$

C'est ainsi que d'après les diagrammes ombrothermique de Médéa, et en considérant que l'on compte comme mois d'activité végétative les mois où la température moyenne mensuelle supérieur ou égale à 10°C et la pluviosité (mm) supérieur ou égale au double de l'échelle de la température.

Ces valeurs ont permis de tracer le diagramme ombrothermique suivant :

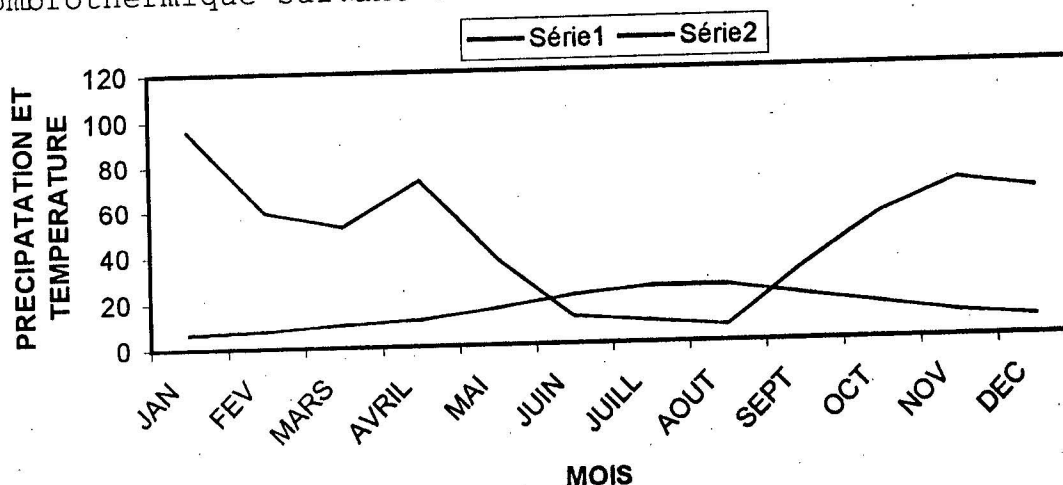


Figure N°I-12. Diagramme Ombrothermique de la station de Médéa

• Interprétation :

Le diagramme ombrothermique établis selon la formule $P=2T$ de la station de Médéa illustre la saison sèche et la saison humide et permet de conclure : la saison sèche débute en mai et se prolonge jusqu'au mois de septembre.

I-2-3-2. CLIMOGRAMME DE PEGUY :

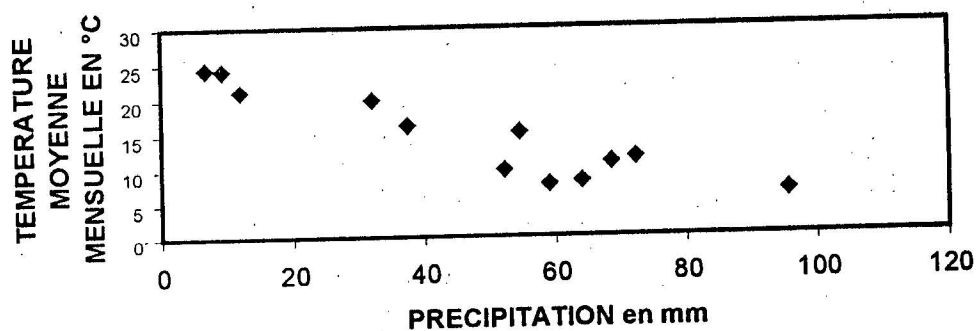


Figure N°I-13. Climogramme de PEGUY DE Médéa

Il fait apparaître le caractère très contrasté du climat, l'allure allongé du climogramme traduit bien ce fait.

Un certain nombre de lignes repères ont été tracées pour délimiter la tendance à l'aridité, le climat du bassin versant participe à ces tendances arides : est très chaud, en juin, juillet, Août, jusqu'à la mi-septembre, il devient tempéré voire frais pendant le mois d'hiver.

Afin de définir avec une plus grande exactitude l'indice d'aridité et par la même arriver à une classification précise des périodes sèches et humides lesquelles sont en étroite relation avec les périodes végétatives, il convient de prendre en considération des facteurs autres que les précipitations, les températures, il s'agit de l'évaporation qui réunit et combine les effets de la chaleur, vents, expositions, éloignement de la mer, altitude.

I-2-3-3. INDICE PLUVIOMETRIQUE DE LANG :

Cet indice définit les paramètres pluies, il est le résultat du rapport des précipitations annuelles par les températures moyennes de chaque station. Il contribue à la classification bioclimatique du bassin versant.

TABEAU N°I-10. INDICE DE LANG

Paramètre station	P MM.	T°C	I	Site
Médéa	776	14.5	53	Haute montagne
Chrèa	1382	11.8	117	Haute montagne
Blida	915	18.3	50	Piémont

Pour les trois stations l'indice pluviométrique de LANG est $50 < I < 117$.

Ces valeurs sont spécifiques au climat méditerranéen dans toutes ses nuances.

C'est ainsi que la variation progressive de I entre 50 et 117 est caractéristique d'un type de végétation adaptée au climat tempéré Chrèa proche de ce type de climat, Blida et Médéa sont moins humide.

I-2-3-4. INDICE D'ARIDITE DE DEMARTONNE :

Cet indice est nécessaire dans la détermination du milieu bioclimatique, il est déterminé par le rapport :

$$I = P/t + 10 \quad I-14$$

Sa valeur est d'autant plus grande que le climat est humide, ce n'est que $I > 40$ que les conditions de développement d'une forêt existent.

TABLEAU N° I-11. INDICE DE DEMARTONNE

Paramètres station	P mm	I °C	I
Médéa	776	14.5	31.6
Chrèa	1382	11.8	54.2
Blida	915	18.3	32.3

De ce tableau il en ressort que l'indice est supérieur à 40 en haute montagne telle que Chrèa qu'on zone de piémont Blida et moyenne montagne Médéa.

$I > 40$: forêt climatique.

D'où Blida et Médéa sont défavorisées pour le développement d'une forêt climatique.

• Tableau d'activité végétative

TABLEAU N° I-12. ACTIVITE VEGETATIVE

station	climat	Période froide	1ère croissance	Période sèche	2ème croissance
Médéa	Sub humide	Dec-mi mars	miMars-miMAI	mi Mai-mi Sep	miNov

I-2-3-5. QUOTIENT PLUVIOMETRIQUE d'EMBERGER :

ce quotient est valable pour le domaine méditerranéen, il s'exprime ainsi

$$Q = 3.43 \frac{P}{M-m} \quad I-15$$

Avec :

3.43 coefficient de STEWART établi pour l'Algérie

P précipitation moyenne annuelle,

M température moyenne des maxima du mois le plus chaud,

m Température moyenne des minima du mois le plus frais

$$Q = 73$$

Cet auteur a défini ce quotient pluviométrique qui permet de distinguer entre les différentes nuances du climat méditerranéen.

L'évaporation augmente avec l'amplitude thermique traduite par la demi somme des moyennes thermiques. Sous cette forme, le quotient est donc inversement proportionnel à l'aridité.

Le quotient permet de classer les stations du monde méditerranéen au sein d'étages.

A l'intérieur de ceux ci L.EMBERGER à traduit des divisions en se fondant sur la température minimale (m).

Selon les valeurs de m, on distingue pour les différentes étages entre un hiver froid, frais tempéré ou chaud. Sur ces bases est dressé un graphique pluviométrique du monde méditerranéen en portant la valeur du quotient Q en ordonnée et m en abscisse.

Sur ce graphique se détache la place de Médéa, le bassin versant est compris dans la variété tempérée de l'étage sub-humide. On y constate donc la bonne adaptation de la vigne

I-2-4. SYNTHESE BIOCLIMATIQUE

I-2-4-1. CLASSIFICATION BIOCLIMATIQUE :

- Sous étage : hiver tempéré.

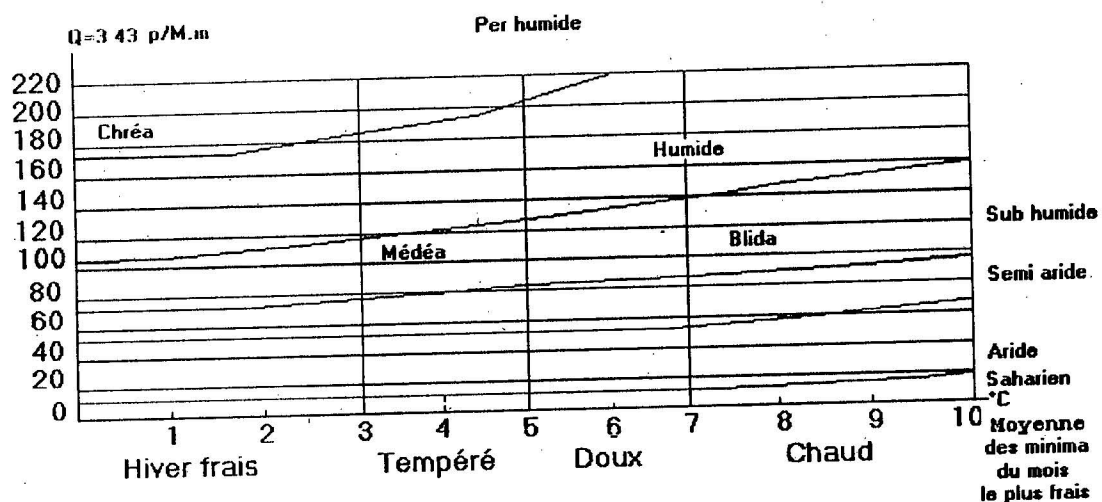


Figure N° I-14. Classification bioclimatique

CONCLUSION :

L'étude des paramètres morphométriques, nous a permis de conclure que notre zone d'étude appartient à un terrain accidenté $100\text{m} < D_s < 200\text{m}$, cette catégorie reflète la classe prédominante d'une pente abrupte du terrain ($I > 35\%$), montré par la carte du relief (altimétrie). Cette même carte montre que le bassin versant ($A = 338.87 \text{ km}^2$), comprend un chevelu hydrographique dense, lors de notre décomptage et classification des thalwegs, nous avons remarqué la dominance des thalwegs d'ordre (1) (1281), ce qui explique le caractère jeune des torrents et leurs forces de créer un chemin marquant dans le bassin.

Pour notre étude, nous avons considéré le cours d'eau principal : oued CHIFFA qui s'étale sur 35 km de longueur. Ce cours d'eau comprend cinq affluents importants : Oued Merdja, Ouzera, El Azib, Ali, et Mouzaia.

La pente moyenne d'oued CHIFFA est d'environ 0.5%.

L'analyse climatique de bassin versant, classe se dernier dans la variété tempérée, de l'étage sub-humide de saison sèche débutant en mai et se prolongent jusqu'à la mi septembre, pour des précipitations moyennes de 767 mm/an.

CHAPITRE II

ETUDE CARTOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT

MILIEU NATUREL : ETUDE CARTOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU BASSIN

II-1. INTRODUCTION :

Pour parvenir à l'étude des systèmes hydrologiques très complexes, nous nous sommes proposé d'appliquer la méthode systémique et des techniques de photo-interprétation des photo-aériennes qui nous paraissaient efficace pour nous faciliter une analyse intégrée d'un milieu montagnard, physiquement fragile dont la composante humaine est en mutation socio-économique.

Le secteur étudié est cartographié à une échelle au 1/50000^{ème} en menant ; La détermination de la dynamique par la conception des cartes sectorielles à la même échelle :

- Altimétrie et exposition des versants.
- Systèmes des pentes.
- Structure et lithologie axée sur les degrés de résistance des roches.
- Occupation actuelle du sol en rapport avec le système d'exploitation anthropique.

II-2. CARTOGRAPHIE DU MILIEU NATUREL : Selon les projets Réalisés au BNEDER.

L'analyse intégrée du milieu naturel est considérée comme une démarche scientifique relativement lourde et complexe.

En effet, elle combine entre la saisie d'informations sectorielles représentées par les différents paramètres naturels relief, géologie, climat, hydrologie, végétation et occupation du sol.

Telle qu'elle se présente, la démarche que nous avons adopté comporte une vision globale du milieu, elle offre un double avantage : d'abord celui de réunir une documentation dispersée, et mettre en place des systèmes de relation entre les différentes unités paysagères. Ensuite, et plus simplement celui de servir de fond de carte et de première interprétation de l'espace.

La cartographie apparaît comme le meilleur moyen de traitement rapide de l'information, de visualisation dans sa globalité, donc de transmettre sous une forme plus commode un certain nombre de données difficilement accessibles et de proposer une première interprétation du milieu naturel liée à la problématique.

En effet la cartographie constitue la base irremplaçable de l'inventaire préliminaire à toute étude du

milieu physique. Elle forme une banque de données spécialisée conçue selon un modèle reproductible à différents thèmes.

La méthode d'approche utilisée repose essentiellement sur l'élaboration des cartes de base suivantes :

LA CARTE DU RELIEF : (FIGURE I-2 et I-3)

Cette carte élaborée à l'échelle 1/50000^{ème}, constitue un document de base pour l'analyse des caractéristiques topographiques du bassin versant.

En égard au thème étudié, l'altimétrie est à un degré moindre, le facteur de l'exposition des versants, sont des paramètres à prendre en considération.

L'altimétrie détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains et les effets de l'évapotranspiration.

La carte établie subdivise le périmètre d'étude en différentes classes hypsométriques de 100m de dénivellation (courbes maîtresses), en fournissant aussi une identification rapide des parties du relief sujettes à des influences déterminées par suite de l'altitude (température, pluviométrie, vent etc....)

Par ailleurs l'exposition des versants est un facteur important dans l'analyse du milieu naturel, puisqu'il conditionne les micro climats et l'activité des végétaux en général. Il nous indique relativement le degré de l'humidité d'un versant à l'autre.

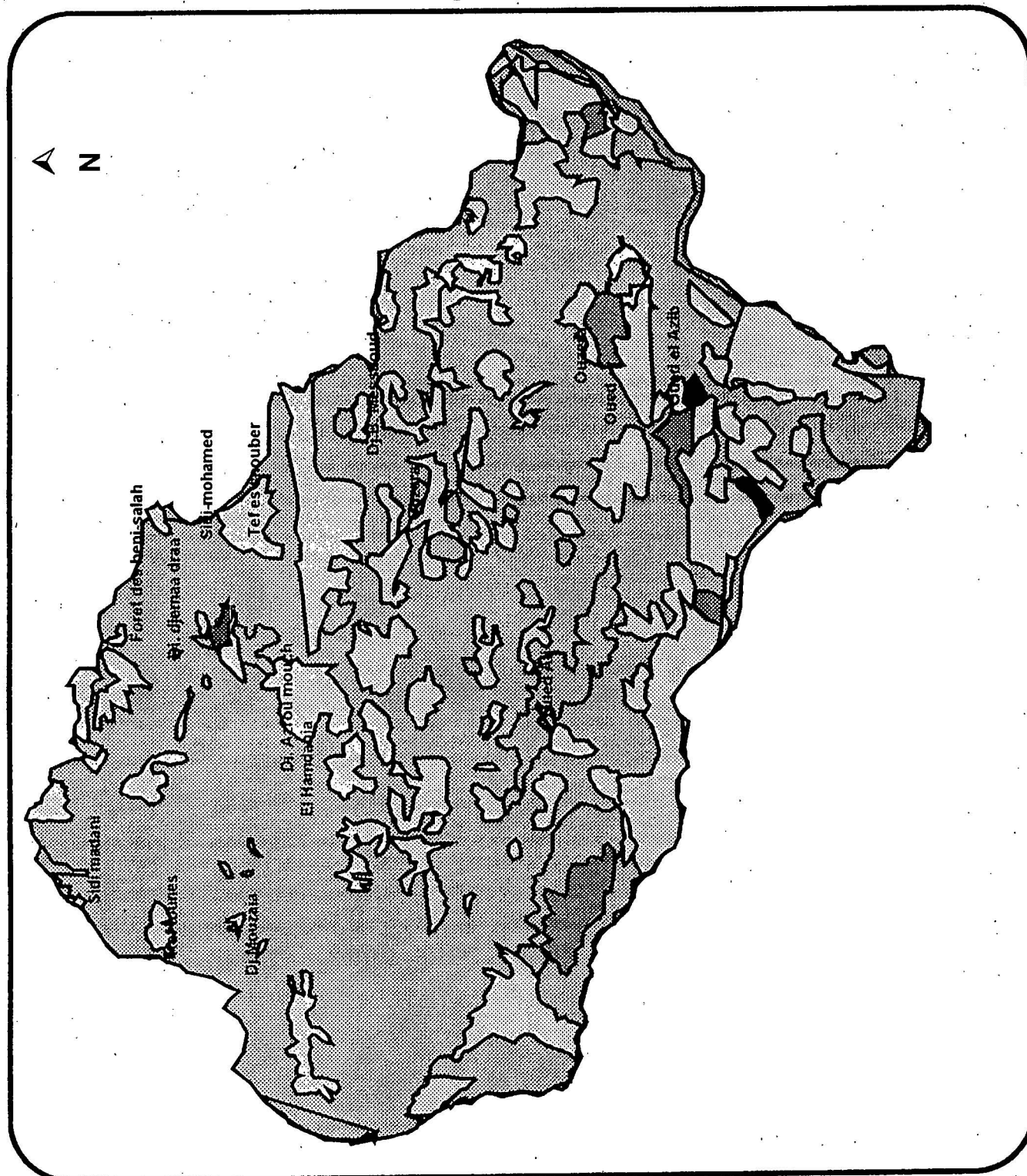
LA CARTE DES PENTES : (FIGURE II-1)

Cette carte est élaborée au 1/50000^{ème}. La pente est l'un des éléments les plus dominants du relief qui permet de quantifier son énergie. La raideur de la pente constitue, en effet, soit un facteur favorable soit une contrainte pour l'aménagement de la région, dans la mesure où combinée à d'autres facteurs naturels elle favorise l'érosion des sols qui se trouvent à l'enlèvement et à l'entraînement par les eaux de ruissellement. Tandis que la pente quand elle est faible peut être considérée comme potentialité, car elle permet une utilisation performante.

Les classes de pentes que nous retenons, au nombre de cinq, permettent de faire déjà la distinction entre le domaine forestier et le domaine agricole.

Les valeurs de pentes exprimés en pourcentages sont groupées en cinq classes distinctes, le choix de ces valeurs est étroitement lié aux phénomènes d'érosion et à un ensemble de conditions techniques d'exploitation du sol (système cultural, pratique anti-érosive).

FIGURE N°II- CARTE DES PENTES



Classe a (représentée en bleu) de 0 à 6% :
correspond généralement à un relief de plaine, plateau ; De
replats de versant et de terrasses d'oueds. Cette tranche
de pente n'exige pas l'application particulière de moyens
techniques complexes à employer dans le cadre de cette
anti-érosive.

Elle s'apprête favorablement à l'utilisation agricole selon
la qualité des sols et les possibilités d'irrigation.

Classe b (représentée en vert) de 6 à 12.5% : ces
classes de pentes intermédiaires prédominent dans les
reliefs de transition qui englobe les piémonts, sur ces
zones les amorces de l'érosion commence à affecter le sol
d'où la nécessité de la prise en considération des
phénomènes érosifs les plus élémentaires. Les précautions
dans le système cultural sont obligatoires (labours dans le
sens des courbes de niveau).

Classe c (représentée en orange) de 12.5 à 25% :
cette tranche constitue une zone mixte qui regroupe les
hauts piémonts et la montagne. Son exploitation pour
l'agriculture demeure possible mais exige des précautions à
même d'éviter les phénomènes d'érosion.

La mise en place des systèmes des cultures adaptés aux
conditions du milieu est exigée, théoriquement la
mécanisation n'est pas possible au-delà du 18%. Elle permis
en effet de conjuguer les efforts de valorisation et de
protection de la ressource en sol. Dans ces conditions
l'arboriculture est très recommandée.

Classe d (représentée en jaune) de 25 à 35% : ce
sont des terrains qui composent la zone franchement
montagneuse impropre à l'agriculture. Mais compte tenu de
l'importance de la population qui y vit, il est impossible
d'exclure totalement l'activité agricole. On peut donc y
maintenir de l'arboriculture tout en développant les
techniques culturales anti-érosive.

Classe e (représentée en violet) >35% : sur ces
terrains où l'activité agricole est normalement exclue, les
occupations qui prédominent relèvent beaucoup plus du
domaine des (forêt, maquis, erme, terrains de parcours)
avec l'existence par endroits de micro parcelles
d'arboriculture rustique. Il y a lieu de signaler que la
majorité des terrains érodés sont situés sur ces pentes
fortes.

LA CARTE GEOLOGIQUE : [Selon FICHUEUR.E et BIARDEAU) (FIGURE II-2)

Elaborée au 1/50000^{ème}. Etablie à partir des cartes et des travaux géologiques disponibles sur la zone d'étude. Ces documents permettent la mise en évidence des principaux ensembles lithologiques et structuraux dont on analyse les conséquences au niveau des paysages géomorphologiques, des possibilités naturelles et culturelles de degré de cohésion résistance des roches et leur aptitude vis à vis l'érosion. On a regroupé les roches en catégories majeurs représentées par différentes couleurs, sur la carte géologique.

LA CARTE D'OCCUPATION DU SOL 1998 : (FIGURE II-3)

Etablie à une échelle de 1/50000^{ème}. Cette carte constitue un élément de base quant à l'étude et l'analyse des facteurs naturels et humains des zones à aménager. En faisant apparaître l'utilisation actuelle de l'espace et tenant compte de l'action anthropique, nous donne déjà un aperçu sur l'état d'équilibre naturel et des potentialités diverses de la zone d'étude à travers les données suivantes :

- Taux de boisements de la zone d'étude ;
- L'état des peuplements forestiers et des formations végétales basse ;
- L'importance des terrains dégradés ;
- L'importance des terrains de cultures et des herbes, des terrains en friches exploités en parcours ;
- La connaissance des espèces végétales particulièrement adaptées aux conditions naturelles locales.

La carte d'occupation du sol nous aidera dans une large mesure à l'élaboration du plan d'aménagement ayant pour but l'affectation future et rationnelle dans l'espace du périmètre à l'étude. Cependant la préparation de la carte impose l'utilisation de la photographie aérienne.

❖ Elaboration de la carte d'occupation du sol :

1. **Plan d'exécution** : nous résumons les étapes de l'élaboration de la carte par les points suivants :

- Le tri des photos aériennes couvrant le bassin versant (partie Nord : parc national de Chréa, partie sud Médéa)
- Le positionnement des photos sur la matrice du bassin versant et cela par rouleau de prise de photos (les photos sont positionnées par bandes et par ordre numérique)
- Une fois localisées, on passe à la phase d'interprétation de chaque photo de la bande au moyen du stéréoscope.

2. **Interpretation** : l'interprétation de la photo se fait comme suit :

- Repérage du nord géographique sur la photo.
- Choix du rectangle utile (on prend deux photo consécutives de la même bande).
- Mise au point des deux photos par les lunettes du stéréoscope.

- Délimiter les lignes marquantes (route, oued, ligne de crête, limite de forêt).
- Rechercher les détails par la loupe binoculaire.
- Tracer et marquer les détails et les lignes marquantes sur le rectangle utile.
- Reporter l'information prise du rectangle utile, sur la matrice et l'interpréter.
- Faire une légende à la carte à l'échelle d'étude (1/50000^{ème}).

Comme outil d'investigation fondamentale à la connaissance de la nature de l'occupation, (avec appui de sortie sur terrain)

Cette tâche est menée suivant le processus méthodologique d'écrit comme suit :

❖ Récoltes des données :

Il s'agit, en cette première étape, de recenser tous les éléments de travail au support cartographique, et l'acquisition de l'outil d'investigation (photo aérienne).

➤ Traitement des données :

L'exploitation de la photographie aérienne obéi à la démarche suivante :

- Opération de reconnaissance sur terrain (vérification des limites, caractéristiques physiques à confronter) en vue de l'élaboration des clés d'identification, les signatures spéciales de photos, tests avec le terrain qui sont sélectionnées en fonction d'une légende préalablement discutée et arrêtée.
- Photo interprétation systématiques, qui consiste à cerner en fonction des clés d'identification, les mêmes occupations. La légende retenue répondra aux critères d'aménagement et suivant les spéculations rencontrées.
- Transfert de la photo interprétation : cette opération consiste à transférer après vérification détaillée de toutes les photographies aériennes traitées sur un support cartographique à l'échelle du 1/10000^{ème} et 1/20000^{ème}.

Cette carte a été mis à notre disposition au sein de l'atelier de cartographie du B.N.E.D.E.R, plus quelques points ajoutés pour actualiser la carte.

Sur la carte sont représentées les occupations suivantes :

1. Domaine forestier :

Forêt : La forêt correspond à toute surface couverte par un tapis végétal de type arborescent (dépassent 7m de hauteur, selon la définition de T. IONESCO). Le taux de recouvrement nous a permis de distinguer une forêt dense, une forêt claire et les forêts incendiées.

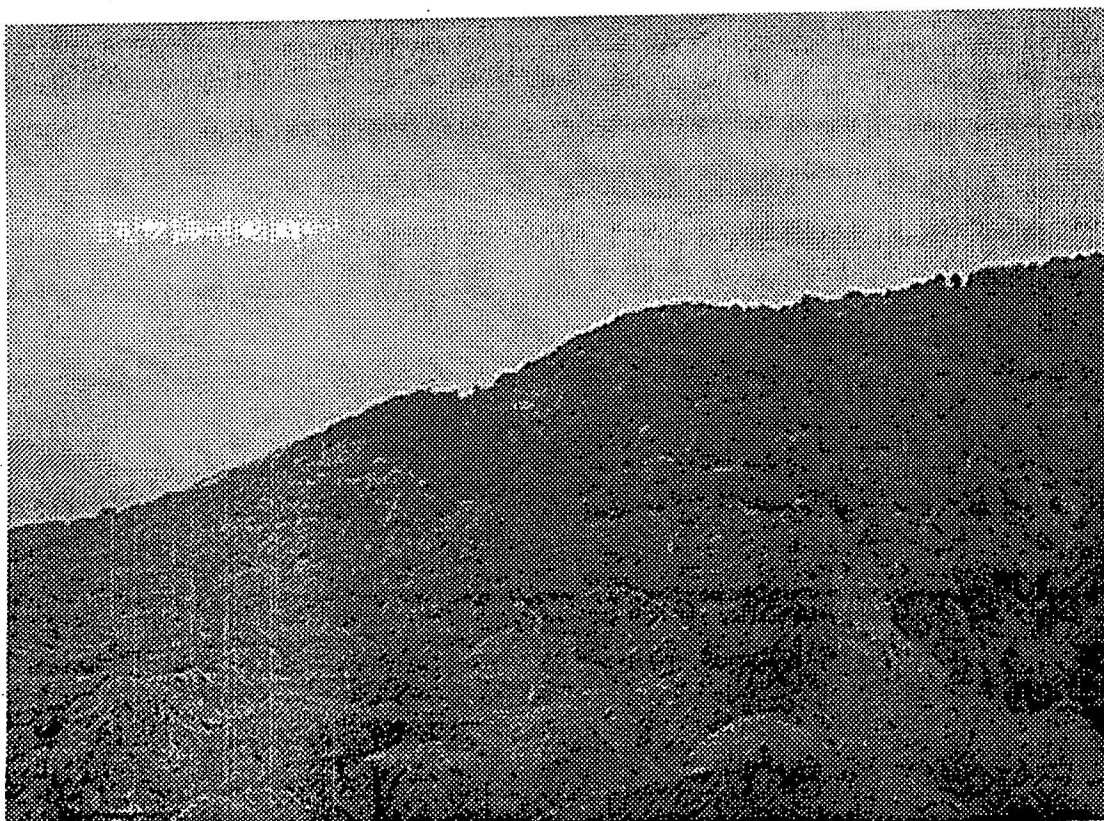


PHOTO N° II. La forêt dans la région d'étude

Reboisement : Toutes les surfaces couvertes par des plantations d'arbres forestiers dans le cadres des actions des protection des sols contre l'érosion ou par le repeuplement et la reconstitution de la forêt.

Maquis : On regroupe sous ce terme les formations arbustives dont la hauteur n'excède pas 7 m ainsi que la formation sous arbustive, parfois, cette formation abritent quelques sujets de pin d'Alep ou de chêne liège. La densité du recouvrement permet de distinguer entre le maquis dense qui y est représenté par un taux de recouvrement dépassant les 60%, quand ce taux n'est pas atteint on parle alors d'un maquis claire.

2. Domaine agricole :

Toutes les terres qui sont le siège d'une activité agricole (cultures extensives, intensives et arboriculture) ou qui l'ont été avant d'être abandonnées (terrains en friches) appartiennent à cette catégorie, on distingue :

Cultures annuelles : correspond aux terrains de grandes cultures où les surfaces occupées par la monoculture de type extensif.

Terrains en friches : Ils s'apparenteraient à plus d'un titre aux terrains de grandes cultures dont ils faisaient parties d'un passé récent. Elles sont actuellement abandonnées au profit du pâturage. Le plus souvent elles se confondent avec les zones de fortes pentes. Les parties traitées en banquettes de DRS résultent des parties qu'ont été travaillées mais délaissées à cause de la pente et la baisse des rendements.

Habitats et polycultures : Elles représentent la zone d'habitations éparses qui se distinguent des agglomérations par l'entretien d'une activité agricole diversifiée.

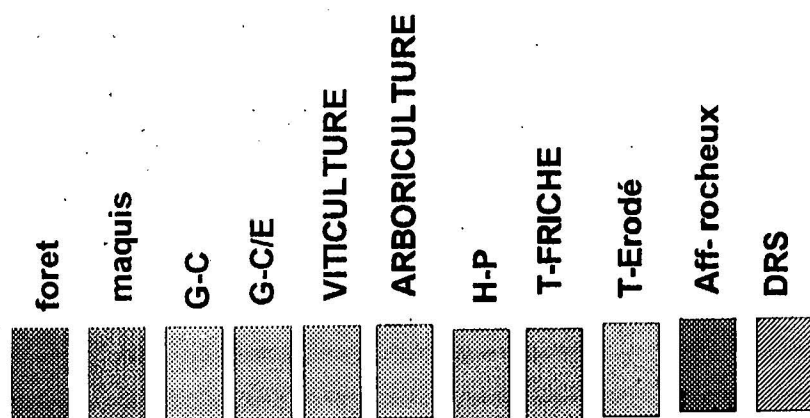
Arboriculture de montagne : L'arboriculture fruitière est organisée en deux systèmes en sec et en irriguée. La première catégorie est représentée par les vignes. Par contre les vergers en irrigués se situent dans la plupart des cas tous près des principales sources d'eau.

3. Autres occupations :

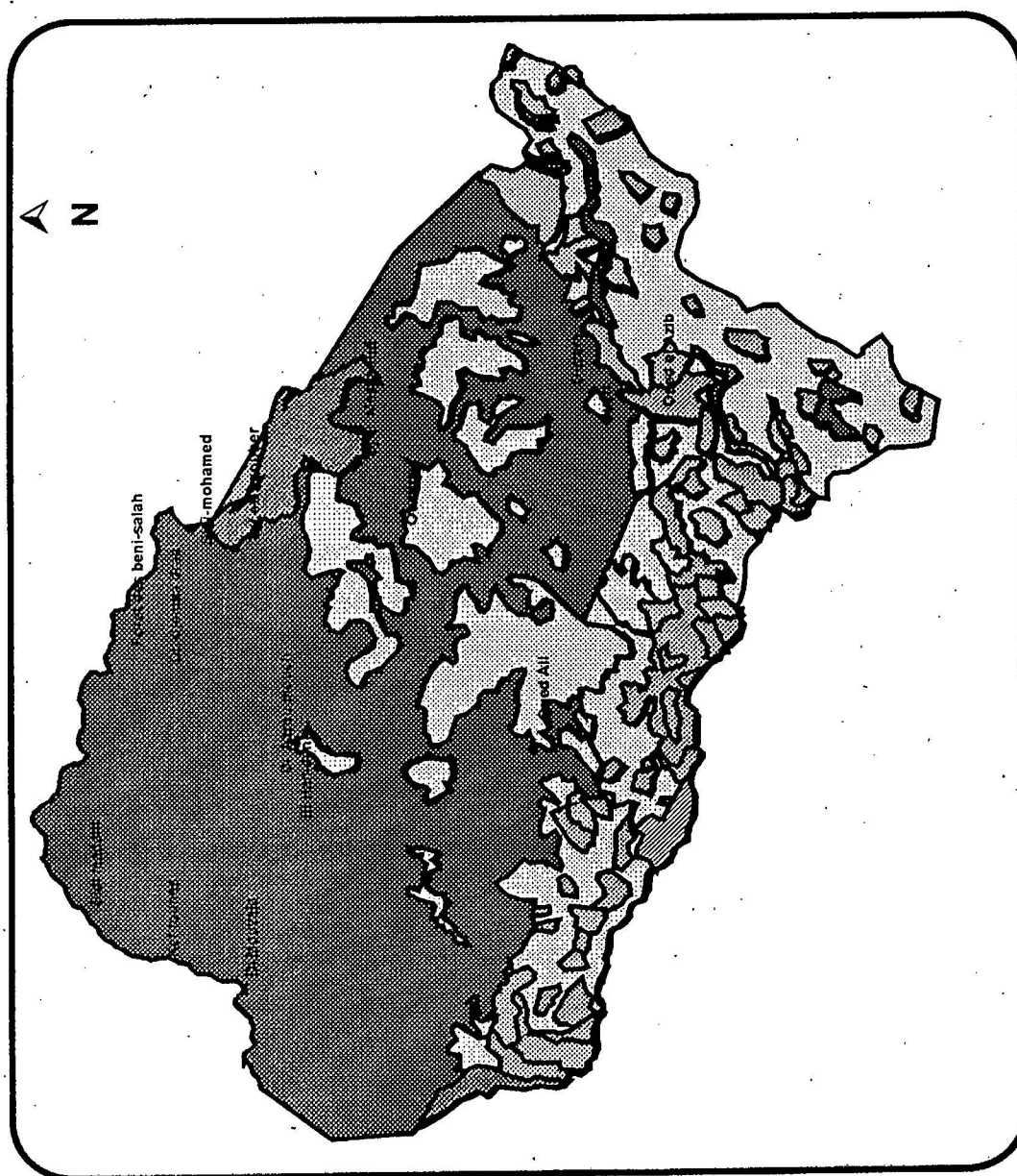
Nous avons englobé sous ce terme, le reste des surfaces démunies de végétation et des sols (terrains nus et érodés). Ces derniers supposent l'absence totale de toute végétation ou de sol, mais présentent néanmoins une consistance permettant leur récupération par le reboisement. Ils sont distingués des surfaces en affleurement rocheux « irrécupérable du fait de leur dureté et l'absence d'un sol ; ainsi que les lits d'oueds où abondent les alluvions récentes qui méritent notre intérêt autant que zone menacée d'inondation lors des crues.

FIGURE N°II-3 Carte d'occupation du sol année 1998

Legende:



e: 1|—| 1.017 km



II-3.DETERMINATION DES CONTRAINTES DU BASSIN VERSANT DE LA CHIFFA. [d'après GIL.N.LOW F,k et MAGAHAN W.F]

L'analyse de l'état actuel du bassin versant à travers l'étude des différentes composantes du milieu a permis de dégager certaines contraintes à l'amélioration du bassin versant de l'oued Chiffa.

II-3-1.DEFINITION :

Considérée comme facteur limitant , la contrainte est un obstacle ou un empêchement à la mise en application d'un aménagement.

Ces contraintes découlent soit de facteurs physiques tels que les sols, le climat, les pentes, la lithologie, le couvert végétal, soit de facteurs anthropiques, comme le système de culture (méthodes et pratiques culturales inadéquates) le surpâturage, et le manque d'équipement et d'infrastructures.

II-3-2.CLASSEMENT DES CONTRAINTES :

Le regroupement de diverses contraintes s'est effectué selon leur ordre d'importance, des plus faibles au plus intenses.

II-3-2-1.CONTRAINTES FAIBLES :

Regroupent les éléments dont l'influence sur le milieu est peu marquée. Elles doivent être atténuées au maximum par des mesures appropriées afin d'enrayer toutes possibilités de développement futur de ces contraintes.

Nous avons classé dans cette catégorie :

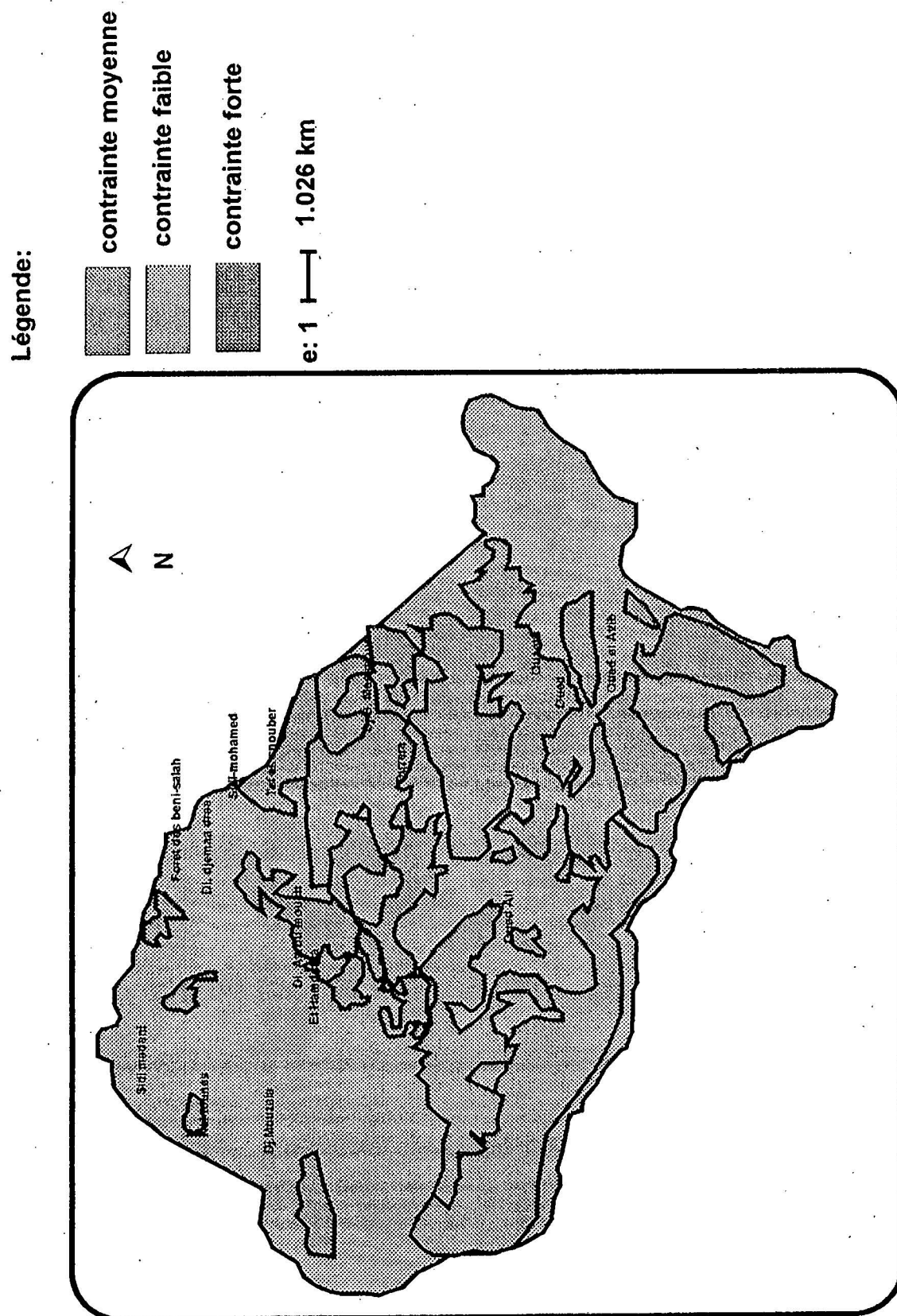
- Les sols à pente comprise entre 3 et 12.5% et plus lorsqu'elles sont protégées par une couverture végétale dense.
- les roches imperméables mais protégées (schistes)
- les zones d'érosion presque nulle
- Les zones d'habitat et de polyculture rationnellement exploitée.

II-3-2-2.CONTRAINTES MOYENNES :

Ces contraintes incitent d'avantage l'aménagiste à les considérer à leur juste valeur, ces contraintes concernent :

- Les terrains à pente oscillant entre 12.5 à 25%.

FIGURE N° II-4 Carte de sensibilité à l'érosion



- Les roches tendres et imperméables sujettes au ruissellement.
- La couverture végétale moyennement dense à claire.
- Les zones d'érosion moyenne.

II-3-2-3.CONTRAINTES FORTES :

La presque totalité des apports solides proviennent des zones du bassin versant de l'oued Chiffa, affectées par ces contraintes, sont considérées comme contraintes fortes :

- Les zones de pentes supérieures à 25% dénudées.
- Les roches tendres friables très érodable (argiles et marnes).
- Les zones d'érosion forte.

Voir figure N°II-4 : carte de sensibilité à l'érosion du bassin d'oued Chiffa

II-4.ORIGINE DE LA DEGRADATION :

- Occupation du sol inadaptée :

Reflète les conditions générales du bassin versant, qui est bien montré par la carte d'occupation du sol

- Milieu physique fragile

La fragilité du milieu découle de :

- relief varié et accidenté ;
- Pente forte ;
- la lithologie (types de faciès).

II-5. ZONAGE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED CHIFFA :

A partir de ce classement des contraintes et sur la base des différentes cartes thématiques réalisées, nous avons procédé au croisement de ces différentes variables pour aboutir à un zonage de l'aire du bassin versant de l'oued Chiffa, sur la base de ce zonage, que se feront les propositions d'aménagement.

II-5-1. ZONE DE STABILITE APPARENTE (Z-1) :

Cette zone recouvre une superficie de 193.06 hectares soit 56.97% du bassin versant. Elle rassemble les terrains suivant :

- Les forêts denses, maquis denses, terrain à couverture végétale permanente ou occupés par les cultures pérennes.

Dans cette zone, on assiste à une évolution superficielle lente du modèle peu perceptible en équilibre avec les conditions bioclimatiques actuelles.

II-5-2. ZONE INTERMEDIAIRE (Z-2) :

Cette zone recouvre une superficie de 39.99 hectares. Soit 11.87% du bassin versant. Il s'agit des terrains sur pente comprise entre 3 et 12.5%, les terrains à végétation naturelle insuffisants maquis clairs, herbes.

Ce sont les terrains dont les contraintes sont liées à :

- La pratique de grandes cultures sur des pentes supérieures à 12.5% sans mesure anti-érosive.

L'exploitation irrationnelle de ces terrains risque d'accélérer la dégradation. Pour cela il est essentiels dès à présent d'œuvrer vers une densification et amélioration de la couverture végétale existante.

II-5-3. ZONE D'INSTABILITE CHRONIQUE (Z-3) :

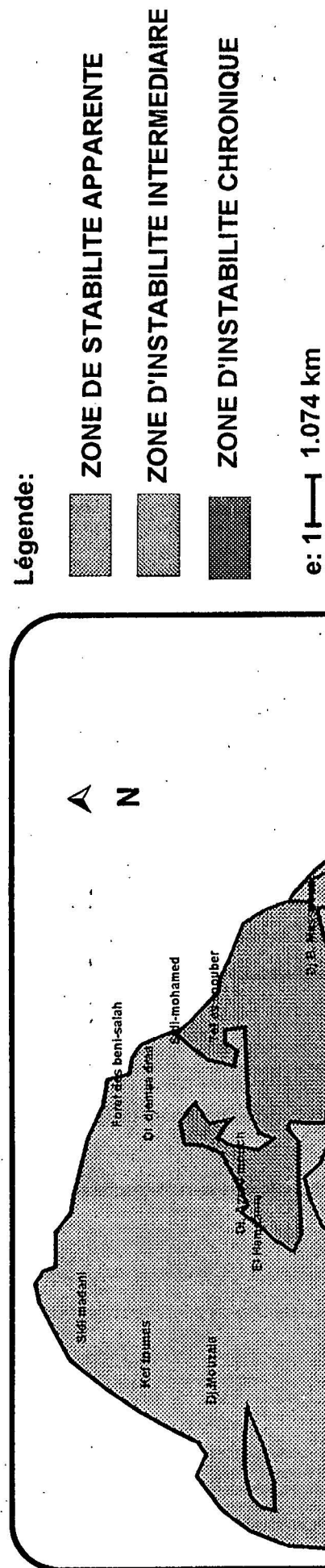
Dans une superficie de 42.38 hectares soit 12.5% de l'aire du bassin. Elle concerne les terrains les plus dégradés où l'érosion atteint souvent le stade d'irréversibilité.

Il s'agit de : Terrains dénudés sur pentes fortes.

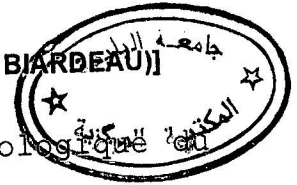
L'ensemble de cette zone présente une haute sensibilité à l'érosion. L'objectif que doit se fixer, l'aménagiste dans une telle zone, est avant tout la protection et la préservation des terrains marginalisés, en neutralisant l'activité de l'érosion sur les versants et au niveau des thalwegs.

Voir figure N°II-5 : carte de zonage du bassin de l'oued Chiffa

FIGURE N°II-5 Carte de zonage du bassin versant



II-6. ETUDE DE LA GEOLOGIE : [d'après FICHUEUR .E et BIARDEAU]]



L'étude est basée sur la figure II-2 : carte géologique du bassin versant.

La série stratigraphique de l'unité de la chiffa mal datée, s'étend d'un jurassique supérieur à un Albien inférieur (FICHEUR) avait cru identifier les schistes d'âge Silurien. Cependant GLANGEAUD 1932 ramène cette puissante formation des schistes dite «schistes de la chiffa » à l'âge Crétacé inférieur. Conformément aux observations de MAWSKI H 1979 in BIARDEAU, deux phases tectoniques accompagnées d'un épimétamorphisme et de schistosité peuvent y être distinguées.

La première phase probablement d'âge ante Sénonien se caractérise par des plis couchés de type semblable de direction NE-SW à E-W.

La deuxième phase également caractérisé de plis de type semblable de même direction, mais serait postérieure à l'Eocène inférieur.

En définitif BIARDEAU.V, conclue que si l'âge ante Sénonien de la première phase de l'unité de la chiffa se confirme un rapprochement tectonique des deux unités est inévitable, celui ci peut se concevoir de deux façons :

- Un rapprochement longitudinal dont la zone de contact correspondait à un décrochement.
- Une superposition anormale, de l'unité de la chiffa sur l'unité de Takitount.

Sous ces conditions l'unité de la chiffa s'apparenterait à une des unités de type «Babor » avec les quelles, elle partage par ailleurs de nombreuses affinités.

II-6-1. LA STRATIGRAPHIE :

II-6-1-1. SERIE AUTOCHTONE :

- Schistes grès et calcaires de la chiffa :

Cette formation épi métamorphique d'âge primaire affleure sur une puissance d'environ 3000m. la partie inférieure qui correspond aux schistes de la chiffa est constituée de calcschistes gris clair prédominant sur des pelites gris noir et des grès blancs légèrement verdâtre. Ces schistes composent tout le versant Nord de la crête de Beni-Salah boisée de cèdres.

La partie supérieure laisse apparaître des bancs de calcaires gris noirs à patine blanche.

La succession complète de constante puissante formation est donnée dans la coupure de l'oued chiffa.

- Argiles et grès de Takitount :

C'est un ensemble de type flych dans lequel alternent des argiles schisteuses gris noir et des grès blancs ou roux. l'épaisseur atteint 600m à EL HAMDANIA.

II-6-1-2. DISPOSITION DES UNITES LITHOLOGIQUES :

En dehors de la plaine de la Mitidja, qui s'étend au Nord et au Nord Ouest, cette feuille comprend la partie la plus importante de l'Atlas Mitidjien, à la quelle peut s'appliquer la désignation du massif de Blida ; cette région Montagneuse se divise en deux zones d'aspect différent. L'arête principale schisteuse est formée par la crête de Beni-Salah, boisée de cèdres dans la zone médiane, dont l'altitude moyenne dépasse 1500m, et qui atteint 1629m au sommet culminant de Sidi ABD EL Kader, elle se prolonge à l'Est par la crête monotone et dénudée de Ferroukha 1497m et du Mermoucha, rocheux à son flanc Nord ; du coté de l'Ouest, elle se continue, au-delà de la profonde coupure de la chiffa, par le Mouzaia 1604m.

Au Nord et à l'Est, de courts contreforts à l'aspect peu varie, boisés en quelques points dans les parties élevées, mais le plus souvent simplement gazonnées, s'abaissant rapidement à la plaine. A l'Ouest le ténia de Mouzaia ou col de fer 1000m forme passage aux monts de Somata, zone déprimée qui conduit au Zaccar, l'extrémité Est, avec le DJ Sidi Séran se termine à la rive gauche d'El Harrach. Cette ride importante est nettement circonscrite au Sud par les dépressions de l'oued Merdja et oued Mokta, à la tête des quels le col de Talakat 1136m sert d'union avec la région suivante.

Du col de Talakat surgit la crête du Dj Amdjouna 1435m qui forme ligne de partage et se relie au Sud, par la foret de Takitount, aux monts des Beni Messaoud. A cette crête se rattache le contre fort du DJ Anseur, prolongé par l'Hadjera M'senou 1065m à la crête de Tiberquent qui vient se terminer au-dessus du camp des chênes.

Cette région Crétacée, présente le plus fréquemment des superpositions anormales du Cénomanien sur le Sénonien, qui proviennent du renversement des plies vers le sud, à partir de la crête des Beni-Salah. Au nord de cet axe s'étale un grand pli couché sur tout le versant Nord, où les schistes de la chiffa recouvrent la série Crétacée et le Carténnien.

La feuille de Médéa comprend une région élevée appartenant à la zone moyenne de l'Atlas Tellien et dans la quelle se distinguent deux parties différentes : Au Nord le massif Crétacé, et au centre Plateau tertiaire de Médéa. La région montagneuse du Nord se rattache au massif de Blida, elle présente à l'ouest le versant de Mouzaia, aux pentes abruptes, couvertes de broussailles, mais son axe est formé par la crête des Beni-Messaoud 1491m, qui se

relie au Nord à l'arête des Beni-Salah. Ses contreforts s'abaissent vers la chiffa et l'oued Ouzera. le massif des Beni-Messaoud présente l'aspect monotone qui caractérise l'Atlas Mitidjien ; des croupe mamelonnées, aux flancs parfois boisés, le plus souvent dénudés ou couverts d'une courte broussaille, des ravins profondément encaissés qui rendent difficile la traversée de ce pays reste en dehors des voies de communication et dont certaines parties conservent une nature sauvage.

II-6-1-3. DESCRIPTION SOMMAIRE DES FORMATIONS SEDIMENTAIRES :

a₁ : Alluvions récentes : Limoneuses, ont fort peu d'importance et ne se montrent que sur quelques points où les vallées profondément encaissées ont pu momentanément s'élargir : oued Ouzera, oued chiffa, oued Mouzaia

em₃ : dépôts des pentes : éboulis de grès helvétiques supérieurs descendus du Nador et entraînés par glissement sur les pentes au Nord et à l'Ouest, de manière à former des accumulations puissantes de 25 à 30m, dans les quelles les blocs de grès sont disséminés sans ordre dans les sables argileux. dépôts ont commencé peut être avec le démantèlement des grès sous l'action des glissements de l'assise argileuse sous-jacente. la présence de ces amas de sables et grès au-dessus des argiles helvétiques donne naissance à une formation spéciale qui s'étend au nord jusqu'à l'oued Mouzaia, sur plus de trois Km

m3b : grès inférieur : sableux, friables intercalées de poudingues, principalement sur les du bassin (Dj seran, kef remila etc....)

m3a : marnes argileuses : Helvétien inférieur ; absolument semblables à celle de l'assise m3c, aux quelles elles se relient directement par la réduction des grès m3b. l'épaisseur maxima de cette assise atteint plus de 100 m

m1b : Grès grisâtres avec poudingues du Carténien renfermant des clypeastres, Hypsoclypres doma, schizater, avec pectinidés, ce sont les grès caractéristiques de l'étage, qui forment une bordure étroite au flanc du massif crétacé au N.Ouest, et sont recouverts en discordance par l'Helvétien m3a. l'îlot extrême se montre au-dessus de la route de Blida à Médéa, replié dans le Sénonien.

C8-7 Sénonien : Marnes bleuâtres avec rognons de calcaires jaunes ou intercalation des calcaires marneux à Inocérames ; c'est le faciès du Sénonien de l'Atlas Mitidjien, à fossiles très rares Micraster peini à été recueilli à l'ouest de la chiffa (Sidi Messabeh)

C5-4 Cénomanién : Calcaires et marnes bacillaires, à strates bien réglées, les bases calcaires, parfois puissants, forment les escarpements remarquables, qui

jouent un rôle capital dans l'orographie du massif des Beni Messaoud

C3-Albien : Argiles grises et noires, intercalés de quartzites, à faciès du Tell ; apparaissent au Nord par les anticlinaux du massif crétacé et surtout le flanc de Mouzaia. la zone du Nord est très pauvre en fossiles. Ammonites Milleti a été recueilli au camp des chênes ; A Moyori à SidiAmar, etc....

CV : Crétacé inférieur : Argiles schisteuses avec grès et quartzites ferrugineux ; surmontées de marnes schisteuses bleuâtres avec calcaires lenticulaires irrégulièrement distribuées, dans cette puissantes série de couches, dans les quelles il est impossible d'établir une division en étages. l'ensemble représente le Néocomien(l.s) ; apparaît au Nord Ouest (Flanc de Mouzaia) et au Nord oued Djir, où la série est renversée.

S : schistes de la chiffa : Formation puissante de schistes argileux, phyllades, ardoisiers, quartzophyllades, intercalés de quartzites à la partie supérieure, dont la succession complète est donné dans la coupure de la chiffa. Les schistes présentent, une inclinaison constante au Sud, entre le ruisseau des singes et l'oued Merdja sont renversées au Nord par un anticlinal étiré sur la série des étages du Lias, du Crétacé, et du Carténnien. A l'extrémité Ouest du Mouzaia, ils forment tout le versant Nord de la crête de Beni-Salah et s'étendent en recouvrement jusqu'au bord de la plaine.

Gy : Gypses : dans le Sénonien (plâtrière au N.E de Médéa) ; ont modifié le terrain encaissant et transformé les calcaires en cargneules. Les cargneules se retrouvent en plusieurs points de massif des Beni-Messaoud, dans les conditions analogues, mais sans pointement gypseux

CU : Minerais de cuivre (cuivre gris et cuivre pyriteux) de Mouzaia, avec Fe hématite.

II-6-2. LES FACTEURS MORPHOLOGIQUES :

II-6-2-1.LA TECTONIQUE :

Ces diverses structures ont été affectées de trois phases tectoniques ; les deux premières phases accompagnées de schistosité et d'un épimétamorphisme ont donné naissance à des plis semblables couchés ou déversés.

- Les plis de la première phase ont des directions variant de N.E ou S.O à E.O.
- Les plis de la deuxième phase de direction N.O -S E sont déversés au NE de l'Anticlinal de Blida.
- La troisième phase post -schisteuse ce produit des plis cassante de direction ENE-OSO à EO et à double déversement.

Anticlinaux et synclinaux sont affectés de grandes failles transversales recoupées par des failles longitudinales que fait apparaître l'étude géologique des crêtes de Chréa. Des failles transversales principales ainsi que des failles longitudinales au niveau des crêtes de Chréa. Ces failles ne sont pas simples. ce sont des systèmes failles formés de nombreuses failles se relayant, les nombreuses fissures permettant le drainage des nappes aquifères. On constate ainsi une série de failles verticales au niveau de la zone de contact entre le massif montagneux et la plaine de la Mitidja.

II-6-2-2.LES ACTIVITES SISMIQUES :

D'une manière générale la zone de notre étude faisant partie du parc national de Chréa entre dans une région de sismicité importante.

Les épicentres des différents séismes jalonnent les principaux axes anticlinaux et sont d'autant plus fréquents que les plissements sont récents.

Les séismes de la région peuvent atteindre des magnitudes assez importantes (6.4) et entraîner des dégâts importants dans les zones des épicentres et les zones situées le long des flancs en bordure des zones anticlinales (Blida, Chiffa, Mouzaia).

II-6-3.RAPPORT ROCHE/SOL ET REPARTITION VEGETALE DANS LA ZONE D'ETUDE :

Dans la zone composée de Pin d'Alep s'étend les couffins de DJ Mermoucha, DJ Takitount, DJ Azrou-mouch. Si on essaye de faire un rapport entre le substrat géologique et le couvert forestier on constate :

- **Le Cèdre :**

Influence des substrats calcaires marneux et des schistes argileux sur le cédraie.

Sur les schistes de la chiffa, le cèdre végète, le cèdre finit brusquement là où se terminent les affleurements de synclinal de calcaire marneux, il se développe également sur les schiste argileux.

Ceci peut s'expliquer par le fait que les schistes ardoisiers de chiffa compacts imperméable qui ne s'altèrent presque pas, ne donne pas de terre et les affleurement se dessèchent rapidement dès la fin de la saison des neiges et des pluies. Ils ne conviennent donc pas au cèdre qui demande une humidité constante pendant ces premières années. on peut trouver de beaux spécimens de cèdres sur les schistes de la chiffa mais seulement lorsque le pendage

le permet sur les affleurements ardoisiers des schistes de la chiffa, il n'existe que des cèdres en rabougris.

- **Le pin d'Alep :**

Essence plastique qui toutefois les sols argileux, elle s'étend sur un substrat schisteux (Dj Mermoucha, ou Grés argileux, Takitount, Azrou-mouch). Ces formations donnent des sols calcaires et graveleux répondant aux exigences du pin. Le pin supporte les sols superficiels.

- **Le chêne vert :**

S'accommode à tous les sols pourvu qu'ils soient franchement siliceux.

Il ne réussit pas dans les argiles compactes ni dans les calcaires, il préfère les sols meubles provenant de la décomposition des roches granitiques, schisteuses. Il prédomine sous forme de maquis.

CONCLUSION :

L'utilisation de la cartographie dans l'analyse du milieu naturel, nous a permis d'affirmer que le relief du bassin est accidenté, l'altimétrie à déterminer l'aptitude au ruissellement des terrains. L'érodabilité des terrains est montré par l'étude géologique (marnes, schistes dénudés). La carte des pentes et d'occupation du sol, nous ont permis de détecter les zones fragiles sujettes à une érosion déstabilisatrice du milieu naturel. De plus la cartographie apparaît comme le meilleur moyen de traitement rapide de l'information, l'étude des différentes composante du milieu à permis de dégager trois zones d'action pour rétablir l'équilibre du versant :

ZONE DE STABILITE APPARENTE (Z-1) :

Elle rassemble les terrains suivant :

- Les forêts denses, maquis denses, terrain à couverture végétale permanente ou occupés par les cultures pérennes.

ZONE INTERMEDIAIRE (Z-2) :

Il s'agit des terrains sur pente comprise entre 3 et 12.5%, les terrains à végétation naturelle insuffisantes maquis clairs, herbes.

ZONE D'INSTABILITE CHRONIQUE (Z-3) :

Elle concerne les terrains les plus dégradés où l'érosion atteint souvent le stade d'irréversibilité. Il s'agit de : Terrains dénudés sur pentes fortes.

CHAPITRE III

**ETUDE DU TRANSPORT SOLIDE
DU COURS D'EAU DE
LA CHIFFA**

ETUDE DU TRANSPORT SOLIDE DU COURS D'EAU DE LA CHIFFA

III-1. GESTION ET TRANSPORT SOLIDE DU COURS D'EAU DE LA CHIFFA : [voir ALQUIER.M ; COUVERT.B ; GRAF.W et LELIAVSKY.S]

III-1-1. INTRODUCTION :

La plupart des rivières coulent à l'état naturel sans qu'on en ait modifié le tracé , les largeurs , les profondeurs ou les débits par des travaux d'aménagement. La civilisation moderne conduit à se servir de plus en plus des eaux des rivières pour l'alimentation des villes , irrigation des terres .

De tous temps les cours d'eau ont vu leurs équilibre sédimentologique et donc leur morphologie, modifiés par l'action de l'homme.

Des défenses le long des berges ont été édifiées, afin d'empêcher la destruction des terres cultivées et parfois d'enquérir des nouvelles.

L'arrêt des extractions en rivière conduira à un lent réengrèvement des lits qui s'étaient abaissés lorsque demeurent les apports solides ou une recharge sédimentaire par érosion.

Cette tendance sur le long terme est ressentie par les riverains, mais d'une manière d'autant plus aiguë que les crues se multiplient.

Après chaque forte crue, les riverains signalent des atterrissements, des exhaussements considérés préjudiciables.

La dégradation des milieux naturels, et des ressources en eau, le coût d'entretien des lits, la perte de capacité des retenues, tout conduit, dans l'esprit dans la loi de sur l'eau, à considérer le rétablissement du transit sédimentaire comme un objectif prioritaire sur beaucoup de cours d'eau.

Souvent en effet, la réduction ou la suppression des déséquilibres locaux au profit d'un fonctionnement d'ensemble plus cohérent devraient permettre de réduire les besoins d'aménagement des cours d'eau, tout en améliorant la qualité des milieux associés.

L'objectif est de rétablir au mieux le transport solide de la rivière soit en favorisant le transit des apports en amont, soit en acceptant des reprises d'érosion sur les berges.

Dans la quasi totalité des cours d'eau français, l'équilibre du lit n'est atteint que par une étroite relation entre la pente longitudinale de la rivière et le transport solide par charriage qui détermine l'équilibre du lit, tandis que le transport en suspension n'intervient que sur les berges.

Les effets du charriage sur l'équilibre du profil en long des cours d'eau sont assez bien connus.

Les lois physiques qui qualifient, le transport solide sont nombreuses empiriques, imprécises et ne courent que chacune que les domaines d'applications limités.

Les caractères morphologiques sont déterminés par le régime des débits liquides et des transports solides, en volume et en Qualité, mais on ne sait pas prévoir de façon sûre l'évolution à attendre de tel ou tel aménagement.

III-1-2- LA DYNAMIQUE DU LIT DU COURS D'EAU :

III-1-2-1- LE FONCTIONNEMENT NATUREL :

➤ Mécanisme de transport :

On peut caractériser le transport des sédiments, qui s'effectuent essentiellement en hauts eaux, par le mode de transport et par l'effet du transport.
Le transport peut s'effectuer de deux manières :

- **Par charriage :**

C'est un transport sur le fond du lit, qui correspond en général aux alluvions les plus grossiers, des sables jusqu'aux blocs.

- **Par suspension :**

La suspension est le transport «entre deux eaux », qui concerne les particules fines (argiles, limons, parfois sable) ce mode de transport est généré par la turbulence, qui détermine des composantes essentielles de la vitesse du courant.

Le transport en interaction avec le lit concerne des matériaux d'une taille voisine de celle des matériaux du lit concerne les phénomènes de dépôts et de reprise sont importants, conditionnant l'évolution morphologique du lit . On dira alors que le transport est morphogène ou « actif », le transport en suspension n'a aucune action directe sur l'équilibre et la morphologie du fond.

➤ Equilibre fondamentaux :

Sur un cours d'eau non perturbé, ayant librement façonné son lit, un équilibre moyen s'installe entre

le débit solide, le débit liquide, la taille des matériaux et la pente.

Sur un cours d'eau naturel, le débit liquide, le débit solide à évacuer et la taille des matériaux sont déterminés par la géographie du bassin. C'est donc la **pente** qui est le principal paramètre de réglage utilisé par les cours d'eau pour ajuster sa capacité de transport solide aux apports effectifs. Les autres caractéristiques (forme, granulométrie) du lit peuvent également jouer, mais leur rôle est secondaire. La capacité du transport des matériaux croît quand le débit liquide et la pente augmentent, et quand la taille des matériaux diminue.

Il existe un lien direct entre la granulométrie des matériaux transportés, celle des matériaux du lit et la pente.

III-1-3. ORIGINE DES MATERIAUX :

A l'exception du ruissellement, la production des matériaux ne dépend pas de la pluie et est très variable dans le temps, aussi dans les bassins torrentiels. En particulier, après une longue période des crues importantes, les berges et le lit du torrent auront accumulé beaucoup de matériaux provenant des versants. Un événement pluvieux intense provoquera une purge du lit du torrent et des apports des matériaux très importantes. Notons que les bassins à roche tendres (marnes, schistes), ont généralement des apports plus réguliers.

III-1-4. EVOLUTION DE LA FORME DU LIT D'OUED CHIFFA:

Toute rivière tend vers une pente qui assure le transport vers l'aval des matériaux solides provenant d'amont.

La pente est le principal paramètre de réglage d'un cours d'eau naturel, pour adapter sa capacité de transport aux apports réels, en fonction des débits liquides disponibles et de la taille des matériaux à transporter.

Au delà des fluctuations cycliques observées au gré des crues, et en l'absence des perturbations d'origine humaine, on constate en général qu'il n'y a pas de variation mesurable des pentes d'un cours d'eau et de son profil en long à l'échelle du siècle. Les exceptions majeures se rencontrent aux grands ruptures de pentes.

En moyenne, la pente décroît d'amont en aval, pour trois causes :

- L'usure du matériau ;
- Le tri granulométrique ;

Les petits éléments étant transportés plus facilement
et plus fréquemment que les gros ;
Accroissement des débits d'amont en aval.

III-2-.LA GRANULOMETRIE DES MATERIAUX :

La granulométrie des matériaux décroît d'amont en aval. Cette décroissance contrariée ou accentuée localement par les apports des affluents, recouvre deux phénomènes : l'usure des matériaux et le tri de la granulométrie.

Ce dernier intervient lorsque le transport solide est faible : les matériaux les plus grossiers sont alors moins déplacés que les matériaux les plus fins.

La granulométrie des matériaux transportés varie avec le débit et diffère alors de celle présente dans le lit. Elle est plus fine en général.

L'analyse de la granulométrie des fonds de cours d'eau pose deux problèmes majeurs :

Où faire la granulométrie ?

Comment faire une analyse granulométrique ?

La réponse à la première question dépend de l'objectif poursuivi. La granulométrie est-elle donnée uniforme dans le temps (liée au changement des formes) et dans l'espace.

Variabilité spatiale :

L'organisation spatiale du fond du cours d'eau à charge de graviers et galets est basée sur l'alternance de seuils et de mouilles.

Il existe une relation qui lie la distance entre deux seuils consécutifs (ou 2 mouilles) à la largeur du chenal (distance de 5 à 7 fois la largeur moyenne du lit)

- Seuils : sont des formes de résistance, de granulométrie généralement plus grossière que le reste du chenal. En crue, ils sont soumis à des forces tractrices nettement moindres que les mouilles.
- Les mouilles : concentrent une charge plus fine que les seuils parce qu'elles sont partiellement remblayées par des matériaux fins à la décrue (graviers) puis dans les phases hydrologiques plus calmes (sédimentation des sables) en raison de faibles vitesses de courant.
- Les bancs : formes émergées du chenal en dehors des hauts eaux et des crues, connaissent une grande variabilité granulométrique.
Les lits des bancs ont une granulométrie similaire aux seuils.
Les queues des bancs ont une granulométrie fine.

D'une manière générale, il convient de toujours rattacher une analyse granulométrique à la géomorphologie, et en particulier à une forme spécifique (seuils, tête,...) Le choix de la nature de la forme dépend des objectifs recherchés.

Comment mesurer la granulométrie D'un substrat alluvial ?
Ils existe deux grandes familles de techniques granulométriques :
La granulométrie par pesée, et la granulométrie dimensionnelle.

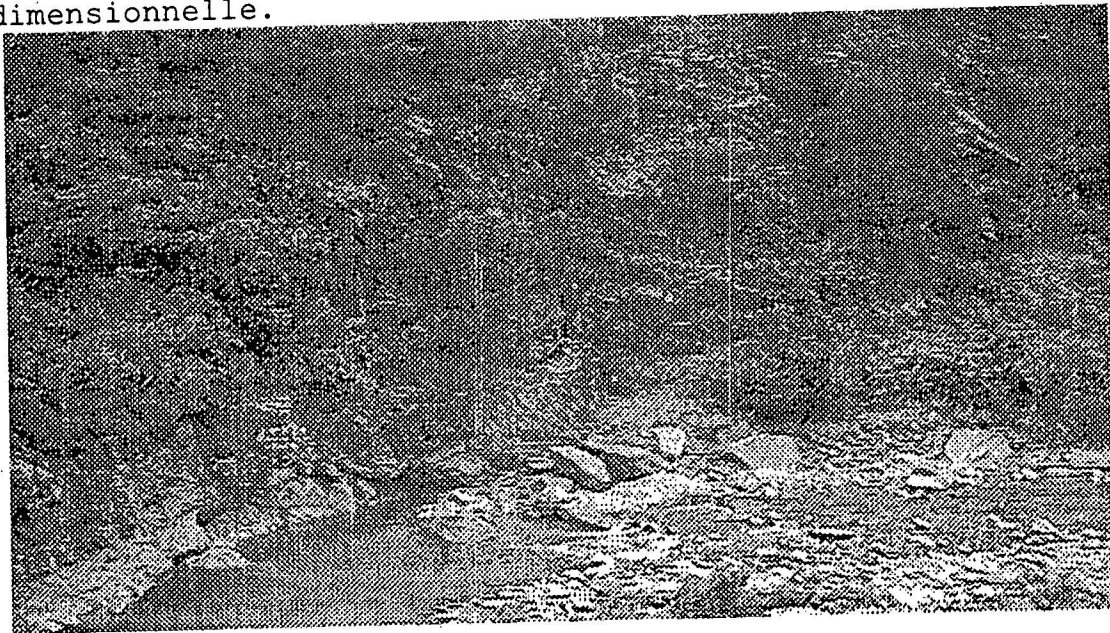


PHOTO N°III-1 Granulométrie de l'oued Chiffa

III-2-1. ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU LIT D'OUED CHIFFA :

Un matériau n'est pas constitué par des grains ayant tous la même dimension ; il est poly-dispersé c'est à dire formé de grain couvrants toutes les dimensions .
La classification que nous avons adoptés au laboratoire pour les mesures granulométrie , est la suivante :
On utilise une colonne de tamis en brosse dont les mailles s'échelonnent entre 4.0 mm et 0.01 mm , ces tamis s'emboîtent les uns dans les autres , le tamis supérieur étant naturellement le tamis de 4 mm

PRINCIPE DE LA METHODE :

L'essai consiste à fractionner , au moyen d'une série de tamis , un matériau en plusieurs catégories de grains décroissantes.
On appelle refus sur un tamis : le matériau qui est retenu ;

On appelle tamisât : le matériau qui passe
 Le poids des différents refus sont rapportés au poids initial de matériau ; les pourcentages ainsi obtenus servent à l'établissement de la courbe granulométrique
 Cette courbe est établie en portant sur un graphique semi logarithmique :

En ordonnée (échelle arithmétique) les pourcentages des refus (ou des tamisats) cumulés ;
 En abscisse (échelle logarithmique) les dimensions des tamis.

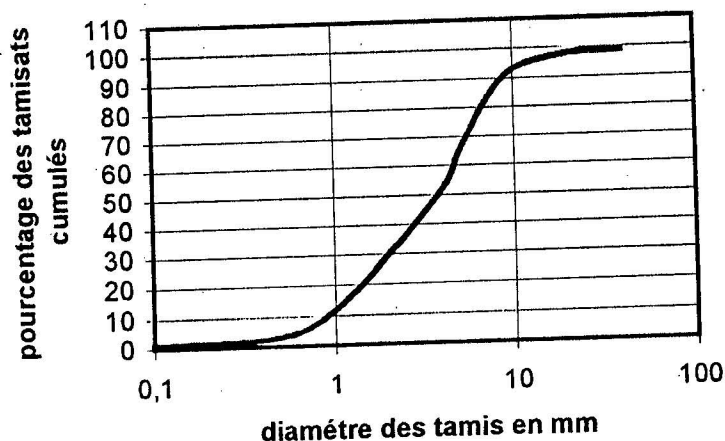


Figure N°III-1 Courbe granulométrie des matériaux du lit principal d'oued Chiffa (El Hamdania)

EXECUTION DE L'ESSAI :

L'opération se fait par tamisage a voie sec (après élimination des fines par lavage, l'échantillon est desséché à l'étuve à 105 °C , on le verse sur le tamis supérieur de la colonne fixé sur le vibro-tamis jusqu'à ce que plus aucun élément ne tombe du dernier tamis (environ 1h 50')

Reprendre un à un les différents tamis , et s'assurer , en remuant le matériau à la main que plus aucun éléments ne passe , on recueille alors la fraction restée sur le premier tamis en l'enlevant du reste de la colonne ; on le renverse sur une feuille de papier et on fait tomber tous les grains en s'aidant d'un pinceau à poil dur ; puis on pèse , on recommence ainsi pour tous les tamis et pour la fraction restante (reste) .On note soigneusement les poids correspondant à chaque fraction en faisant le cumule.

INTERPRETATION DU GRAPHE :

La forme de la courbe granulométrique renseigne immédiatement sur la granularité d'un granulat ainsi :
 Courbe en forme de doucine : granulat courant

Courbe convexe vers le haut : granulat riche en éléments fins
Courbe concave vers le haut : granulat pauvre en éléments fins
Courbe présentant un palier : Il manque les éléments qui donneraient un refus sur certains tamis .
La courbe représentative du matériau du lit du oued chiffa montre que ce dernier est formé de granulats courants .

III-3.LE ROLE DES SEDIMENTS FINS ET DE LA VEGETATION :

Sur les rivières torrentielles, les sédiments fins ne jouent un rôle morphologique que sur les marges du lit actif, dans les espaces végétalisés. La végétation joue un rôle de peigne et piège les sables fins et les limons. La terrasse s'exhausse ainsi moins submersible, la végétation s'y développé encore, et les débordements suivant y déposent d'avantage de sédiments plus fins. Ces terrasses ne sont reprises que par érosion latérale.

III-4.LE ROLE DU SUBSTRATUM DANS LA MORPHOLOGIE :

Sous le matériau alluvial, constitué de sables, de graviers, ou de galets, on trouvera systématiquement un matériau différent, le plus souvent cohésif, rocheux, ou détritique (calcaire). Il peut s'agir d'un substratum rocheux , mis aussi de sédiments hérités d'un système morpho-climatique antérieur (argiles).

Les situations les plus dangereuses concernant les substratums tendres plus érodables que le matériau alluvial de surface : sables ou grés tendres (chiffa) dangereuse également est l'érosion des marnes et argiles, bien que le phénomène d'abrasion soit déjà moins brutal. (les marnes mises à l'air des étiages d'été subissent une desquamation formant des plaquettes facilement entraînées par les premières crues d'automne.

Il est important de rappeler que les alluvions charriés sur le fond constitue un matériau protecteur pour le substratum, que celui ci soit de bonne ou de mauvaise qualité , le transport des alluvions dans une rivière en équilibre garantie un renouvellement de cette protection

III-5.GESTION DU TRANSPORT SOLIDE :

Il importe de bien exprimer les objectifs de l'intervention à l'échelle du bassin

- Accroître la capacité du lit la fréquence et l'importance des débordement.

- Atténuer les attaques d'érosion sur les berges.

III-5-1.DEFINIR UNE STRATEGIE GLOBALE DE GESTION DU TRANSPORT SOLIDE :

Cette stratégie est traduite par les éléments suivant :

- ❖ Des consignes de gestion et ou aménagement des ouvrages existant ; pour réduire les perturbation du transit des matériaux :
 - Réduction des dénivelés produite par l'ouvrage lors du passage des débits morphologiquement actifs
 - Accroissement des débits morphologiquement actifs dans les unité économique raisonnables.
- ❖ Programme de construction des ouvrages : seuils nécessaire pour bloquer une érosion régressive
 - La sélection des zones privilégiés de régulation des apports de stockage des accédants et des recharges sédimentaires par érosion : gestion de l'espace riverain.
- ❖ La définition d'un objectif de profil en long à long terme (profil d'équilibre, outil de base pour l'instruction des demande d'intervention dans le lit)

III-5-2.ACTION DE MAITRISE DES APPORTS SOLIDES :

- ❖ Maîtrise de la production des matériaux dans les bassins (reboisement voir chapitre précédant)
- ❖ Espace de régulations des apports solides (zone aménagé pour favorisé une régulation du transport solide).
 - Chenaux lisses (goulottes) : permet d'y favorisé des transit des matériaux. Cet aménagement la continuité du transport solide.
 - Chenaux à biefs affouillables (ouvrages de régulation du transport solide, seuils en série) Ils permettent une respiration du lit pour fluctuations de la pente sans risque de déstabilisation du lit.
- ❖ Action de remodelage de la section
 - Remodelage du lit vif : permettra souvent de satisfaire les attentes des riverains sans réduire le stock alluvionnaire.

Il peut permettre en effet de rediriger les écoulements pour éviter une érosion de berge menaçante et faciliter l'écoulement des crues .

Le remodelage se fait par abaissement de bancs trop haut par remaniement des matériaux , et mise en dépôts contre la berge ou dans le lit ordinaire.

- Curage du lit vif : envisager pour accroître la section du lit avec deux objectifs principaux :
 - réduire les risques de débordement.
 - alléger les attaques d'érosion sur les berges.

Le type de curage le plus fréquent est l'entassement des bancs hors d'eau en homogénéisant les profils en travers , réduira localement la capacité du transport.

❖ Action pour accroître la mobilité du lit .

- Promotion des érosions de berges : par définition d'une largeur érodable le long des berges , avec mise en œuvre une politique foncière adaptée.

❖ Action de lutte contre l'abaissement du lit .

- Apports mécaniques des matériaux : selon les contraintes écologiques locales, dépose en eau ou dépose des matériaux hors d'eau, mais le plus près possible du lit pour qu'il soit facilement repris.

Eviter toute accumulation qui pourrait se végétaliser et se fixer : la surface du dépôt doit être submergée pour une crue annuelle avec une hauteur d'eau suffisante pour entraîner les matériaux .

On pourra envisager le dépôts des matériaux dans le lit ordinaire après dérivation temporaire des eaux.

- Edification de seuils de stabilisation :
Seuils préventifs , calés au niveau du fond du lit, destinés à bloquer à une évolution venant d'aval avant qu'elle ait touché la zone traitée.
Seuils curatifs , calés plus hauts que le lit réalisés après abaissement du lit pour retrouver un niveau antérieur jugé plus satisfaisant.

III-6. DEBUT D'EROSION DES BERGES ET DU FOND :

C'est par le changement de teinte d l'eau qu'on peut déceler le début d'érosion des berges et du fond dans une eau parfaitement claire.

Il n'y a d'érosion des berges et du fond qu'à partir d'une certaine force du courant , pour une hauteur d'eau et pour une catégorie de matériau donnée.

La mise en mouvement des granulats commence à devenir appréciable pour une tension de frottement à la paroi τ supérieure ou égale à :

$$\tau_0 = 0.047((\gamma_s - \gamma) d_{50})^{1/2} \quad \text{III-5}$$

Meyer peter

$$\tau_0 = 0.060(\gamma_s - \gamma) d_{50} \quad \text{III-6}$$

SCHIELDS

γ_s : poids volumique de la matière qui constitue les éléments de diamètre d_{50}

γ : poids volumique de l'eau .

τ_0 : dépend de l'intensité des phénomènes de turbulence autour des grains , de la propreté des eaux qui s'écoulent.

Deux types de théories s'affrontent :

1- Certains auteurs admettent qu'en dessous de certaines conditions hydrauliques dites critiques , il n'y a pas de transport solide .

l'érosion des berges et du fond (phase de transport) ne se produirait donc qu'à partir d'une certaine force , pour une hauteur d'eau et une catégorie de matériau donnée (LARRAS) le critère le plus employé est celui de la tension tangentielle de frottement (force tractrice critique). Mais , suivant les auteurs dont MEYER-PETER , les formules permettant de la calculer varient quelque peu.

2- D'autres auteurs optent pour la notion d'un départ progressif des matériaux : KRAMER , EINSTEIN, PAINTAL.

Pour ce dernier , quelque soit le matériau , il n'existe pas de valeur unique de la tension de frottement au dessous de la quelle aucun grain ne se déplacera . on peut définir une valeur limite de la tension de frottement au dessous de la quelle le charriage sera négligeable .

SHIELDS a montré que lorsque la couche limite est totalement turbulente T_c est proportionnel au diamètre pour un matériau donné .

III-7. LES CALCULS DE CAPACITE DE TRANSPORT [selon LARRAS.J et QUESNEL .B]

Les matériaux constituant le fond du lit peuvent être transportés :

- **Par charriage sur le fond** : il en est toujours ainsi pour les matériaux les plus gros , graviers et galets , quelles que soit la pente et le débit.
- **A la fois par charriage de fond et en suspension** pour les sables , dans ce cas , on parle de transport solide total.

Nous étudions en premier lieu le calcul de transport solide par charriage le cas le plus général, et en deuxième lieu le transport solide total.

Les formules de transport solide sont le plus souvent utilisées pour établir le bilan le transport d'un cours d'eau .

L'estimation de l'apport d'une crue est indispensable à l'étude de la gestion des sédiments sur des cônes de déjection, et à déterminer la vitesse de l'évolution des lits sous l'effet des aménagements de toutes sortes. L'application sous précautions des formules de transport solide disponibles dans la littérature s'avère souvent décevante, car la complexité apparente des formules ne permet pas d'apprécier la sensibilité des résultats au choix des hypothèses. (les bilans sédimentaires annuels sont très sensibles aux débits de début d'entraînement).

III-7-1. DEBITS SOLIDES DES TRANSPORTS PAR CHARRIAGE:

le charriage ne fait que mouvoir les agrégats le long du périmètre mouillé, sans changements de forme des berges et du fond dont on puisse tirer un enseignement.

1. la méthode de mesure la plus directe consiste à disposer des nasses de captage sur le fond, et à mesurer les volumes d'agrégats qu'on y capte en un temps donné.
on peut mesurer, la vitesse de comblement de fosses creusées en travers du lit.
2. on procède d'une façon indirecte : en mélangeant des granulats artificiels, ou des granulats naturels convenablement marqués, aux matériaux des berges et du fond dans une section d'écoulement donnée, et en relevant les proportions de grains marqués, qu'on retrouve dans les sections d'aval au bout d'un temps donné.
3. on construit un modèle réduit de la partie de la rivière dont on veut mesurer le débit solide, et à reproduire sur ce modèle l'évolution passée du tracé, des largeurs, des profondeurs, et du champ de vitesse de la rivière.

Il existe un nombre considérable de formules qui permettent de calculer le débit solide des transports des agrégats par charriage dans un écoulement rectiligne uniforme.

- **lit à chenal simple : formule de MEYER PETER.** (Sur les cours d'eaux de plaines).

La formule de MEYER PETER résulte d'une longue série d'étude sur des granulats de 0.4 à 30 mm de diamètre, granulométrie relativement uniforme, écoulement permanent uniforme de 2 à 2000 l/s avec des pentes de 0.4 à 2%

La formule de MEYER PETER ne concerne que les transports tout à fait longitudinaux à longue distance et permanents (ne prend pas en compte les apports latéraux et non

La formule de MEYER PETER ne concerne que les transports tout à fait longitudinaux à longue distance et permanents (ne prend pas en compte les apports latéraux et non permanents dus au ruissellement local des eaux de pluie de part et d'autre du lit)

$$G_s = 25 (\tau_0 - \tau_{cr})^{3/2} \quad \text{III-3}$$

Avec :

$$\tau_0 = \gamma h I$$

$$\tau_{cr} = 0.08 d_{50}$$

Cette formule est applicable pour :
Diamètre supérieur à 0.6mm (Chiffa $d_{50}=3.8\text{mm}$)

Notation :

G_s : transport solide en tonnes par jour
 Q_l : débit liquide en m^3/j .
 q_s : transport solide par unité de longueur en $\text{kg}/\text{j}/\text{m}$
 i : pente m/m
 b : la largeur en m
 h : hauteur d'eau en m
 g : $10 \text{ m}/\text{s}^2$
 Q_l : débit liquide journalier en m^3/j .

L'étude du transport solide et sa quantification nous ont permis d'estimer le taux d'érosion annuel des sédiments sur le cône de déjection, et de déterminer la vitesse de l'évolution du lit. [ALQUIER M]

Il existe un nombre considérable de formules qui permettent de calculer le débit solide des transports des agrégats par charriage et par suspension dans un écoulement rectiligne uniforme [QUESNEL.B], parmi elles nous avons celle la plus utilisée mondialement la formule de MEYER -PETER

($G_s = 25 (\tau_0 - \tau_{cr})^{3/2}$), qui dans notre cas nous a donné une bonne corrélation entre les débits charriés et débits liquides de crues de l'ordre de 0.96 montré par la figure N°III-2.

L'étude du transport solide par charriage exige que soit étudié le charriage annuel et saisonnier, afin de pouvoir l'estimer.

Pour notre étude nous avons opté pour la formule de MEYER-PETER dont les conditions d'application sont compatibles à notre cours d'eau : La Chiffa.

Le nuage de point annuel et saisonnier s'ajuste selon une courbe polynomiale. Le coefficient de corrélation R étant aux environs de 0.93, montrant bien la dépendance des débits solides charriés et les débits liquides, montrée par les figures N°III-2 et N°III-3.

L'équation générale sur la base de la quelle, nous avons fait nos calculs du transport solide s'écrit de la forme :

$$gs = 0.0316Ql^2 + 33.506Ql + 396.4$$

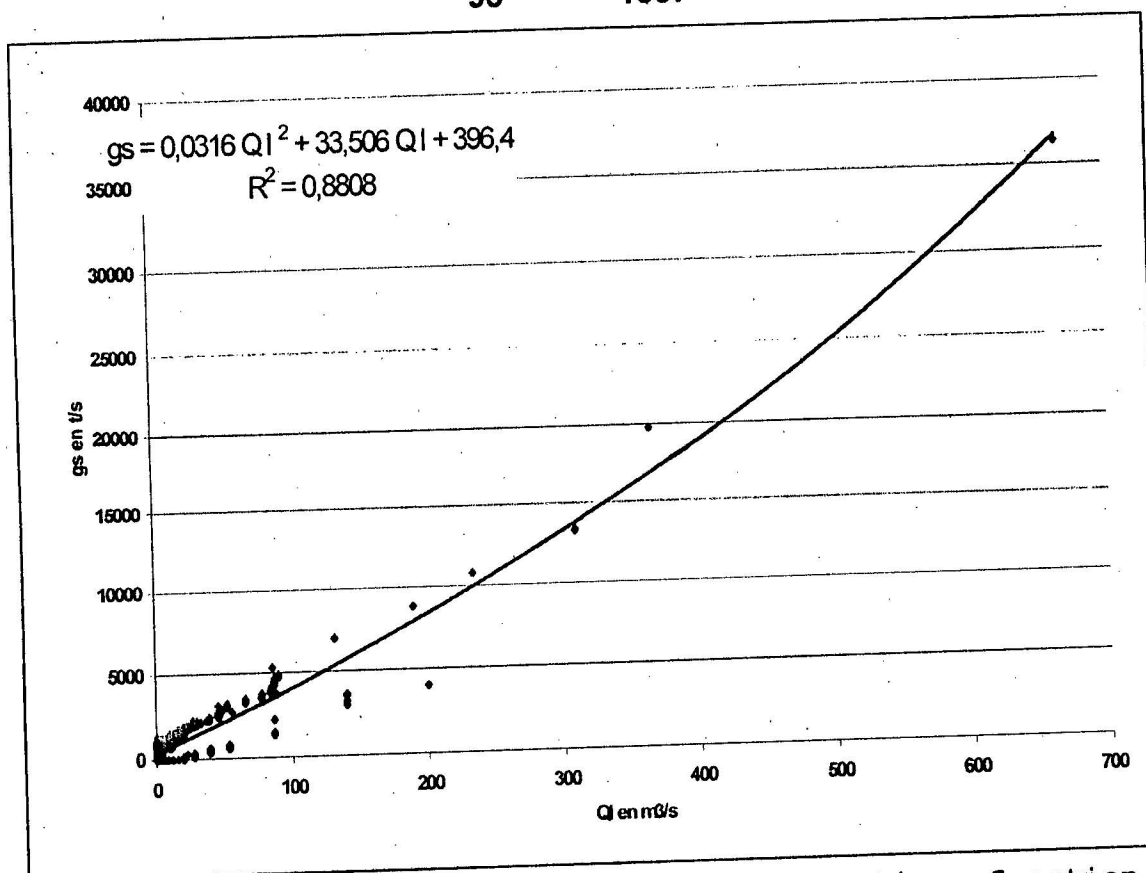
avec :

gs : transport par charriage par unité de largeur en kg/j
Ql : débit liquide journalier en m³/j.

Les résultats de nos calculs s'étalant sur une période de 85/95 pour la station des Amonts des gorges de la Chiffa 021126 seront groupés dans le tableau N°III-1.

**TABLEAU N°III-1. VALEURS DU TRANSPORT PAR CHARRIAGE ANNUEL
POUR UNR PERIODE 85/95 SATION 85/95**

Année	gs en t/an
86	1000,44
87	1814,09
88	5053,79
89	1102,64
90	511,21
91	1055,74
92	3594,58
93	986,19
94	869,63
95	1357



**Figure N°III-2 :Relation débit solide charrié en fonction
du débit liquide annuel selon Meyer-Peter pour une période
85/95 station 021126**

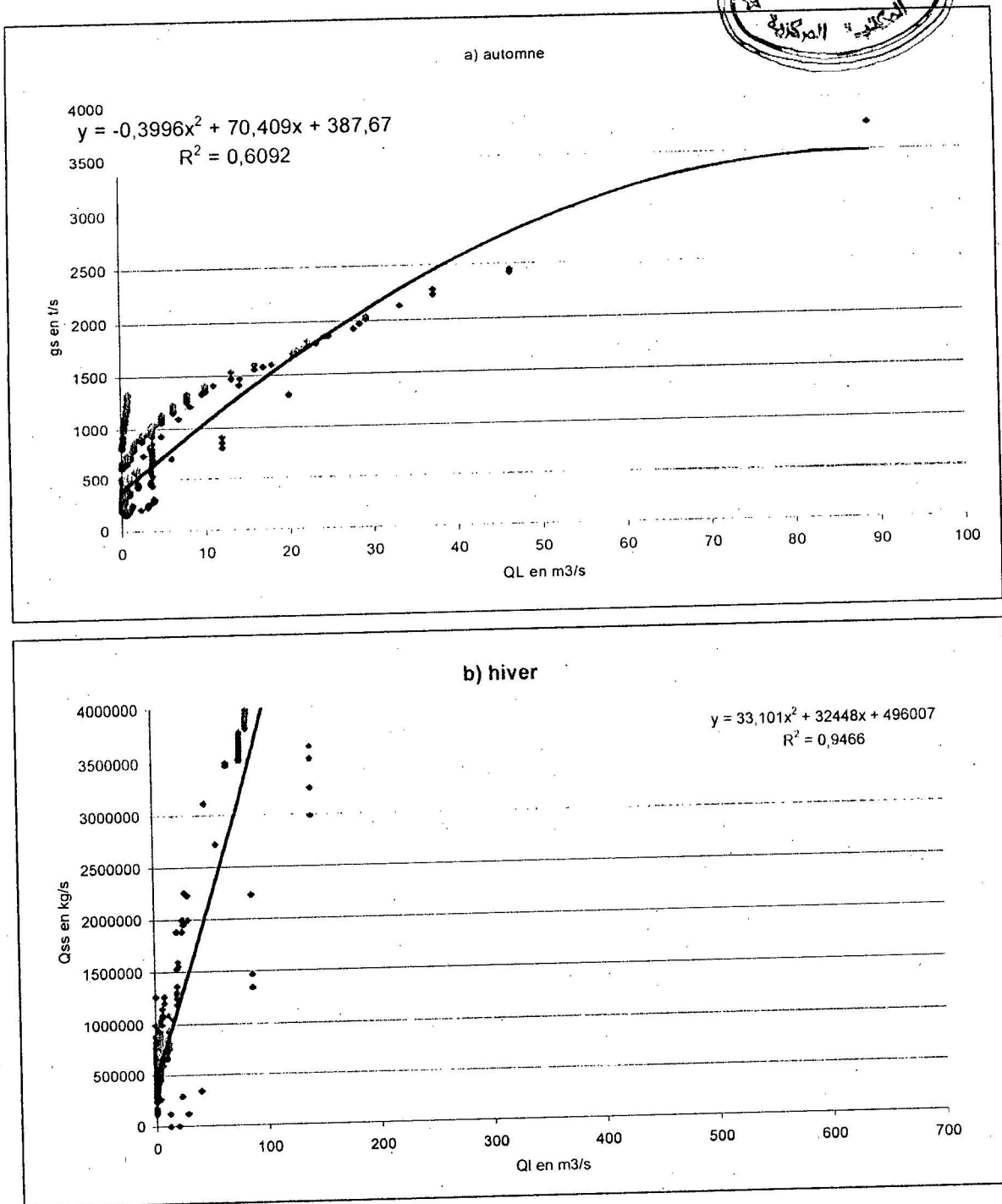
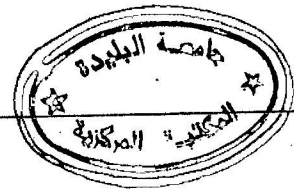


Figure N°III-3 Relation débit solide saisonnier en fonction du débit liquide selon MEYER-PETER pour la période 85/95 station 021126

Pour le printemps et l'été nous avons obtenu un faible coefficient de corrélation cause pour laquelle nous n'avons pas représenté les résultats.

En saison humide les valeurs débits charriés sont supérieures aux valeurs de la saison sèche.

Nous avons vu d'autres formules dont les conditions d'applications sont compatibles avec le cours d'eau de la Chiffa. Parmi elles nous avons celle de : SCHIELDS.

$$g_s/Ql = (\tau_0 - \tau_{cr}) 10I / (\gamma_s - \gamma)^2 d_{50} \quad \text{III-4 SCHIELDS (1972)}$$

(t/s.m)

Tenant compte de la rugosité du lit, nous avons apporté un coefficient de correction a à la relation de Schields qui s'écrit :

$$a = (K_s/K_r)^{3/2}$$

$$a = 0.78$$

Cette formule est applicable pour des rivières torrentielles ou de piémont.

La relation de SCHIELDS a donné de bons résultats, le coefficient de corrélation R est égal à 0.99, ce qui prouve que le débit charrié est en étroite relation avec le débit de crues montré par la figure N°III-4. Parallèlement nous avons étudié le transport solide en suspension en fonction du débit liquide de crue montré par la figure N°III-4.

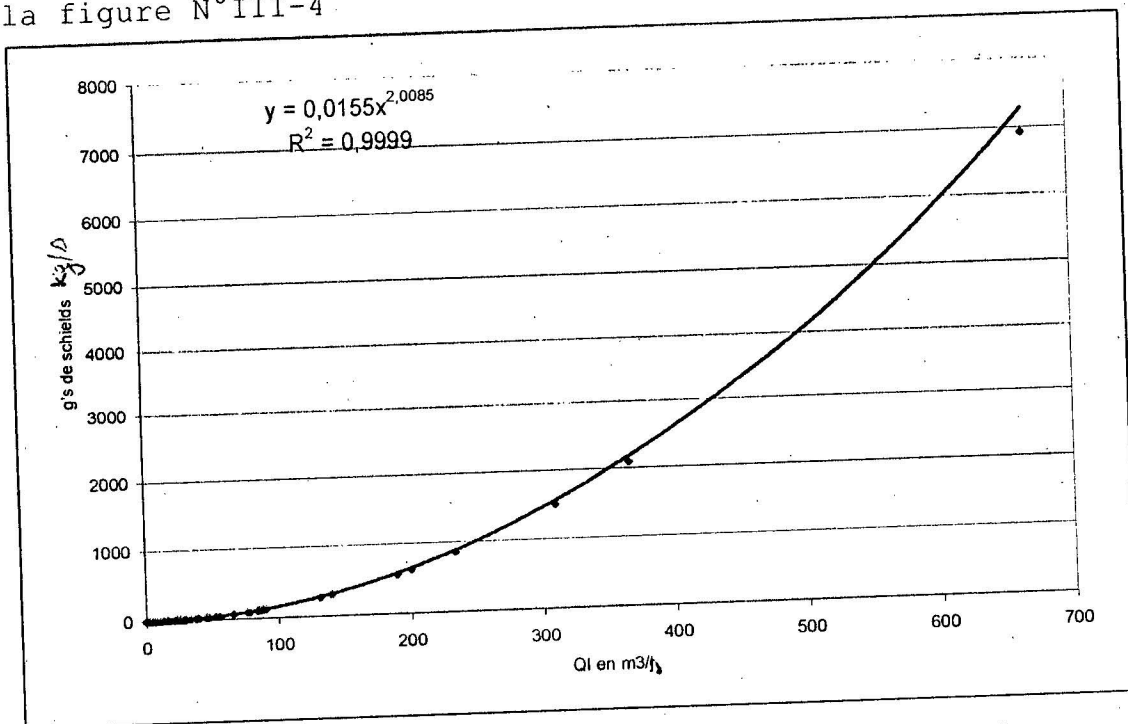


Figure N°III-4. Relation débit solide de schields en fonction du débit liquide annuel pour une période 85/95 de la station 021126

Les conditions d'application de cette formule sont bien compatibles avec notre cours d'eau : Oued Chiffa.

Dans le même contexte, nous avons étudié le débit charrié de Schields saisonniers en fonction du débit liquide montré par les figures N°III-5

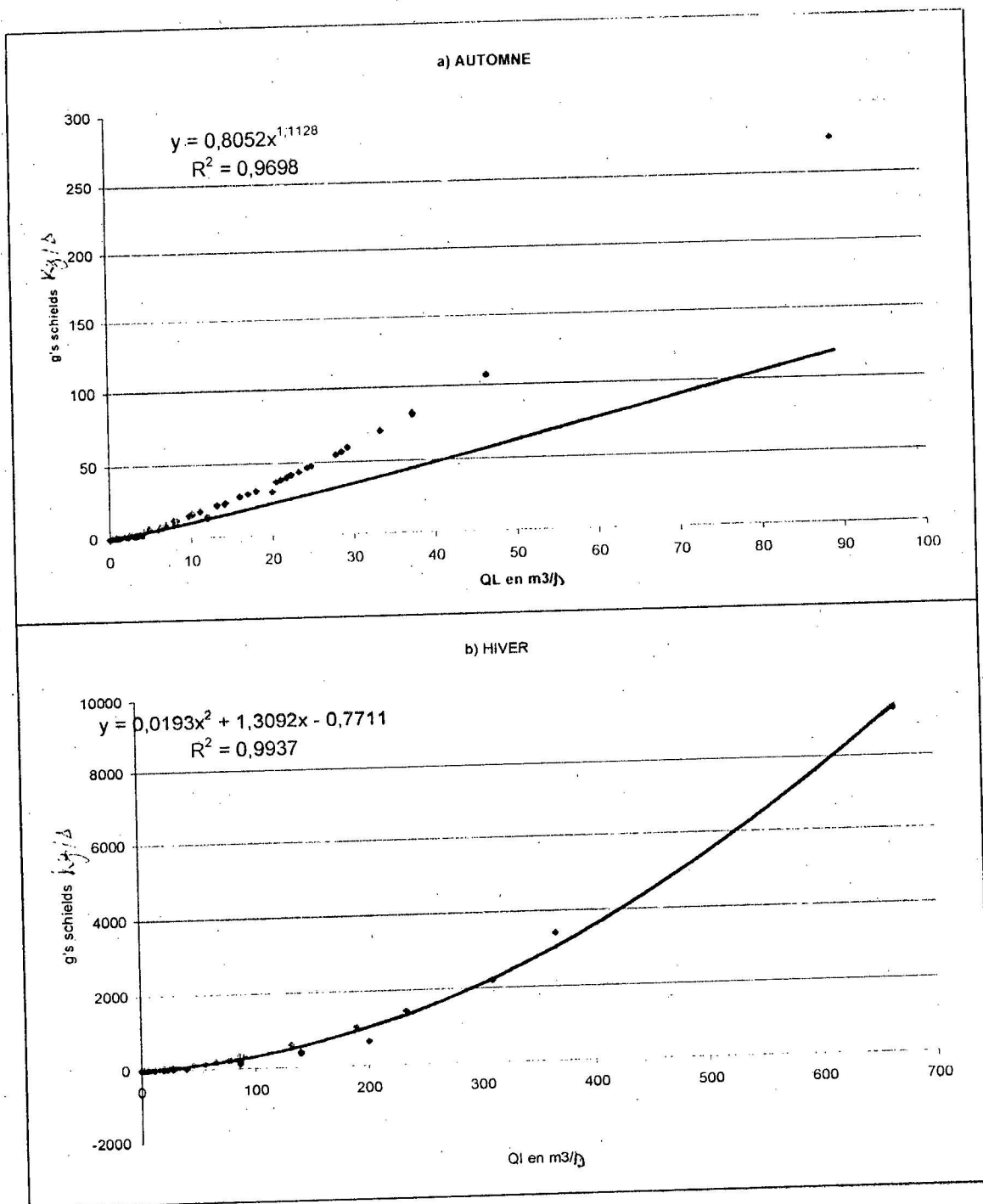


Figure N°III-5 : Relation débit solide charrié saisonnier selon schields en fonction du débit liquide pour une période 85/95 de la station 021126

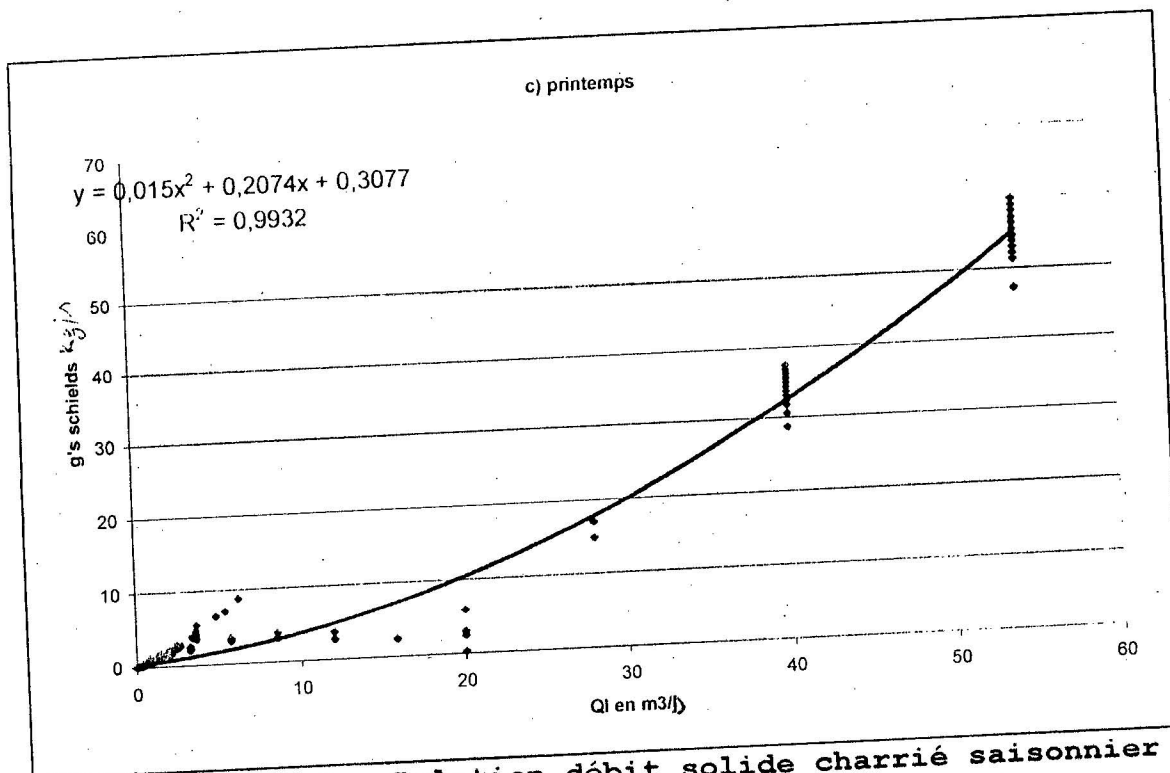


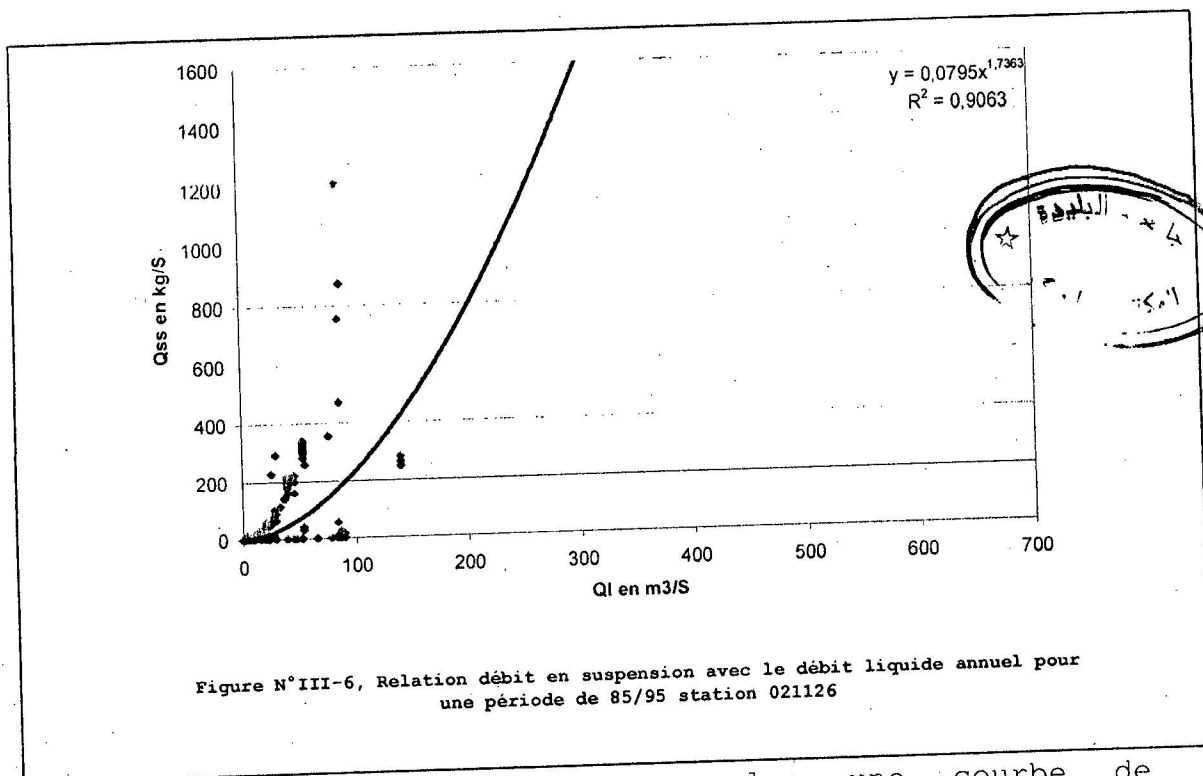
Figure N°III-5 : Relation débit solide charrié saisonnier selon schields en fonction du débit liquide pour une période 85/95 de la station 021126

III-7-2. DEBITS SOLIDES DES TRANSPORTS EN SUSPENSION :

La détermination des taux des matières en suspension dans l'eau fait l'objet de la norme française de normalisation (AFNOR N° T 90-105 Mars 1972) la concentration des matières en suspension varie considérablement d'un point à l'autre de la section d'écoulement dans la hauteur du liquide

On explique les différences dans les valeurs du débit solide par la nature géologique, la pente des terrains desservis, l'état de la couverture végétale (désert, labours, forêts) par la coïncidence des périodes de précipitations maximales avec les périodes de végétation minimale.

Le débit de matières en suspension Q_{ss} dépend, beaucoup du débit liquide, Ce débit est représenté par la figure N°III-6.



Le nuage des points s'ajuste selon une courbe de coefficient de corrélation $R=0.96$, cette valeur montre que les débits solides en suspension sont étroitement liés aux débits liquides de crues. L'équation générale sur la base de laquelle nous avons estimé, le transport en suspension s'écrit de la forme

$$Q_{ss} = 0.1048 Q_l^{1.79}$$

Les résultats des calculs du transport en suspension annuel pour la période 85/95 de la station 021126 sont illustrés dans le tableau N°III-2

TABEAU N°III-2. VALEURS DU TRANSPORT EN SUSPENSION ANNUEL POUR UNR PERIODE 85/95 SATION 85/95

Année	Qss en t/an
86	1,47
87	0,496
88	2,869
89	0,001
90	0,059
91	0,829
92	0,045
93	0,206
94	1,45
95	7,86

Nous avons aussi étudié le transport en suspension saisonnier représenté par la figure N°III-7.

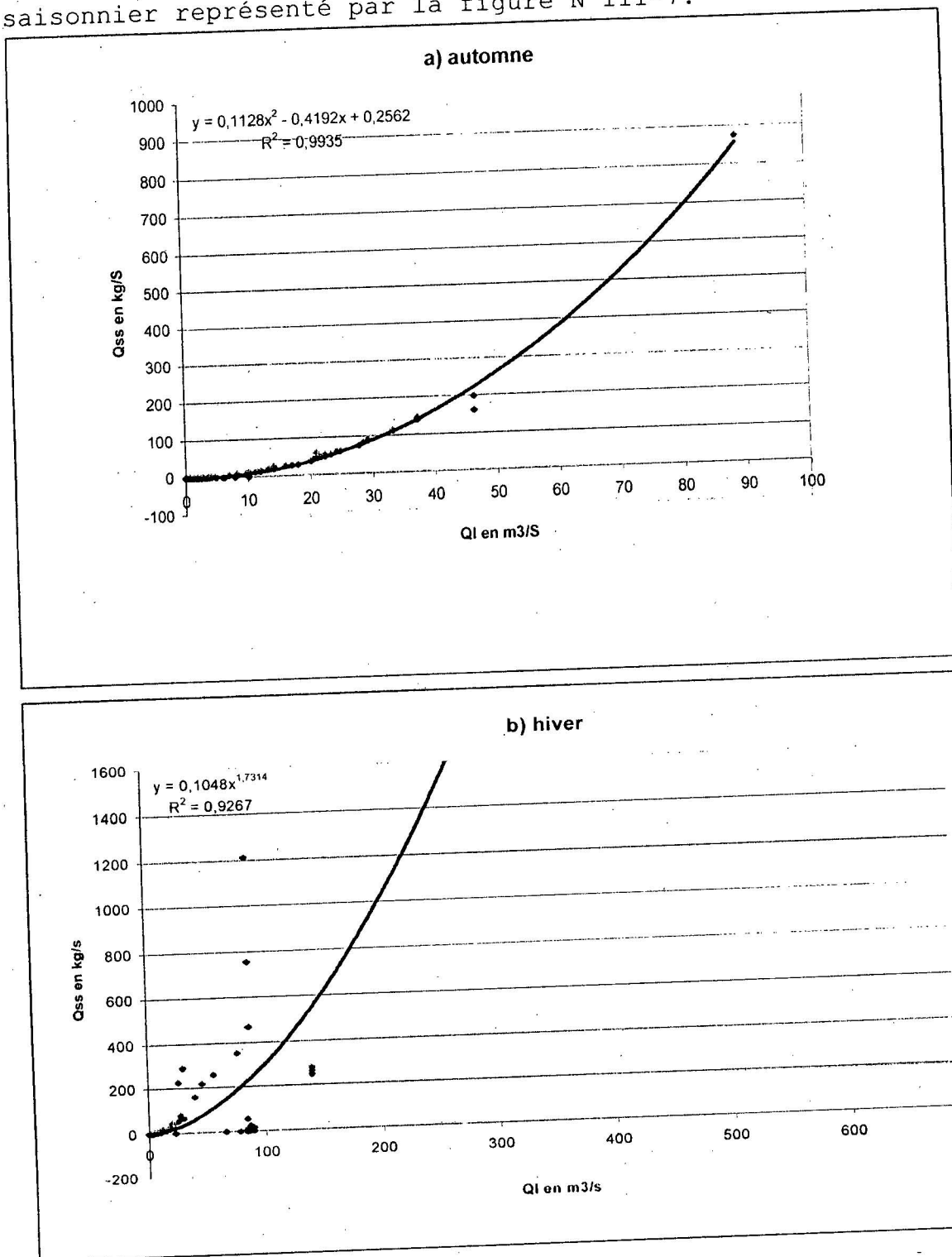


Figure N°III-7. Relation débit solide en suspension saisonnier en fonction du débit liquide pour une période 85/95 station 021126

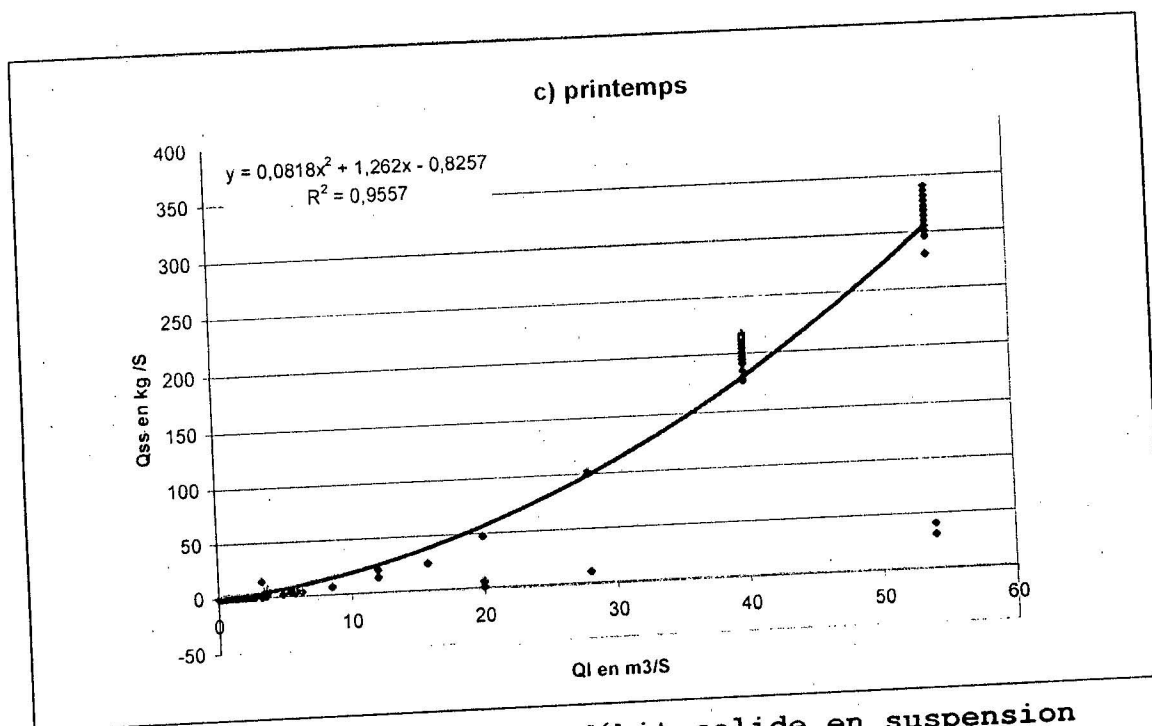


Figure N°III-7. Relation débit solide en suspension saisonnier en fonction du débit liquide pour une période 85/95 station 021126

Les débits solides en suspension sont étroitement liés aux débits des crues. Le nuage de point s'ajuste selon une courbe puissance et polynomiale de coefficient de corrélation de l'ordre de 0.98.

Les relations des débits en suspension saisonniers montrent que les volumes les plus importants se concentrent pour les saisons d'hiver et d'automne, les crues du printemps sont nombreuses se caractérisent par une forte concentration mais à débits solides faibles interprétés par le fait que le sol se trouve saturé après les fortes crues de l'hiver.

Connaissant le transport solide en suspension et par charriage, nous pourrions estimer le taux d'érosion spécifique approprié au bassin versant de notre étude pour la période 85/95. En faisant la somme des deux (02) débits (q_s et Q_{ss}), le débit total Q_T résultant sera représenté sur le tableau N°III-3.

TABEAU N°III-3 VALEURS DU TRANSPORT SOLIDE TOTAL PERIODE 85/95 STATION 021126

Année	Es en t/km²/an
86	1001,92
87	1814,59
88	5058,84
89	1103,74
90	511,72

91	1056,86
92	3598,18
93	987,18
94	870,5
95	1358,95

Le débit total est représenté par l'histogramme montré par la figure N°III-8.

Avec :

Es :taux d'érosion spécifique en t/km²/an

T temps en année.

III-7-3.DEBIT SOLIDE TOTAL :

On appelle transport solide total d'un écoulement, la somme du transport solide par charriage et par saltation et du transport solide par suspension.
Somme qui donne une bonne idée d'ensemble des phénomènes d'érosion à l'échelle du bassin.

L'étude du transport solide totale, nous donne une idée d'ensemble des phénomènes d'érosion à l'échelle du bassin. On exprime la dégradation des terres que le transport solide total représente en tonnes de sédiments par an [COUVERT.B et all.,] selon la figure N°III-8 :

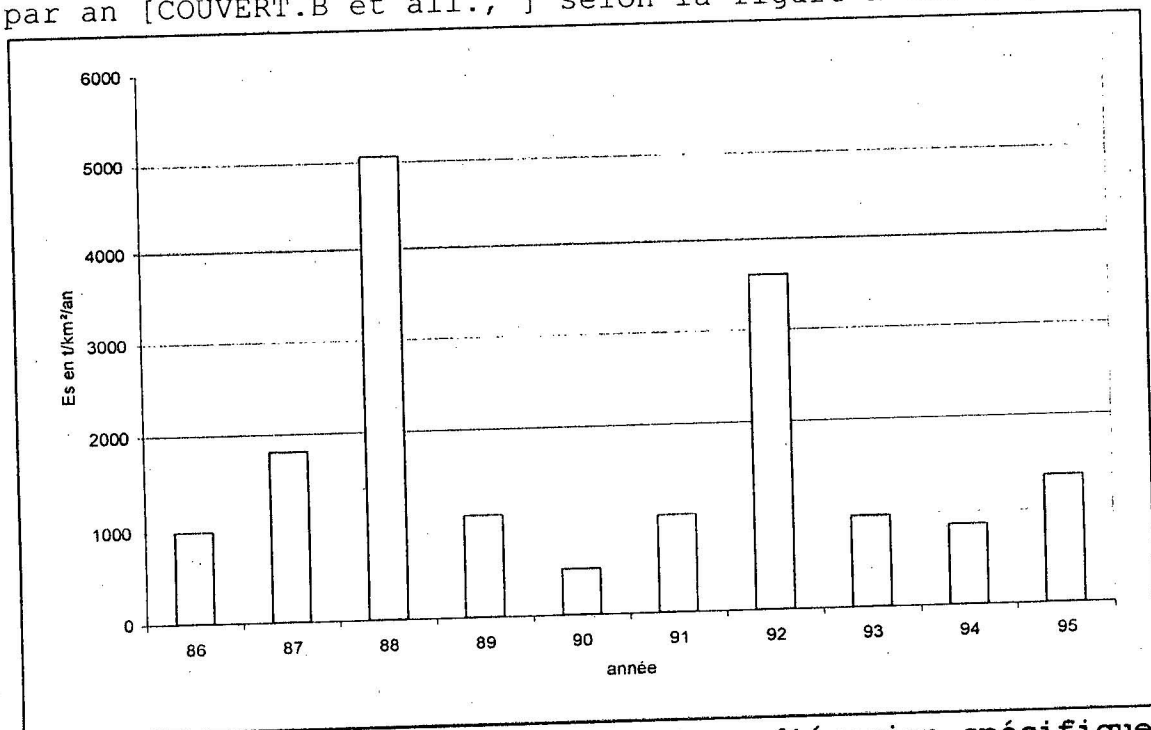


Figure N°III-8. Représentation du taux d'érosion spécifique pour une période de 85/95 du bassin versant de la Chiffa station 021126

Le débit total est représenté par la figure N°III-8

Avec :

Es : taux d'érosion spécifique en t/km²/an
T temps en année.

Les valeurs journalières du débit solide ne sont pas représentées, vu la grandeur de la taille de l'échantillon N=4663 valeurs.

INTERPRETATION :

Vu les valeurs élevées du taux d'érosion, il est obligatoire d'apporter des secours au bassin versant de la chiffa. La lithologie fragile, friable et tendre que constitue le bassin joue d'une manière complémentaire avec le climat, pour rendre le bassin très fragile sujette à une érosion intense. Les valeurs du ES élevées de 1988 et 1992 peuvent être expliquées par une fréquence d'incendie très répétée pour ces deux années.

Au lieu de faire la somme des deux sortes de transport solide, il peut être intéressant d'évaluer le transport solide total de granulats dans un écoulement rectiligne uniforme par : La formule de Tixeront qui montre bien que la pluviométrie est une condition essentielle mais non suffisante pour rendre le milieu physique fragile sujette à une érosion (vu les valeurs élevées du taux d'érosion), aussi la lithologie et la perméabilité du terrain contribuent directement dans la fragilité du milieu donc dans l'augmentation du taux d'érosion. Ce qui est montré par la formule de Tixeront qui tient compte des deux paramètres.

$$Ta = a R^{0.15} t / \text{km}^2/\text{an} \quad \text{III-5}$$

Avec :

a = coefficient en fonction de la perméabilité du sol. Il varie de 3.5 à 3200.

Perméabilité élevée : $3.5 < a < 74$;

Perméabilité moyenne : $75 < a < 349$;

Perméabilité moyenne à faible : $350 < a < 3195$;

Perméabilité faible : $1400 < a < 3195$;

Imperméable : $a > 3200$.

R : lame d'eau ruisselé en mm/an ;

R : $P_0 - D_m$ où P_0 pluviométrie moyenne annuelle en mm ;

D_m : déficit annuel de l'écoulement en mm.

$$D_m = P_0 / (0.9 + P_0^2 / L^2)^{1/2}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^2$$

$$T = 23^\circ\text{C}.$$

Nos calculs sont illustrés dans la figure N°III-9.

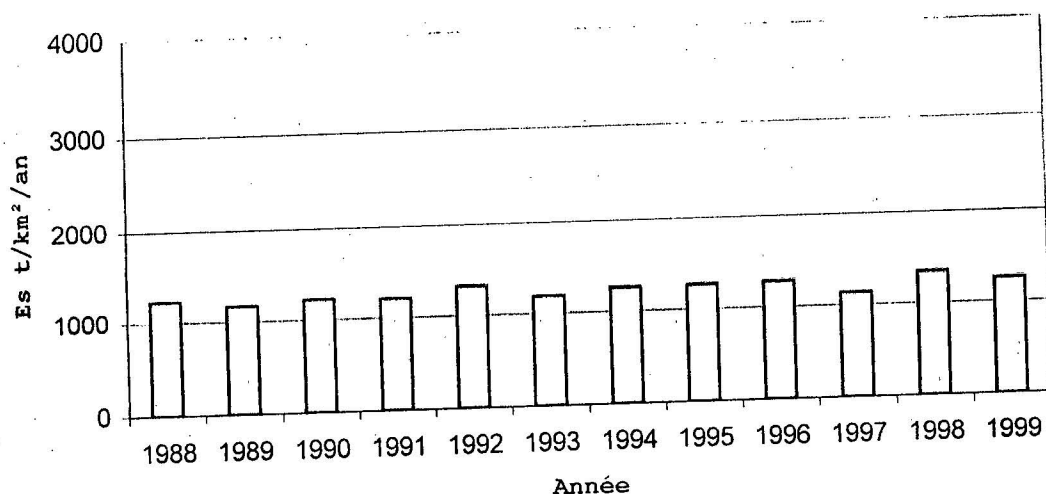


Figure N°III-9. Relation taux d'érosion en fonction du temps selon Tixeront

Interprétation :

Tixeront tient compte de la pluviométrie et la perméabilité du terrain, et donne des taux d'érosion annuels qui s'approchent moyennement de nos résultats. Nous pouvons conclure que l'érosion est fonction d'abords du terrain (lithologie), du climat (pluviométrie) et enfin de l'utilisation du sol (l'homme).

conclusion:

De notre étude, nous pouvons conclure que la quantification du transport solide est une opération très minutieuse et fastidieuse, surtout pour avoir des données fiables, il sera très enrichissant de mettre en place un suivi ultérieur régulier de l'évolution du lit qui permettra de traiter les problèmes futurs.



Suivi topographique :

Suivi du profil au long d'une ligne d'eau : meilleur indicateur de l'évolution d'ensemble d'un tronçon à condition que les levés successifs soient réalisés à des débits comparables

Suivi des profils en travers doit être strict.

Suivi de la granulométrie :

Réaliser les mesures successives non pas à un endroit fixe, mais sur un même type de forme (seuils et tête de banc).

Procéder à des mesures sur plusieurs stations voisines similaires, de manière à mieux distinguer les spécificités locales du contexte générale de la zone d'étude.

Suivi hydrométrique :

Mesurer au terme de chaque année quelle a été son efficacité.

L'étude de la gestion et quantification du transport solide est une opération très minutieuse. La lithologie du substratum du cours d'eau et le climat font de ce dernier un milieu très fragile et en changement continu. La granulométrie étant variable dans le temps et dans l'espace influe d'une manière directe sur nos calculs (diamètre d est un paramètre important dans nos relations).

D'autre part au niveau du cours d'eau, l'étude du transport solide et sa quantification, ont montré que le bassin est en perpétuelle dégradation.

Soit une valeur moyenne de taux d'érosion de : $E_s = 1736.24$ t/km² pour 10 ans d'étude.

D'où la nécessité de corriger la pente du lit du cours d'eau et de stabiliser les berges par protection mécanique à court et moyen terme, et biologique à long terme.



CHAPITRE IV

**PERSPECTIVES D'AMENAGEMENT
DU BASSIN VERSANT ET
DU COURS D'EAU DE
LA CHIFFA**

PERSPECTIVES D'AMENAGEMENT DU BASSIN VERSANT ET DU COURS D'EAU DE LA CHIFFA

IV-1. INTRODUCTION : [de la HOUILLE BLANCHE 2/3 1975 et 4/5 1997]

Quiconque n'a jamais été surpris par une pluie torrentielle en Afrique du Nord a été témoin de quelques uns des immenses désastres causés fréquemment chaque année par l'érosion pluviale. Les plaines inondées, le cours d'eau et les oueds remplis d'eau boueuse. Une partie de cette eau s'accumule dans les réservoirs ou est charriée vers le lacs. La plus grande partie des eaux de pluies s'étant ruisselé.

Il résulte de l'existence d'une roche mère sédimentaire facilement érodable, du caractère escarpé de pente, de l'intensité des précipitations et de la destruction du couvert végétal.

Il se caractérise avant tout par le fait que c'est dans les zones humides où la pluviométrie dépasse 400 mm que la proportion des pentes abruptes est la plus élevée.

Les énormes pertes de terres agricoles, et l'envasement rapide des réservoirs ont fait prendre conscience de la nécessité d'appliquer des mesures de conservation des sols et des eaux.

Il est donc nécessaire d'évaluer le risque d'érosion, non seulement pour mieux en mesurer l'ampleur mais aussi pour mettre au point des programmes de conservations appropriées.

L'érosion comme résultante de l'action conjuguée de plusieurs facteurs, parmi lesquels l'occupation du sol est abordée sous ses manifestations les plus apparentes, la cartographie de l'érosion sert à évaluer l'état de dégradation du territoire et permet aussi de localiser les actions les plus urgentes.

On identifie à partir de la photo interprétation, différentes classes d'érosion regroupées en fonction de leur gravité, pour faciliter la délimitation des zones d'érosion et a fin d'établir leur rapport avec les autres facteurs physiques, les manifestations de l'érosion sont regroupés en fonction de la nature et de leur localisation. cette méthode permet de visualiser le phénomène de l'érosion et d'apprécier l'impact par rapport au zonage établi :

- Zone stable
- Zone d'érosion moyenne
- Zone d'érosion forte

La carte établie sert à caractériser l'occupation du sol et rend compte des effets produits par l'occupation du sol pratiquée sur le terrain.

IV-2. METHODES DE PROTECTION DU BASSIN VERSANT CONTRE L'EROSION HYDRIQUE: [voir BENSCHERIT.M BOSAZZE V.L; CORMK R.M; GRECO.J]

Elles se composent de toute couverture forestière existante et les reboisements proposés.

1. **Affectation jouant le double rôle de mise en valeur et de protection** : qui regroupent toutes les propositions se rapportant à la mise en place d'une polyculture de montagne performante , une arboriculture rustique.

2. **Reboisement de protection** : Ces reboisements proposés se localiseront en majorité dans la zone d'instabilité chronique (2-3).

Leur mise en place se fera graduellement en fonction des moyens financiers et humains que l'état peut mettre en œuvre à travers divers programme d'aménagement .

Pour assurer la réussite d'une telle œuvre , une campagne de sensibilisation des populations locales est plus que nécessaire .

Les efforts consentis pour rétablir un couvert végétal ont consisté principalement à planter des arbres forestiers. Faute de disposer d'informations précises sur les essences et les pratiques de reboisement appropriées.

3. **Repeuplement (RP)** : Cette opération consiste à reconstituer la couverture végétale à travers les maquis actuels. On procédera à une densification des maquis dégradés afin de reconstituer à long terme la forêt initiale .

4. **Polyculture de montagne (pm)** : C'est un système d'initialisation du sol qui consiste à pratiquer différentes cultures agricoles dans un espace montagneux donné .

Les terrains les plus aptes à une telle affectation sont ceux qui se situent dans le prolongement immédiat des actuelles zones d'habitat et de polyculture.

Ces zones serviront de relais aux zones affectées aux reboisements forestiers . une telle utilisation du sol , si elle est bien menée , permettre une véritables stabilisation des terres .

5. **Arboriculture rustique (ARB)** : Elle concerne tous les terrains du bassin versant impropres au reboisement par des essences forestières .

Cette zone s'étend sur des terrains sensibles à l'érosion qui sont actuellement occupés par l'arboriculture éparse et des parcours , ce qui accélère de plus en plus la dégradation des sols encore existants .
Son rôle sera beaucoup plus orienté vers la protection des sols pour leur reconstitution .

Après avoir abordé les caractères généraux et les spécificité morphologiques et morpho-dynamique du bassin versant de l'oued chiffa , ainsi que les contraintes propres à chaque zone ; nous sommes en mesure de proposer des techniques d'aménagement susceptibles de rétablir l'état d'équilibre relatif à l'aire d'étude .

Ces propositions d'aménagement et de mise en valeur ne se limitent pas à la simple construction d'ouvrages anti-érosifs, mais elles consistent en une approche intégrée de l'aménagement du bassin versant .

Cette approche est orientée vers deux objectifs principaux :

- La préservation des ressources naturelles existantes et leur amélioration
- L'affectation d'une nouvelle occupation sur les terrains présentant des degrés importants de dégradation

Afin d'atteindre ces objectifs , il est impératif de trouver une solution aux contraintes , à l'aménagement et à la mise en valeur du bassin versant .

Ces contraintes découlent :

D'une part :

- Des terrains dégradés
- Des terrains agricoles sur pente supérieurs à 12.5% à la lithologie érodable.
- D'application des systèmes de cultures inadaptés aux conditions du milieu.

D'autre part :

- A la sous utilisation des potentialités agronomiques de certains terrains occupés actuellement par des cultures annuelles , alors que leur exploitation plus rationnelle ouvrirait de meilleures perspectives de développement agricole.

Les mesures et techniques proposées sont soit a effet indirectes, cela veut dire que les résultats escomptés n'apparaissent qu'a moyen et long terme , soit à effets directes , lorsque les résultats sont observables assez rapidement après la mise en application de ces mesures et techniques.

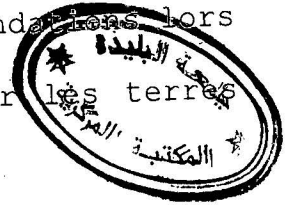
Cependant dans toute action d'aménagement ou de mise en valeur en est tenu de combiner les techniques à effets directes et indirectes.

Voir figure N°IV-1. Carte de perspectives d'aménagement

IV-2-1. PROPOSITIONS D' ACTIONS : [Rapport du colloque 1960 et 1996]

L'objectif principal est de parer aux inondations lors des crues.

Pour lutter contre l'érosion hydrique sur les terres arables, les méthodes sont :



IV -2-1-1. Méthodes de labour :

- Labour selon les courbes de niveau :
le travail en courbes de niveau s'adapte sur les versants à pentes moyennes à fortes tel que l'on rencontre assez souvent dans le bassin versant de l'oued CHIFFA.
Cette technique est à la base de nombreuses mesures de conservations des sols , le labour suivant les courbes de niveau réduit l'érosion du fait de l'infiltration accrue dans les raies de labour et de l'obstacle que celles ci opposent au ruissellement , cette technique perd son efficacité sur les sols peu perméables .

Cette méthode implique le labour en creusant un sillon profond tous les 30 à 40 m ;

- Assolement : pour améliorer la fertilité des sols et augmenter leur résistance à l'érosion ;
- Le paillage : utilisé pour réduire l'érosion en nappe ;
- Cultures en bandes : appliquée dans les régions où le labour selon les courbes de niveau ne suffirait pas. Les bandes ont 20 à 30m de largeur.

❖ CULTURES EN BANDES ALTERNÉES :

Cette technique additionnelle à la précédente s'applique aux terrains cultivés sur pente moyenne où l'on ne peut recourir à des techniques telles que les banquettes ou terrasses.

Des bandes de cultures prennent les courbes de niveaux auront pour effet de fonctionner la pente .

➤ BANDES TAMPONS PERMANENTES ÉTROITES :

Les espèces à planter dans ces bandes sont pérennes .elles forment une végétation denses qui ne nécessitent pas le travail du sol.

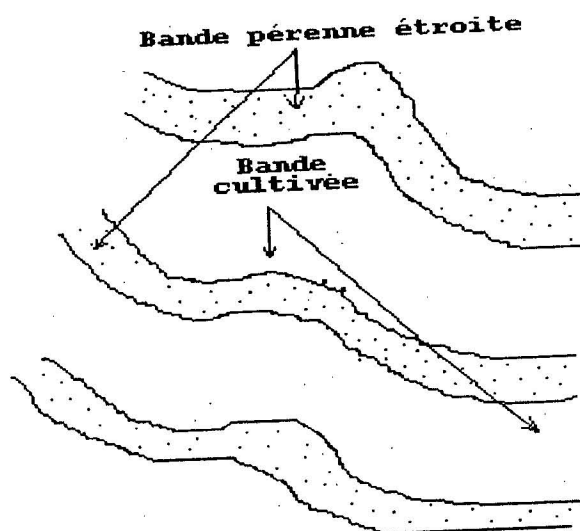


Figure N° IV-2. Bandes pérennes étroites

➤ BANDES PERENNES LARGES :

D'une taille comparable à celle des bandes laissées pour les cultures annuelles, ce qui permet dans certains cas une rotation entre elles. C'est selon l'érodabilité du sol et des conditions particulières du champ que le pourcentage de la surface à laissée en végétation pérenne est déterminé.

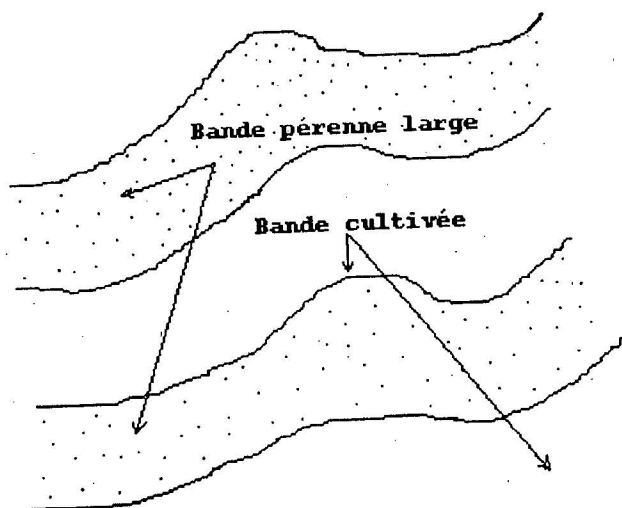


Figure N° IV-3. Bandes pérennes larges

IV-2-1-2. OUVRAGES : [voir GIL.N, LARRAS.J, SACCARADY .L; HOUILLE BLANCHE 1997]

Ces ouvrages sont situés dans les zones d'instabilité intermédiaire sur la carte de sensibilité à l'érosion. Ils existent plusieurs types d'ouvrages, notamment terrasses, murets, et banquettes.

- ❖ terrasses : conçues pour une culture intensive, elles sont construites le long des courbes de niveau d'une colline par conséquent la pente du terrain est modifiée ;

TERRASSES A TALUS DE TERRE :

C'est la technique de conservation des sols la plus efficace sur les terrains en pente comprise entre 6 et 12.5% , représentés par la zone de stabilité intermédiaire dans la carte de zonage.

Ce travail est important , qu'il s'agisse de forte pente cultivés et soumises à l'érosion ou des terres actuellement peu exploitées.

Il faut tenir compte des facteurs suivants pour le choix de la surface :

- Du substratum : lorsque celui ci est argileux ou marneux , cette technique est déconseillée
- De la texture du sol avec une profondeur suffisante : on évite les sols sableux et texture grossière , sujet à l'éboulement . la profondeur du sol minima ne doit pas être inférieure à 40 -50cm pour les cultures annuelles la partie remblaie au sol plus profond sera réservée au arbres dont le système racinaire exige des sols profonds. les arbres plantés à proximité du talus renforceront la terrasse.
- Des caractéristiques topographiques : les zones de topographie très accidentée doivent être exclues. Les cultures annuelles pourront être établies sur pente inférieures à 25%.
les arbres fruitiers pourront être plantés sur des pentes supérieures à 25%

TERRASSES A MURETTES DE PIERRES :

La construction des terrasses à murettes de pierres se justifie la où l'on trouve de la pierre en abondance sur place.

La construction des murettes de soutènement proposée se fera suivant ces courbes de niveau et à intervalle régulier Les terrasses pourront être utilisées par des cultures annuelles ou par l'arboriculture.

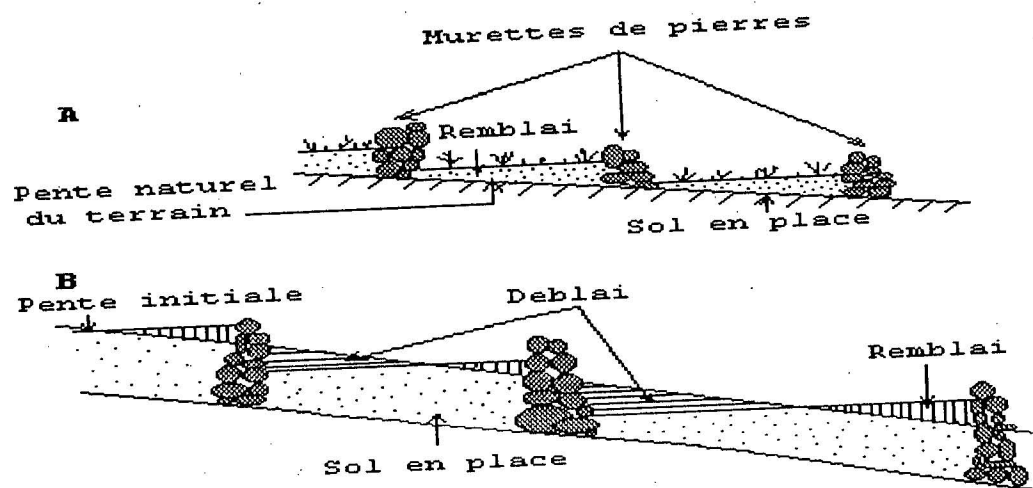


Figure N° IV-4. Terrasses à murette de pierres

TERRASSES DE REMBLAIE :

Cette technique consiste à bâtir un mur de soutènement en blocs avec un remblai à l'avale avec de la terre rapportée d'ailleurs.

TERRASSES CONSTRUITES PAR FOUILLE ET REMBLAI :

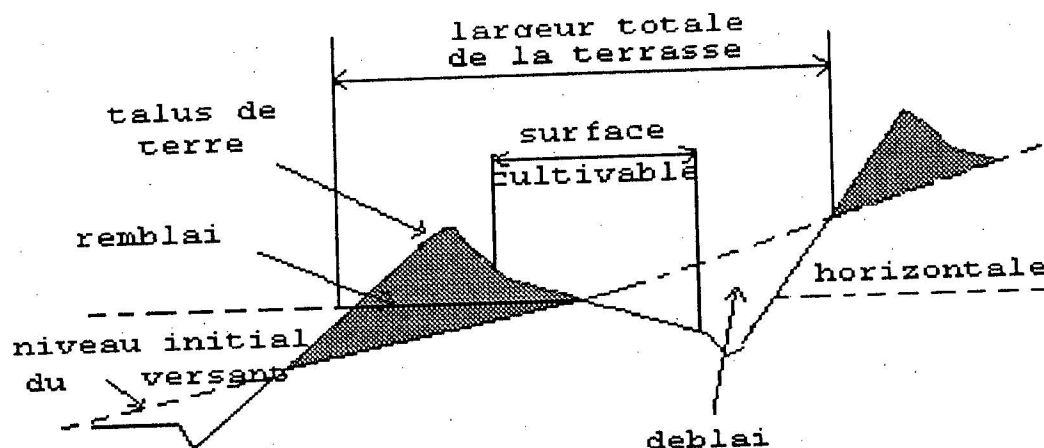


Figure N° IV-5. Terrasses de remblaie

Ces terrasses sont construites en transportant de la terre de la partie haute vers la partie basse (remblai). Elle présente de nombreux avantages, mais souffre cependant des inconvénients suivants :

- Les terrasses construites sont trop étroites.
- Dans la partie haute (amont) de ces terrasses, l'épaisseur du sol est faible et ne répond pas

exigences et besoins de certains plantes , par contre sa partie basse (aval) remblayée , les sols épais . ce type de terrasse s'adapte à une arboriculture permanente planté de la section basse en remblai .

❖ Les murets de terre sèche : installés le long de la pente est destinée à réduire la vitesse de ruissellement et à arrêter les sédiments qui l'accompagnent, mesure très efficace pour améliorer les terrains de parcours .

❖ banquette : est constituée par une bande de terre comportant un talus construit le long de la courbe de niveau, destinées à retenir et à emmagasiner les eaux de ruissellement avant qu'elles n'atteignent des vitesses érosives où à déterminer le ruissellement vers les voies d'eau naturelles.

Les techniques de conservation des sols ont été étudiées en Algérie par **SACCARDY 1950**.

L'espacement des ouvrages sur le versant doit être tel que le ruissellement n'entraîne pas d'érosion sur la bande de terre entre les ouvrages **SACCARDY (Algérie)** : pose que la dénivelée D est liée à la pente I au seuil de l'érosion par :

$$\begin{cases} D^3/I = 260 \pm 10 & \text{pour } I \leq 25\% \\ D^2/I = 64 & \text{pour } I > 25\% \end{cases} \quad \text{IV-1}$$

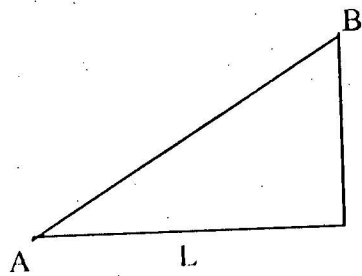
D : intervalle vertical en m

I : pente en %

Ces relations permettent d'établir le tableau suivant :

TABLEAU N°IV-1. INTERVALLE ENTRE LES OUVRAGES EN FONCTION DE LA PENTE DU TERRAIN

Pente du terrain en %	Intervalles entre ouvrages	
	Dénivelée (m)	Horizontal (m)
3	2	67
6	2.5	42
10	3	30
15	3.4	23
25	4	16
30	4.37	14.5
35	4.72	13.4



D : dénivelée entre ouvrages A et B
 l : Distance horizontale entre A -et B
 L' : Distance entre A et B suivant la pente, ou la Largeur de la bande entre ouvrages.

Figure IV-6. Largeur de la bande entre deux ouvrages

Les différentes parties de l'ouvrage sont : le fond et le talus amont et aval du fossé, le plat sur le dessus et les talus amont et aval du bourrelet.

Le fond peut recevoir une pente, donc peut évacuer les eaux recueillies : ouvrage de diversion.

Si le fond n'a pas de pente : ouvrage d'absorption.

• Banquette.

Profil normal :

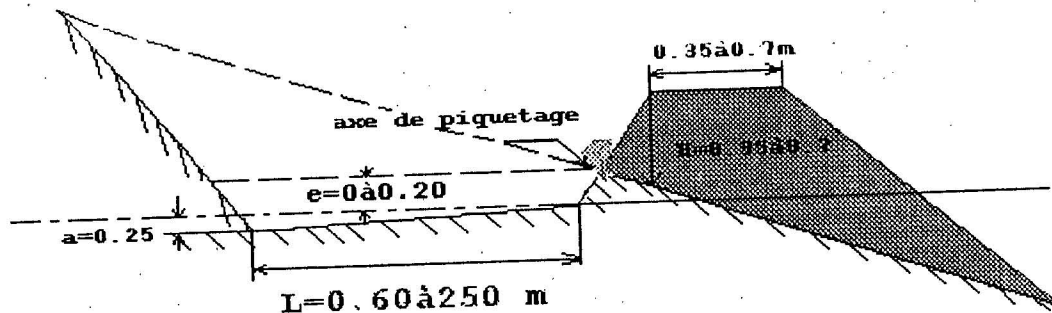


Figure IV-7. Type de banquette a profil normal

Inconvénient : portance et la minutie des travaux de terrassement.

- L'emprise de terre qu'il accapare en retrayant en grande partie à la culture 10 à 25% de la surface.
- Entretien.

• Gradin :

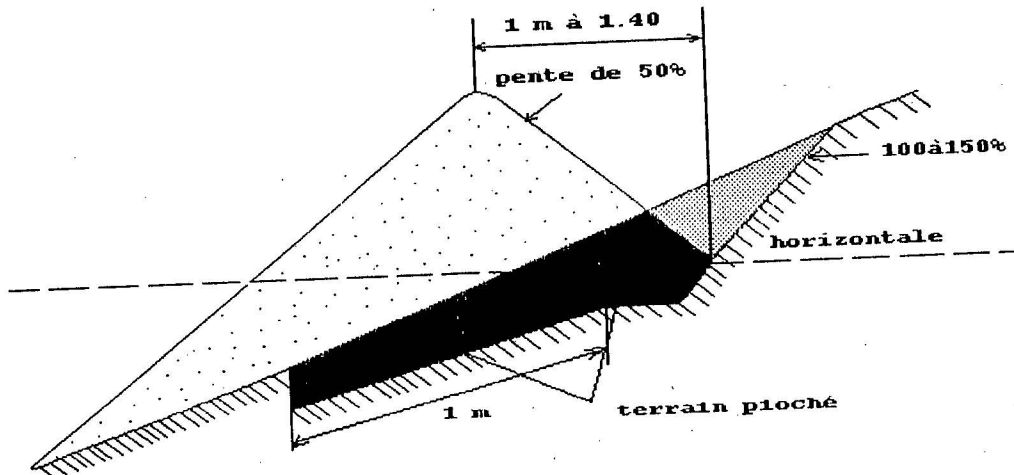


Figure IV-8. Type de gradin continue
(pour reboisement)

Utilisé sur les grandes pentes supérieures 50%, tient compte de la résistance du sol.

Profil amorti :

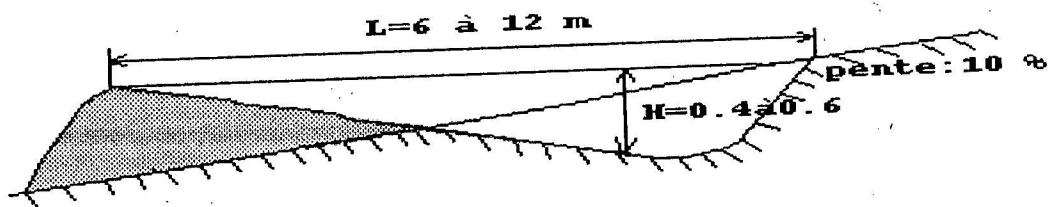


Figure IV-9. Type de banquette amortie

Un danger d'érosion diminuée du fait de la pente moins forte.

Talus coupé : diminue le ruissellement sur le talus

On donne une pente moins forte qui de 100% est ramenée à 25 à 40%.

- Banquette à simple, double, triple courbure : utilisées pour des pentes inférieures 6% à 18%, pour mettre en culture la plus grande partie de l'ouvrage.

- Fosses à bourrelet amont :

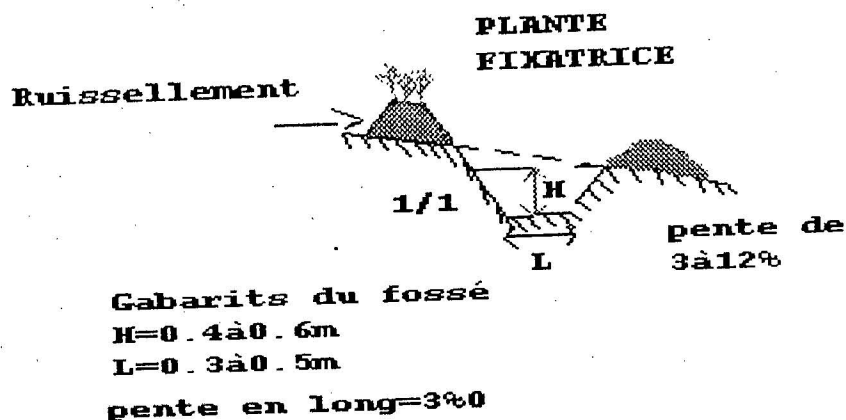


Figure IV-10. Type de fosse de diversion avec gros bourrelet en amont

- Fosses de protection :

Ce type d'ouvrage est installé à l'amont d'un terrain aménagé pour le protéger contre les eaux provenant d'une partie supérieure qui n'est pas aménagée qui peut constituer une menace pour l'aval.

IV-3.METHODES DE PROTECTION DU COURS D'EAU : LA CORRECTION TORRENTIELLE : [voir HATTINGER.H]

IV-3-1.CLASSIFICATION DES BASSINS TORRENTIELS PAR »PANOS MARGAROPOULOS «

IV-3-1-1.DEFINITION D'UN TORRENT :

- Un torrent est un petit cours d'eau de montagne, temporaire ou permanent, à forte pente, à crues violentes et subits, à débit liquide et solide très variable.
- Un torrent est un petit cours d'eau de montagne, qui apparaît brusquement et augmente rapidement de volume à la suite de forts orages et parcourt rapidement un lit naturel à forte pente. Par effet d'érosion accélérée et de forces destructrices du sol, il arrache au bassin versant de grandes masses de sédiments. Par ses affouillements et ses alluvionnements, il déplace son lit en aval, et finalement dépose les sédiments transportés soit sur le cône de débris qui s'est constitué, soit dans les lieux qui reçoivent ses eaux.

IV-3-2. LUTTE CONTRE L'ÉROSION EN MONTAGNE : CORRECTION TORRENTIELLE PAR «J MESSINES»:

La combinaison des deux méthodes n'est pas exclue, le traitement des versants par les banquettes de DRS algériennes, s'accompagnent souvent des travaux de fixation et de consolidation des ravins collecteurs des eaux de ruissellement, inspire des travaux de la correction torrentielle.

IV-3-2-1. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CORRECTION TORRENTIELLE :

Le projet comprendra :

- La construction d'ouvrages d'arts s'opposant aux affouillements travaux de défense directe et immédiate, ayant pour but les contrôles de l'eau, dans toutes ses manifestations extérieures.
- L'exécution des travaux biologiques ayant pour objet le maintien, l'amélioration ou la création d'une couverture végétale appropriée. Celle ci est seule susceptible de prendre le relais de la protection artificielle, par ouvrage d'art et d'assurer le succès définitif de la correction.

SURELL a reconnu que le profil en long d'un torrent est une courbe à peu près continue, dont la pente diminue constamment vers le bas. En haute courbe tend vers la verticale, le profil d'ensemble est concave. L'érosion du chenal progressive du bas vers le haut. C'est la fameuse loi de l'érosion remontante.

Au débouché dans la vallée, le torrent n'est plus contenu dans son chenal. A partir de ce point que **SURELL** ; appelle le point fixe.

Les eaux boueuses s'évalent en perdant leur force vive et les dépôts prennent une forme convexe vers le ciel.

L'érosion remontante se produit à partir du niveau de la roche en place à l'extrémité aval du chenal d'écoulement coïncidant généralement avec le point fixe de **SURELL**.

L'inégale dureté des roches donne naissance à des successions de biefs sur creusés entre deux seuils rocheux résistants, souvent encombrés de matériaux, de transports, de telle sorte que le phénomène de l'érosion remontante se produit non pas d'une façon continue de bas en haut et tout au long du torrent, mais d'une façon discontinue et indépendante, dans chaque bief affouillable.

Dans chacune de ces sections de lit, l'érosion régressive tend à une diminution générale de la pente.

Si le débit d'un torrent reste constant, le torrent finit par atteindre une pente limite ou pente de compensation correspondant à un état d'équilibre tel que le matériau

solide sera encore entraîné, sans qu'il y ait ni affouillement, ni exhaussement du lit.

C'est donc la pente suivant laquelle se maintiendra la permanence ou l'invariabilité du torrent. Cet état de permanence provient de ce que le volume des matériaux descendant vers l'aval d'un profil est égal au volume de ceux arrivant de l'amont.

Il importe de préciser qu'une pente de compensation n'est valable que pour des matériaux d'une dimension caractéristique donnée.

C'est à dire varie notamment avec la granulométrie des matériaux transports qui pour des nombreux torrents n'est nullement constante, elle varie également dans le temps, avec les variations du débit.

IV-3-2-2. L'EROSION TORRENTIELLE : [VOIR GRECO .J et LARRAS .J]

C'est un phénomène complexe :

- Erosion par l'eau, creusant par affouillement longitudinal le fond de Talweg (érosion linéaire).
- Erosion par l'eau et occasionnellement les laves (boues), sapant par affouillement latéral pied des (barrages) berges instables et des versants en pente et des glissements locaux.
- Entre les ravins, sur les versants en pente du bassin de réception phénomène de la solifluxion, de décapage, superficiel, par l'effet des pluies.
- Accumulation des produits de ces érosions diverses au fond du Talweg, formation de laves, dépôts partiel ou embâcles suivis des débâcles.

IV-3-2-3. LUTTE CONTRE L'EROSION CONCENTREE : LES RAVINES :

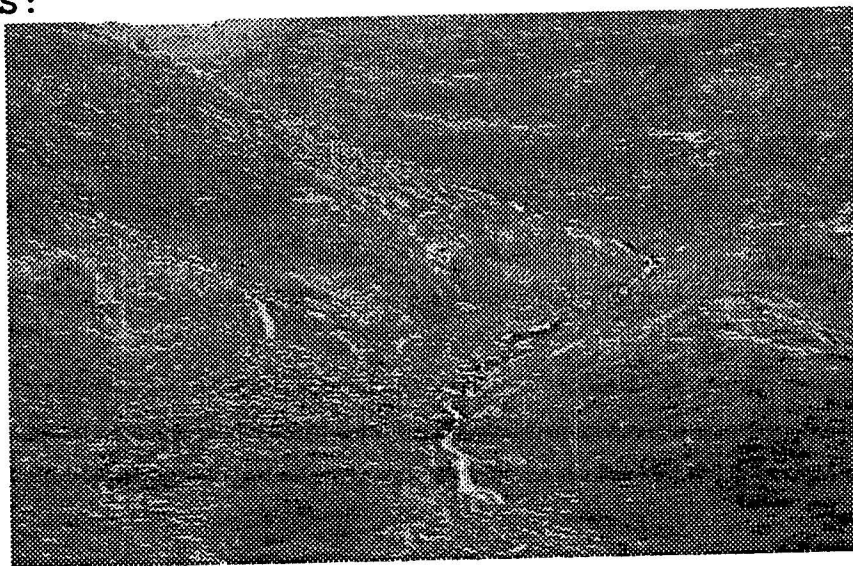


PHOTO N°IV-1 Vue du torrent de la Chiffa

❖ LUTTE AU NIVEAU DU LIT DU COURS D'EAU DE LA CHIFFA :



1. GENERALITES :

Les ravines se forment lorsque le débit de la pluie est suffisant pour que l'eau en se concentrant sur le versant puisse attaquer le sol par arrachement et transport.

Cette forme d'érosion se développe à partir d'un point sur le versant qu'on appelle le **niveau de base** et elle remonte vers le haut du bassin versant tant que la concentration d'eau sur la surface est suffisante, cette surface étant appelée **Impluvium** ou **bassin de réception** quand elle est assez importante. L'écoulement des eaux concentrées dans la ravine attaque le lit en le creusant et les berges en les faisant reculer latéralement.

La ravine peut être caractérisée par son profil transversal plus ou moins profond avec une forme en U ou en V caractérisant les textures sableuses et celles en V les textures argileuses.

La longueur : De la ravine, qui en est aussi une caractéristique, dépend essentiellement de la longueur du versant et de l'extension du bassin de réception.

Lorsque les eaux quittent le versant, la force érosive diminue, elles déposent leur charge et forment un cône de déjection sur lequel les eaux divaguent et qui s'édifie par renouvellement en remontant dans le lit de la ravine, sur chaque partie du lit de la ravine se produisait un état d'équilibre entre affouillement et dépôt au moment des crues, quand le courant perdait de sa vitesse par suite de sa concentration en élément solide et qu'il en résultait l'établissement de la pente limite pente de compensation qui correspond à un état de torrentialité à un moment donné.

Nous avons vu aussi si l'évolution du lit se poursuit par affouillement régressif, il peut arriver un stade où il y a équilibre sur l'ensemble du profil en long entre les matériaux charriés et déposés parce que le volume d'eau arrivant dans la ravine diminue et que la pente atteinte par le lit permet cet équilibre, la ravine a atteint alors son profil d'équilibre

Il convient d'étudier les différents éléments qui conditionnent cette érosion, les principaux éléments à prendre en compte sont :

Surface et état d'Impluvium, en particulier au point de vue couverture végétale et chevelue hydrographique ;

Longueur et pente ;

Profondeur ;

Longueur au fond et au niveau du sommet des berges.

2. TECHNIQUES DE CORRECTION :

CORRECTION PAR BARRAGES :

PRINCIPE : on installe en travers du lit du tronçon à aménager de l'oued Chiffa, des barrages dont le but sera de briser la force du courant et de l'obliger à déposer les matériaux transportés suivant la pente de compensation derrière chaque ouvrage, qui sera inférieure à la pente originale.

En créant un barrage, on relève le point de base et qu'on provoque l'atterrissement qui s'allonge jusqu'au pied du barrage situé en amont, si la hauteur du premier barrage et l'emplacement du suivant ont été choisis correctement, l'atterrissement crée comportera des matériaux de toutes grosseurs mais les matériaux les plus gros resteront sur place au moment des hautes eaux et contribuant à stabiliser le lit, pour la torrentialité existante, tout en diminuant la pente d'origine.

Le problème est donc de connaître la pente de l'atterrissement derrière le premier barrage.

Un autre barrage sera construit à la limite prévue de l'atterrissement derrière le premier barrage et ainsi de suite en remontant vers l'amont de la ravine.

Le nombre de barrage dépendra de la hauteur choisie pour les barrages, de la pente de compensation, de la granulométrie des matériaux, de la longueur de la ravine.

On arrive ainsi à créer une succession de gradins dont la pente est établie suivant un profil général d'équilibre, correspondant à la torrentialité de la ravine au moment où on

Crée ces barrages. Les eaux vont tendre à creuser le fond du lit nouveau établi suivant une première pente d'équilibre. Pour éviter que les barrages aient leur pied affouillé, il faudra établir sur la première pente d'équilibre une série de seuils qui vont créer une **deuxième pente de compensation** plus faible que la première, et dont la succession sur tout le profil en long, établir un **deuxième profil d'équilibre** plus stable que le premier, parce qu'adapté au nouvel état de torrentialité on suivra ainsi pas à pas les indications jusqu'à ce qu'il soit possible d'installer une couverture végétale supprimant la concentration et l'écoulement érosif des eaux.

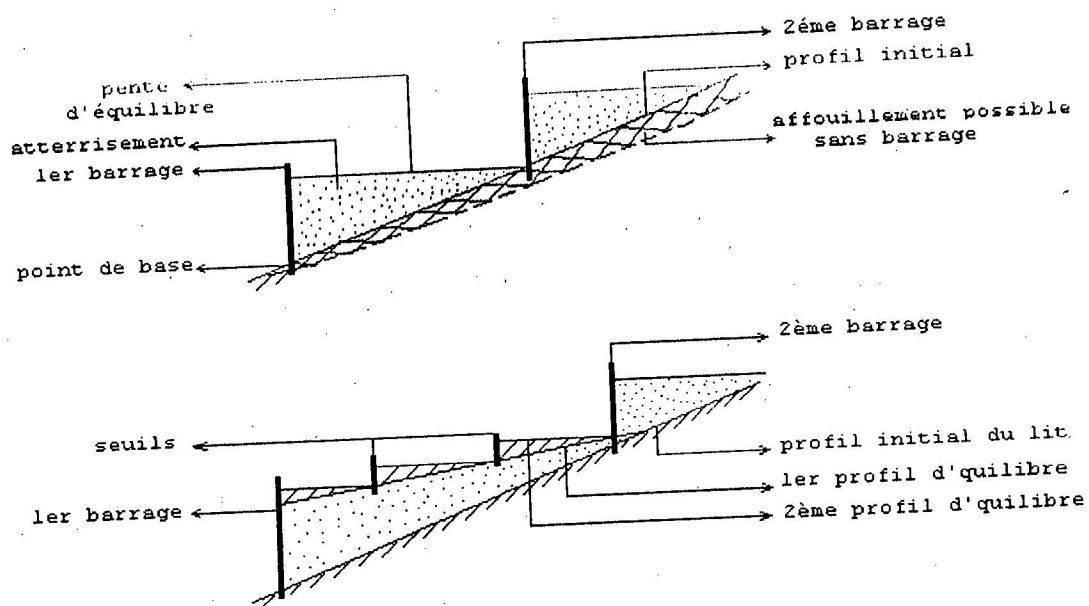


Figure N° IV-11. Correction par barrages

Pour que les ouvrages aient l'efficacité il faut qu'ils respectent :

PRINCIPES DE CONSTRUCTION :

1) Ils doivent contribuer à maintenir le courant d'eau dans l'axe de la ravine la partie centrale du barrage soit plus basse que les parties latérales de façon à créer un déversoir par où passera le plus grand volume des crues ce qui évitera l'affouillement de l'ouvrage, il faut que les dimensions de ce déversoir soit adaptées aux conditions hydrologiques.

2) Les ailes du barrage doivent être relevées, ce qui découle du précédent et que les ailes soient solidement encastrées dans les berges.

3) Principe fondamental ; et que la chute qui se produit au pied aval du barrage qui serait rendu ainsi fragile
Il faut donc aménager la surface du lit au pied du barrage par ce qu'elle résiste à l'affouillement.

3. EXEMPLES DE BARRAGES :

• Les ouvrages filtrants ou perméables :

ils offrent peu de résistance aux pressions hydrostatiques et qu'il retiennent les éléments solides des crues
On distingue deux types :

- Barrage en piquet : barrage utilisé dans les petites ravines jusqu'à 0.50m de profondeur, 1 à 2 rangs de piquets
- Barrage à rang de piquet :

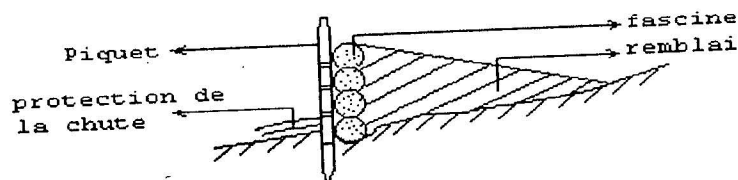


Figure N° IV-12. Ouvrage perméable : barrage a un rang de piquet

- Barrages en 2 rangs de piquet .
- Les barrages en grillage :

- Barrage en forme de V
- Barrage en panier suspendu
- Barrage en panier fixe
- Barrage en grillage et clayonnage

- Seuils en gabions :

Les gabions sont sans doute l'un des meilleurs mode d'utilisation des pierres tant pour la construction des seuils que le long des berges pour empêcher l'affouillement.

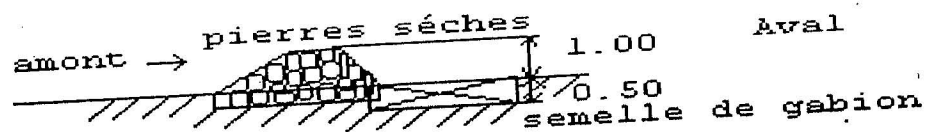
On établira chaque fois que possible des ouvrages vivants (protection biologique) pour renforcer l'action des ouvrages en matériaux inertes (protection mécanique).

Le principe fondamental de la correction des ravins et que l'on doit partir du sommet, au dessus de la tête du ravin et progresser de chaque coté le long des berges .

La première étape dans la correction des ravins est d'améliorer le couvert forestier et herbacé, afin de réduire le ruissellement et prolonger le temps de concentration .

Ce n'est qu'après que l'on devra entreprendre les autres améliorations qui viseront toutes à ralentir la vitesse des eaux des torrents et protéger les terres a l'aval

Les ouvrages en gabions sont des cages en mailles de fil de fer galvanisé que l'on remplit de pierres sèches, voir figure suivante :
 Ces cages ont des dimensions de l'ordre de 1 à 4 m³ ont solidarise les unes aux autres par du fil en fer.
 L'ensemble garde une certaine souplesse qui lui permet de jouer et de coller au fond du lit.



TYPE EN ZONE AMONT



TYPE EN ZONE BASSE

Figure N° IV-13. Gabion pour petits ouvrages de seuils

Ces ouvrages ont généralement les dimensions suivantes : référence de la recherche bibliographique ; la cage utilisée pour la construction du corps de seuil (1m.1m.2m)

La cage utilisée pour la réalisation des fondations appelé cage semelle (1m.0,5m.2m)

L'encastrement dans les berges sera de 0.5 à 0.8m de chaque coté ainsi que le fond du seuil .

Dans les cages qui forment le corps de l'ouvrage , on installera un tirant horizontal n fil de fer afin d'éviter la formation de ventre .

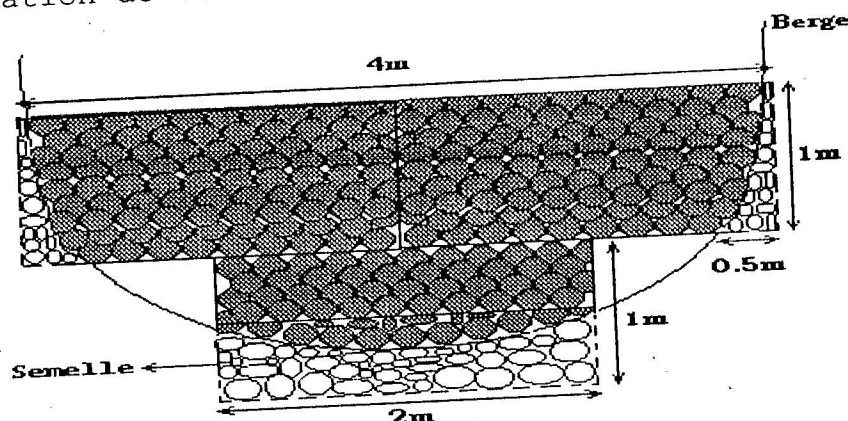


Figure N° IV-14. Dimensions du seuil en gabion

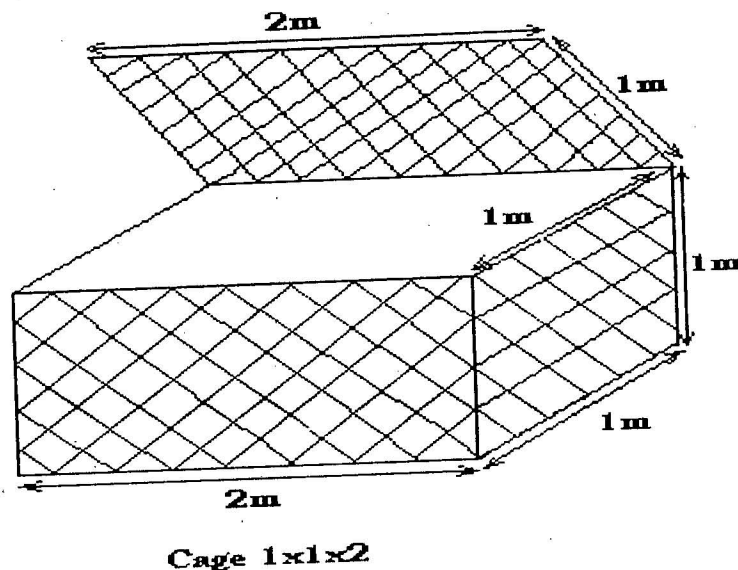


Figure N° IV-15. Dimensions de la cage

ces ouvrages auront pour objectif principal de provoquer de atterrissements qui diminuerons la pente initiale du talweg d'ou diminution de la vitesse des écoulements des eaux et par conséquent diminution des transports des matériaux fins.

Le nombre de seuils à installer ainsi que l'espacement sont estimés sur la base des formules suivantes :

$$Nb = L_{TR} (I - I_{comp}) / H$$

Avec:

Nb : nombre d'ouvrages

L_{TR} : longueur à traiter en mètre .

I : pente actuelle du terrain en m/m

I_{comp} : pente de compensation en m/m

H : Hauteur de l'ouvrage en m

Pour l'espacement entre chaque ouvrage nous avons :

$$E = L_{TR} / Nb$$

Avec :

E: espacement en m

La largeur du seuil sera naturellement exécutée en fonction de la largeur du talweg considéré. Ainsi pour des raisons de calcul , nous avons adopté une largeur moyenne de 3m d'après les enquêtes sur le terrain pour le tronçon à corriger. (BNEDER)

La hauteur des seuils sera de 1m et cela vu l'objectif assigné a ces ouvrages à savoir : la rétention des

matériaux fins afin qu'il ait végétalisation de ces derniers à moyen et long terme .

Le choix de la pente de compensation d'après V.BOLOIV (BUCAREST).

$I_{comp} = 0.9I$ pour les talwegs de réception.

$I_{comp} = 0.8I$ Pour les talwegs principaux

Les besoins en matériaux pour la réalisation d'un seuil de 3m de largeur et 1m de hauteur sont :

2 cages de 1mx1mx2m

2 cages de 1mx0.5mx2m

6m³ de pierres sèches..

❖ LUTTE AU NIVEAU DES BERGES DU COURS D'EAU

[Voir revue l'eau l'homme et la nature 1996 ; Houille Blanche 1983 ; 2/3 1975 , 1997 ; Jamme .G]

1-DEFINITION :

La berge est la surface inclinée du terrain qui se trouve en contact avec la masse d'eau dormante ou courante. Les berges sont attaquées par des courants perturbateurs qui ont des origines vraies, il peut s'agir des courants de crue.

Les berges sont attaquées par l'eau qui les pénètre et cette attaque revêt diverses formes.



PHOTO N° IV-2 Berges de l'oued Chiffa

2-NECESSITE D'UNE PROTECTION DES BERGES :

La protection des berges concaves et souvent nécessaire dans le cadre de la réalisation de l'aménagement à courant libre des cours d'eau, pour maintenir un tracé stable à leur endroit et pour éviter l'encombrement du lit par des matériaux prélevés sur les

berges qui perturberaient le lit à l'aval de la zone attaquée.

On protégeait les berges contre l'érosion en cherchant à faire déposer les éléments solides derrière des barrages afin de diminuer la longueur de leur pente, de stabiliser leur pied et de pouvoir installer une végétation fixatrice. Ces attaques de berges créent des à pente forte, presque verticale, avec cavité au pied qui l'amorce d'un écoulement au début de la prochaine crue.

3-TECHNIQUES DE PROTECTION DES BERGES :

Le principe d'intervention s'appuie sur le système qui freine le courant, et permet ainsi le dépôt sur les berges elles-mêmes des éléments solides, dépôts sur lesquelles la végétation pourra se développer.

Il faut chercher une technique qui permettra la reconstitution d'une végétation fixatrice et protectrice avec des moyens légers.

3-1.LES TRAVAUX DE PROTECTION DIRECTE :

Sont fait sur la berge même et son pied, on distingue deux zones à protéger :

La partie supérieure de la berge (située au-dessus de l'étiage)

La partie inférieure de la berge (située au-dessous de l'étiage) est sujette à un affouillement qui peut s'étendre assez loin dans le lit, on l'appelle le pied du Talus.

La variation de la force de l'eau agissant sur la protection et la variation de la durée des courants érosifs sont aussi des éléments importants à considérer.

Une protection réalisée en matériaux plus rugueux que les matériaux naturels accroît la turbulence du courant, ce qui a pour conséquence d'augmenter la puissance d'érosion.

Avant l'aménagement, on doit stériliser le sol au moyen de produits chimiques pour éviter que les plantes poussent à travers le revêtement que l'on se propose d'établir .

PROTECTION DE LA BERGE AU MOYEN D'OUVRAGE HOMOGÈNE :

- **Couverture végétale :**

La partie de la berge située au-dessus de l'étiage peut être protégée par une simple couverture végétale lorsque sa pente n'est pas trop forte.

Si la force tractive n'excède pas $2/3 \text{ kg/m}^2$ on peut effectuer la protection contre l'érosion en gazonnant par semis ou par mottes.

- **Enrochement naturels :** cas d'un courant violent

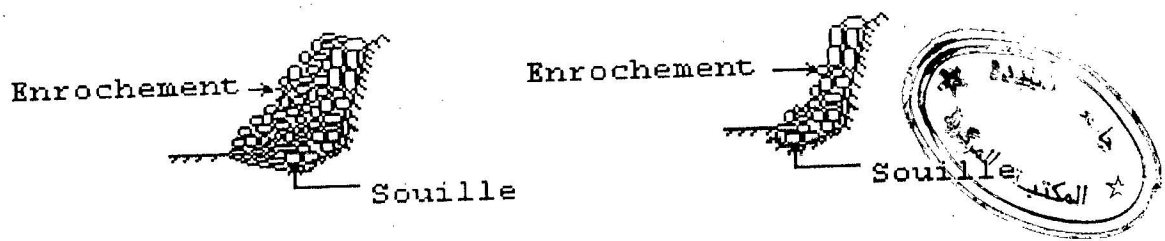


Figure N° IV-16. Enrochement naturels

Le mécanisme de l'action du courant sur un talus revêtu par des enrochements est le suivant (nous supposons que la granulométrie des matériaux a été choisie, en fonction de la vitesse, de telle sorte qu'ils ne risquent pas d'être entraînés).

L'eau continue à circuler dans les vides des enrochements, mais sa vitesse est ralentie et si, l'épaisseur est suffisante, l'érosion du sol de la berge n'est plus possible. Les matières en suspension dans l'eau se déposent au contraire, les matériaux grossiers restent à partie profonde au massif et les matériaux grossiers restent à l'entrée. La protection se colmate petit à petit.

Lorsque l'entraînement des matériaux de la berge par l'eau est à craindre, il faut y parer en réalisant un lit filtrant entre le revêtement et le talus qui le protège.

Le talus doit être réglé de manière à former avec l'horizontale un angle inférieur à l'angle naturel du matériau immergé. Pour de gros blocs : en descend au-dessous de 3 de base pour 2 de hauteur.

Pour de petits blocs : on prendra 2 à 2.5h

Dimension moyenne des enrochements.

Le CREC : a établi un abaque, qui permet d'évaluer avec une marge de sécurité de 1.2 sur le diamètre, les dimensions recommandables.

Dans le cas d'un écoulement régulier, bi dimensionnel, les vitesses nécessaires pour entraîner des matériaux identiques sont deux fois plus forts que lorsqu'un obstacle provoque la formation de tourbillons à axe verticale.

A vitesses égales, les affouillements de même importance se font deux fois plus rapidement dans le second cas que dans le premier.

Les formules donnent la dimension nécessaire pour résister à l'action tangentielle.

Dans le cas d'un lit instable, les berges peuvent être attaquées par des courants de front obliques variables. La grosseur des matériaux de protection doit alors être plus forte.

La dimension des galets transportés par la rivière donne une bonne idée de la dimension minimale des matériaux que l'on doit utiliser. Il faut d'ailleurs noter que les petits galets sur lesquels roulent les gros jouent un rôle de bille : le transport, lorsque la rivière charrie, est facilité si ses matériaux ont une granulométrie continue. Si au contraire, on dispose sur une fondation rugueuse les gros matériaux du lit utilisé pour protéger un remblai, exécuter une digue ou un épi, ces matériaux sont plus difficilement repris que s'il se trouvait dans le lit naturel.

Lorsque l'on peut utiliser des matériaux de carrière non roulés, la stabilité est encore meilleure.

Si la pente de la berge est faible, l'épaisseur minimale de talus correspond à un moellon lorsqu'on utilise de gros blocs 3 ou 4 moellons si l'on utilise de petits éléments.

Si la berge est accore, la protection doit agir par sa masse pour former butée. Elle a donc un double rôle ; résister à la pression des terres en arrière, résister à l'action érosive de l'eau en avant. Elle est nécessairement épaisse.

Un rescinde ment de talus de la berge peut être utile pour diminuer sa pente.

Les matériaux sont souvent divers dans le courant à partir de la berge. Il faut éviter qu'ils roulent au-delà de la zone à protéger ; pour cela on creuse au pied du talus naturel une souille suffisamment profonde (au moins 1 m) pour servir de fondation au massif et réaliser la protection au pied du talus.

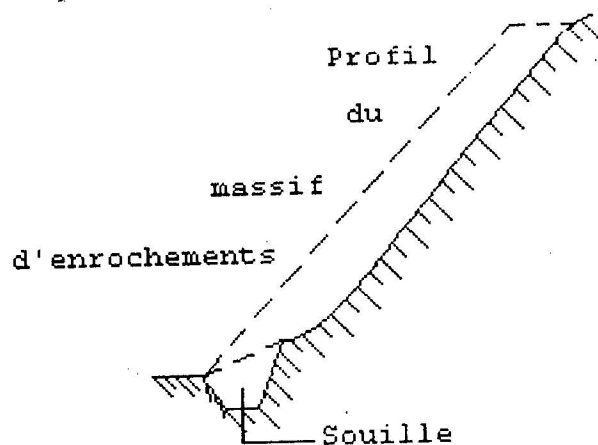


Figure N° IV-17. Protection des berges en enrochements avec souille d'appui

Un revêtement peut être consolidé et rendu étanche en projetant du mortier ou ciment gun. Les revêtements étanches sont soumis à des sous pressions lorsque le terrain est imbibé d'eau. Ils doivent dans ce cas être établis sur un lit filtrant ; Les drains qu'il faut disposer dans le revêtement doivent être une saillie et inclinés vers l'aval pour provoquer l'éjection de l'eau et éviter qu'il se crée une pression dynamique derrière le revêtement.

• **Murs de soutènement en gabions :**

En plus de leur utilisation comme barrage seuil, les gabions peuvent servir comme murs de soutènement destinés à renforcer les berges et talus de piste sujets à l'éboulement.

Ils sont aussi utilisés comme radier qui consiste à paver les parties pistes traversées par les eaux des torrents, Voir figure suivante :

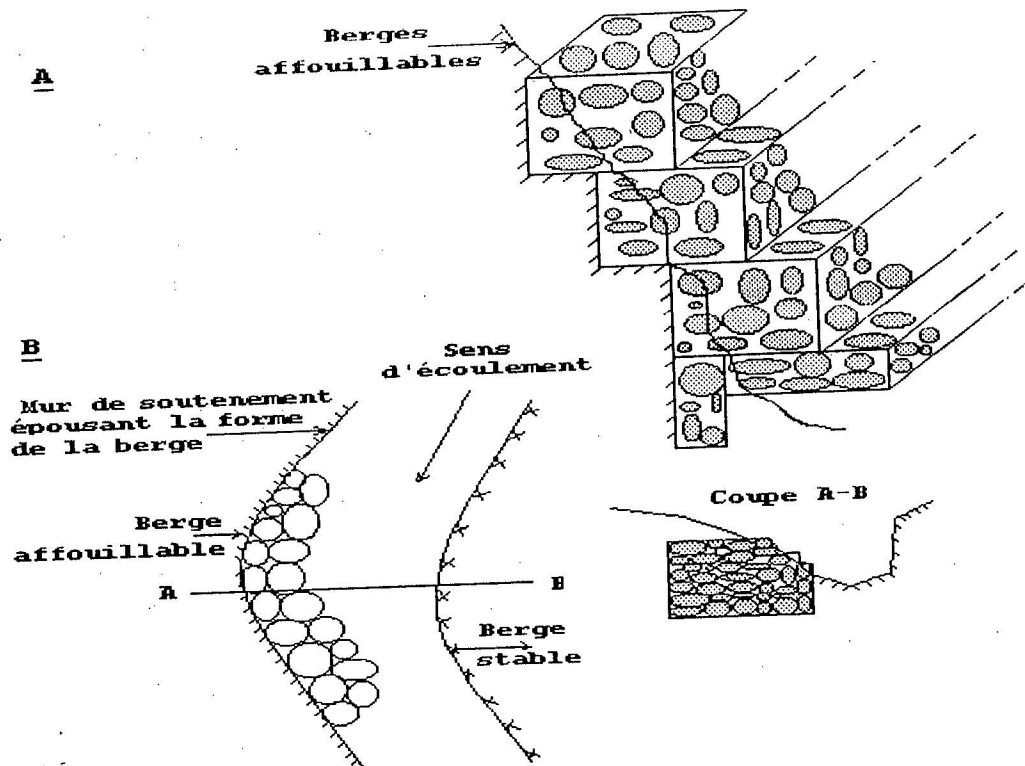


Figure N° IV-18. Schema d'un mur de soutènement et d'un mur de soutènement épousant la forme de la berge

Comme leur nom l'indique ces ouvrages auront pour rôle de protéger les berges contre les attaques violentes de l'eau, et les flancs en pente érodés par les rigoles afin d'arrêter le processus d'érosion. Ils seront construits en gabions déposés contre la partie érodée.

Ces ouvrages sont proposés à l'endroit suivant :

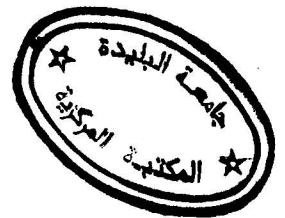
Le méandre se trouvant en amont du pont d'EL HAMDANIA afin d'éviter l'effondrement de la route.

La hauteur de ces murs sera de 3m de la distance total à traiter qui est de 850m.

Les matériaux nécessaires pour la réalisation de ces ouvrages sont :

Pour 2 mètre linéaires : 7m³ de pierres sèches
3 cages de 1mx1mx2m
1 cage de 1mx0.5mx2m.

soit pour 850m : 2975m³ de pierres sèches
1275 cages de 1mx1mx2m
425 cages de 1mx0.5mx2m



PROTECTION DES BERGES DU TRONCON D'OUED A CORRIGER (EL HAMDANIA) AU MOYEN D'OUVRAGES COMPRENANT UNE FONDATION :

Fondation :

La protection du pied de berge assure la fondation du perré qui la surmonte lorsqu'elle se fait à l'aide d'éléments de dimensions réduites qui empêchent l'eau de saper le pied du talus. On constitue ainsi pour un prix relativement modique, une réserve de matériaux capables de lutter contre l'érosion normale. Mais une grande crue peut toujours produire un affouillement inattendu et ruiner l'ouvrage. Ces éléments peuvent être constitués par des enrochements, des gabions des fascines lestées.

Si l'on craint un glissement des enrochements, on peut soutenir le bas du perré par un chevêtre en béton armé coulé sur la tête de pieux battus dans le sol.

Perré :

Est généralement construit en maçonnerie, la pente 3/2 est souvent adoptée, un perré en moellons hourdés à joints incertains peuvent avoir une inclinaison de 1/1, une épaisseur de 0.60 à 0.70 à la base et 0.30 à 0.40 au sommet, résiste bien à l'action du batillage. On peut rendre étanche un revêtement en enrochements en coulant au-dessus des moellons qui le constituent un mélange de bitume 80% et de sable 20% répandu à 180°. On obtient un revêtement souple offrant une excellente résistance aux chocs. On diminue ainsi la rugosité du lit, ce qui peut présenter des inconvénients où la vitesse du courant risque de trop s'accroître. Un sabot en béton disposé à la base du perré assure sa fondation et permet de lutter efficacement contre l'affouillement.

Le perré peut être réalisé au moyen de gabions superposés en formant des redans d'une cinquantaines de centimètres, de gabions plats étalés sur le glacis.

On peut utiliser des plaques constituées par des pieux plats, de moellons artificiels de diverses formes, des briques percées de trous et enfilée sur des armatures métalliques traversant ces orifices que l'on remplit ensuite de mortier pour constituer un ensemble rigide. Des dalles en béton pré vibré ou armé de 6 à 8 cm d'épaisseur, rejointoyées au mastic bitumineux, peuvent enfin être employées.

PROTECTION DU PIED DE LA BERGE :

Cette protection, qui commence au niveau de l'étiage, s'étend dans la rivière jusqu'à la distance où l'affouillement cesse. Elle peut avoir transversalement une grande étendue et doit présenter beaucoup de qualités, il faut qu'elle soit durable en raison de l'impossibilité pratique d'y faire des réparations, résistantes pour s'opposer aux attaques, flexibles pour s'adapter aux irrégularités du lit, imperméable pour empêcher le filtrage des éléments fins du sol.

Les dispositifs de protection du pied sont identiques à la fondation des ouvrages hétérogènes.

On emploie plusieurs types de matelas qui s'étendent dans le lit à une distance de 15 à 30 m du pied du talus mouillé, qui se raccordent à la protection d talus de la berge au niveau de l'étiage ou un peut au-dessus et qui peuvent même se prolonger sur la berge pour former un revêtement. Ces matelas ont des largeurs comprises entre 50 et 130 m. Ils se recoupent sur des longueurs différentes suivant leur type : 4.50 m pour les matelas en fascines, 1.5 à 3 m pour les matelas articulés en béton.

Dans les zones où l'on utilise les protections souples de pied, on donne à la berge une pente de 3/1 en général à partir de 1.50 m sous l'étiage. Le revêtement est formé de moellons

(25 cm d'épaisseur) de plaques de ciment monolithe 10 cm, de plaque d'asphaltes monolithe 7.5 cm etc.

3-2. PROTECTION INDIRECTE DES BERGES

PROTECTION TEMPORAIRE :

Elle peut être assurée par des guideaux flottants temporaires : arbres, plantes aquatiques, fascines des menus bois accrochés à des pieux.

Ces éléments redressent les courants secondaires en freinant la plongée vers le fond des filets de surfaces rapides, peu chargées et dotées d'une grande puissance érosive.

Elle peut être aussi assurée par des éléments des arbres, notamment, coulés au fond de l'eau, qui ralentissent le courant de la zone où l'affouillement menace la berge.

L'inconvénient de ces méthodes est qu'elles créent une obstruction permanente et que les dispositifs sont sensibles aux corps flottants.



PROTECTION PERMANENTE :

Elle peut s'exécuter en construisant des seuils noyés en aval des trous profonds situés devant la berge concave. Ces seuils empêchent que le lit ne se creuse d'avantage et protège ainsi le pied de talus.

La protection permanente est assurée par des épis aux quels on de mande, suivant le cas, soit d'éloigner de la rive les courants dangereux, soit de ralentir le courant devant la zone menacée et même de favoriser la sédimentation lorsque la rivière transporte des éléments solides susceptibles de se déposer, soit enfin de constituer des points fixes de la berge empêchant le développement de l'érosion.

• REJET DE COURANT :

Un épi isolé en pierres ou en béton, arasé au dessus des plus hautes eaux ou au niveau de la berge, posé sur un matelas très largement débordant, tracé suivant un cercle de quelque 10 m de rayon (dimension en fonction de l'importance de la rivière), enraciné dans la berge, peut dans certains cas repousser le courant et protéger un point déterminer contre l'érosion.

Un épi isolé n'est ni assez fort pour dévier le courant, ni assez efficace pour faire déposer les sédiments. Il risque d'être nuisible, des remous pouvant se former sur sa face aval et provoquer une attaque de la zone qu'on veut défendre.

• RALENTISSEMENT DU COURANT :

Peut être obtenu par le moyen d'épis perméables qui facilitent la formation des dépôts jusqu'au droit du tracé primitif de la berge.

Il peut être obtenu par le moyen d'épis pleins construits en série. Les structures doivent être poursuivies jusqu'au niveau de la berge, l'enracinement des épis doit assurer une revanche d'une cinquantaine de centimètres au-dessus des plus hautes eaux.

Les épis en série sont utiles pour obtenir le redressement du lit au droit d'une poche d'érosion entrant profondément dans une rive.

Au début il faut avoir des épis rapprochés et courts pour obtenir un effet suffisant sur la sédimentation. Quand la sédimentation progresse, les épis peuvent être plus éloignés les uns des autres.

Tout à fait en amont de la poche d'érosion, un épi dirigé vers l'amont serait mal encre en rive. Si l'on n'établit pas un épi de rejet, il faut que le premier épi soit

orienté dans une direction sensiblement perpendiculaire à la berge sur $1/4$ ou $1/5$ de sa longueur totale, le tracé prenant ensuite la direction correcte. Dans la portion voisine de la berge, cet épi doit être insubmersible.

• CONSTITUTION DE POINTS FIXES :

Les épis de fixation du lit ont pour objet de protéger des berges le long des quelles s'établissent des vitesses importantes (berges concaves en particulier), dont les matériaux constitutifs sont entraînés à la fois par l'action de l'érosion. L'arrêt du recul de ses berges peut être recherché par la constitution des points fixes établis à des distances déterminées les uns des autres. Ces points fixes sont réalisés en établissant des épis en enrochements qui assurent à la fois la défense de la partie supérieure de la berge et la protection de son pied. La pente de tels épis doit être très faible $8/1$, ils doivent monter jusqu'au niveau de la berge, à une cote supérieure à celle des hautes eaux, leur équidistance doit être déterminée par des essais sur modèle. (égale à environ 3 fois l'emprise totale transversalement au lit). Les épis peuvent être tracés normalement à la direction de la berge.

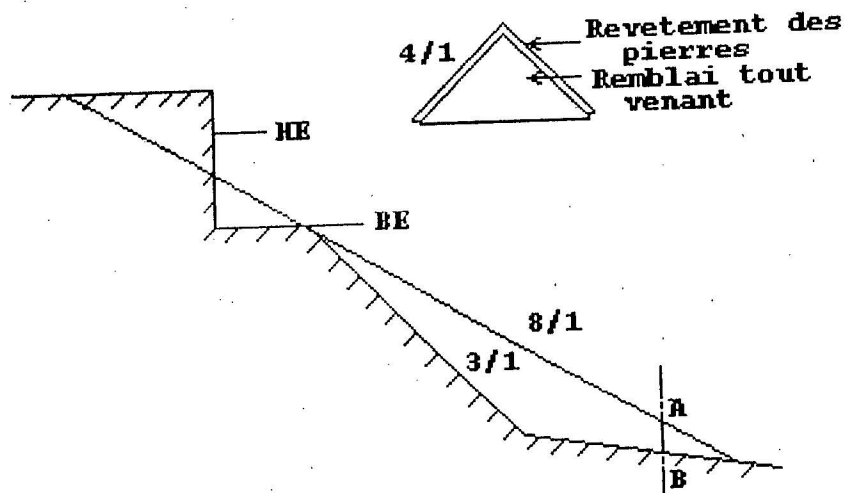


Figure N°IV-19. Epi de fixation de la berge

CHOIX DE LA METHODE DE PROTECTION DES BERGES

La protection indirecte est généralement moins chère que la protection directe, mais elle n'est pas toujours aussi efficace ; elle n'a, en particulier aucune action sur l'infiltration de l'eau dans la berge, sur les renards. Quand les berges sont sujettes à l'érosion et l'affouillement est déjà très poussé dans une certaine zone, le courant est attiré vers cette zone. Il vaut alors

souvent mieux de détourner le courant en amont de la partie attaquée par des ouvrages de protection indirecte. Les profils en travers très ouverts et peu profonds que l'on trouve habituellement sur les rivières du type comblant sont bien adaptés aux constructions perméables qui ralentissent le courant et provoquent le dépôt des sédiments dont les eaux de ces rivières sont très chargées. Sur les rivières torrentielles, les travaux de protection doivent avoir les particularités suivantes :

- Les ouvrages doivent être souples, pour ne pas être détruit par une forte crue ; le revêtement de berge ou les épis réalisés en gros enrochements ou en tout venant recouvert par des enrochements sont recommandés sur fond sableux, ces enrochements doivent être déposés sur un tout venant plus fin pour éviter leur enfoncement. En cas d'érosion d'ensemble, les ouvrages peuvent s'affaïsser plus ou moins, mais un rechargement suffit pour rendre le profil nécessaire. Au droit du musoir des épis, il faut réaliser une protection largement enveloppante.
- Les gabions utilisés pour réaliser un mur de quai, un épi ou pour servir de fondation à un ouvrage ont une rigidité trop forte dans ces terrains ; ils sont rompus dès qu'il y a affouillement.
- Il est intéressant de prélever des matériaux nécessaires à la construction dans le lit, de manière à façonner le chenal et diriger le courant hors des zones sensibles.
- Il faut tenir compte, en implantant les ouvrages, de l'effet qu'auront les travaux sur la tenue du lit, en particulier du basculement inévitable qui se produit lorsqu'on réalise un rétrécissement.

CONCLUSION :

A partir des données recueillies des chapitres précédents (étude morphologique, climatique et géologique), nous sommes en mesure de distinguer les zones fragiles des zones stables dans notre bassin versant (montré par la carte du zonage au 1/50000^{ème}).

A partir de la quelle nous sommes demander de trouver et d'appliquer des mesures pour rétablir l'équilibre de notre région .

Notre zone d'étude sujette à une érosion ravinante (chevelu hydrographique dense , jeune), nous nous sommes intéressés durant notre recherche bibliographique à des méthodes de protection adéquates à notre cas .

Vu la couverture végétale qui repose sur un substratum tendre et friable (schiste et marnes) à forte pente (>35%) et sous un climat agressif tempéré sub humide, de plus de la fréquences des incendies qui a augmenter .Le reboisement de protection et le repeuplement ainsi que les mesures proposées sont efficaces face aux contraintes rencontrées.

De plus le labour dans le sens des courbes de niveaux , les techniques de terrasses et banquettes à profil normal redressent la pente du terrain et donc freinent la vitesse De ruissellent des eaux superficielles , qui cheminent dans les ravines à forte pente elles aussi. Pour cela , nous avons été amené à chercher des techniques simples et efficaces pour protéger le lit et les berges de ces torrents.

La méthode de correction torrentielle savère efficace pour corriger longitudinalement le lit du cours d'eau par terrassement et par barrages pour rétablir la pente . Reste à corriger latéralement le cours d'eau , c'est à dire protéger ses berges contre l'affouillement , les méthodes directes et indirectes ont données des résultats satisfaisants.

De ce chapitre nous sommes arrivé à proposer une carte d'aménagement du bassin versant , et de l'oued chiffa. Un suivi rigoureux doit être mené , d'une part au niveau des aménagements du bassin versant , vues les incendies ayant eu lieu durant l'année en cours (juillet , août 2000). Nous devons obligatoirement renforcer la couverture végétale par le reboisement de protection , et le repeuplement pour les secours à long terme. Et appliquer les mesures de protection proposées d'une manière correcte et immédiate afin de rétablir l'équilibre du milieu sans oublier de sensibiliser d'une manière simple la population riveraine.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail de recherche est orienté vers l'application d'une approche méthodologique et d'une méthode d'investigation dans le domaine de l'aménagement et la mise en valeur du milieu naturel.

Le choix du bassin versant de l'oued chiffa comme champ d'application n'est pas arbitraire, il s'agit d'une unité hydrologique jeune, dynamique, curieuse vue la géomorphologie qui la constitue.

Mis à part de l'importance d'oued chiffa, pour son intérêt écologique, et économique (alimentation, en eau potable de la population avoisinante), ce dernier représente une menace pour la route nationale N°1.

Les effets immédiats des différents processus morphogénétiques qui activent dans la zone d'étude risquent de provoquer une dégradation irréversible du bassin versant et par conséquent un déséquilibre du vecteur naturel de l'eau.

C'est à travers une prise de connaissance préliminaire de divers documents qu'on a pu observer le degré de dégradation et ses aspects. Parmi ces aspects on a constaté la présence des terrains nus, et la détérioration continuelle du couvert végétal encore existant, une érosion ravinante intense.

Les origines de cette dégradation observées dès ce premier contact avec la zone étudiée, paraissent découler :

De l'occupation irrationnelle du sol ;

Absence presque totale de procédé anti-érosive ;

Reboisement insignifiant ;

D'un milieu physique fragile, caractérisé par un relief accidentée, d'un système de pentes relativement fortes et d'une lithologie composée de roches tendres facilement érodable marnes, calcaires ;

De plus, un climat agressif (sub humide) qui se distingue par des précipitations irrégulières et amplitudes thermiques importants.

Après ce premier contact avec le bassin versant de l'oued chiffa et le contact établi, nous avons procédé à l'analyse des différents facteurs physiques qui semblent être à l'origine de la dégradation avancée de la zone étudiée.

Cette analyse à travers l'étude géomorphologique, a permis de montrer que le bassin versant de l'oued chiffa contient un 115

premier ensemble ; aux altitudes supérieures ou égales 1600 mètres, composé par le col de chréa, Dj Mouzaia, Dj Guerroumene, DJ Azrou Mouch, domaine de l'autochtone où apparaissent surtout les schistes, un second ensemble où sont représentés les différents faciès de grés, de marnes et d'argiles helvétiques.

Le facteur lithologique laisse, quant à lui apparaître une nette prédominance des roches tendres composées de marnes cartennienes, d'argiles helvétiques, et d'argiles schisteuses, ces roches constituent le réservoir potentiel des matériaux susceptibles d'être érodées.

Les processus morphogénitiques, les plus distinctifs, au niveau de ces substrats lithologique sont caractérisés par un ruissellement concentré atteignant souvent le stade de ravinement intense.

A cette lithologie très érodable vient s'ajouter un climat agressif, qui est à l'origine de l'érosion ravinante observée dans le bassin versant de l'oued chiffa ainsi que la dégradation des roches gréseuses, calcaires et schisteuses par gélifraction formant par gravité des cônes d'éboulis bien visibles tel que Dj Tamesguida.

Le réseau hydrographique, joue un rôle essentiel en tant qu'élément dynamique dans l'évolution morphologique du bassin. Lorsque la lithologie érodable, les pentes fortes se combinent en zone à couverture végétale (non dense), l'activité et le chevelu du réseau hydrographique se développent rapidement, c'est ainsi que les densités de drainages de ce réseau hydrographique sont les plus souvent aux environs de 3 Km/Km².

Ce réseau se caractérise par des profils en long composé ; d'un secteur où l'on remarque le creusement ; un secteur d'affouillement et de sapement, et d'un secteur d'accumulation.

La visualisation de la dégradation est illustrée à travers l'élaboration de la carte de sensibilité à l'érosion sous la forme d'aires d'érosion qualifiées de faible, moyenne, forte à intense. Dans le cas de notre zone d'étude l'érosion moyenne à forte est prépondérante et reflète l'état de dégradation du bassin versant d'oued chiffa.

A ce stade, l'analyse des ses différentes formes d'érosion permet déjà de faire une première ébauche de procédés et moyens techniques à utiliser pour lutter contre cette dégradation.

L'analyse de l'état actuel de la zone étudiée à travers ses différentes composantes à permis de dégager les principales contraintes à l'aménagement considérées comme facteurs limitant, les diverses contraintes classées, regroupées puis qualifiées de faibles, moyennes, et fortes ont 116

permis de diviser le bassin versant de notre zone d'étude en trois zones :

- Zone de stabilité apparente : on assiste à une évolution lente du modèle qui reste en équilibre relatif avec les conditions bioclimatiques.
- Zone intermédiaire : considérée comme la zone la plus sensible à l'érosion puisqu'elle est entre la zone relativement stable et la zone instable.
- Zone d'instabilité chronique : à haute sensibilité à l'érosion, cette zone risque d'augmenter rapidement, si des mesures anti -érosives ne sont dès à présent appliquées.

Sur cette base, des propositions d'aménagement sont présentées.

Des mesures et techniques directes et indirectes sont à même d'établir à long terme l'équilibre relatif de l'aire d'étude.

Parallèlement, le réseau hydrographique très actif dans le bassin subira différentes actions de correction torrentielle, celles ci seront matérialisées sur le terrain par la construction des seuils en gabions, des seuils en pierres sèches, murs de soutènement à même de réduire la vitesse des eaux et de diminuer le taux de transport solide et charrient susceptibles de déséquilibrer le vecteur naturel de l'eau : Oued chiffa.

Ces travaux de correction dits mécaniques sont renforcés par une protection biologique tel que préconisé (reboisement, arboriculture rustique etc.)

La combinaison de toutes ces mesures et techniques de protection contribuera à l'établissement de l'équilibre relatif du bassin versant et de l'oued chiffa.

BIBLIOGRAPHIE

- B.N.E.D.E.R. 1984 -*projet d'exécution du bassin versant de Sidi El Kebir* ,projet
- DUBREUIL P. , 1974 -*Initiation à l'analyse hydrologique* - Edition Masson et Cie
- HALIMI.A. 1980 -*L'atlas Blidéen Climats et étages végétaux* - .Edition OPU
- B.N.E.D.E.R., 1983 -*Etude de la protection de la ville de Blida contre les eaux Pluviales* -projet
- B.N.E.D.E.R. , 1987 -*Aménagement hydraulique* - projet
- B.N.E.D.E.R., 1996 - *Etude d'aménagement et mise en valeur du bassin versant de L'oued Bourroumi- Projet*
- F.A.O. , 6.02-1987 -*Quelques techniques et analyses des pentes* -
- F.A.O., 13.6-1993-*Guide pratique d'aménagement des bassins versants étude et planification* -
- F.A.O., 6.31 1985 -*Protéger et produire / Conservation des sols* -
- GIL N .1986 -*Aménagement des bassins versants : Conservation des sols et des eaux* -
Edition Eyrolles.
- LOW F.K.1967- *Estimating potentiel erosion in developing contries* journal soil and
water conservation -
- MAGAHAN W.F. 1976 - *Reducing erosional impacts of roads* conservation guide-
article
- FICHUEUR .E , BIARDEAU. , 1887 - *Note inédites sur la feuille MEDEA , BLIDA*
cartes
- POMEL .,1889 -*Description stratigraphique de l'Algérie* - carte
- ALQUIER M .,1976-77 -*Le transport solide dans les canaux découverts et les rivières naturelles* -polycopie institut national polytechnique de Toulouse
- Couvert.B et all., septembre 1999 -*Gestion des rivières, transport solide et atterrissement-* guide méthodique
- GRAF W. - *Hydraulique fluviale*- volume 16 Ed presse polytechnique et universitaire
Romands
- LELIAVSKY .S 1961 -*Pieces d'hydrauliques fluvial* - Editiond Dunod paris
- CARLIER M.1986 - *Hydraulique Générale , et Appliquée* - Edition Eyrolles.
- LARRAS J. 1975 -*Défense contre les crues* - Edition Eyrolles
- LARRAS J. 1972 - *Hydrauliques et granulats* - Editiond Eyrolles
- LARRAS J. 1977 -*Fleuves et rivières non aménagées* - collection BCEOM
- QUESNEL.B. 1970 «Cours d'eau non navigable »Edition Eyrolles

- QUESNEL .B.1973-*Traité d'hydraulique fluviale et torrentielle appliquée*- Edition Eyrolles paris
- ARRIGNON.J .G et all. ,1975 *revue internationale de l'eau : Houille blanche* 2/3
- BESEME.J.I. et all., 1997 *revue internationale de l'eau : Houille blanche* 4/5
- BENSCHERIT.M.,1970 -*L'érosion actuelle et ses conséquences* -Edition Dunod
- BENETT , H.H.1969- *Soil conservation*- Edition Mc Grow Hill. New York London
- BOUZZA V.L. ,1953 -*On the erodability of soils African soils* 2,3 and 4 -
- CORMK ,R ,M.1951 - *The mechanical protection of Arable land* -Rhod, Agric journ
- F.A.O.33.1986.-*Conservation et aménagement des sols dans les pays en développement -Foresterie :Aménagement des bassins versants et conservation des sols* . Rome
- GRECO J. paris 1978 -*Défense des sols contre l'érosion* -Ed Eyrolles
- Rapport du colloque.1960. -*Conservation et restauration des sols* Tehéran -.
- Rapport du colloque. 1996 SAGETEL -*Système d'aide de la gestion et a l'aménagement ,contre l'érosion* -
- E.N.G.R.I.F 1984 -*Conservation des eaux et du sol* - Edition Centre de Nancy
- SACCARADY.L. 1976 -*Nécessité de la lutte contre l'érosion : Méthodes modernes de conservation des sols et des eaux.* - article
- VERNEAUX J.VERGNON J.P 1975- *Aspects écologique des travaux d'aménagements des cours d'eau* - revue internationale de l'eau : Houille blanche 2/3
- WISCHMEIR.W.H et MANNERING J.V 1971 -*Relation of soil properties to its erodability soil* -
- HATTINGER.H.1976 -*Correction des torrents et des ravins* – Edition Eyrolles
- MARGAROPOULOS .P. 1960 -*Classification des bassins torrentiels Grèce* - article
- MESSINES ,J.1975 -*Lutte contre l'érosion en montagne :correction torrentielle* -article
- GILMOUR.D.A.1976-*Exploitation forestière et environnement* - revue
- GROSS.F.1996. -*Berges et milieu riverains des cours d'eau* - revue L'eau l'homme et la nature;paris
- GIANFREDA .J.1996 -*Protection des berges* - revue Environnement
- JAMME .G. 1974 -*Ouvrages d'aménagements* -Edition Eyrolles paris
- LECOZ .J. 1983 -*Espace Gigone et aménagement du territoire le cas Algérien* – revue internationale de l'eau : Houille blanche 2/3
- MORIN M. ,FAVANT M. 1975 -*protection contre les affouillements des berges* . – revue internationale de l'eau : Houille blanche 2/3

- VERNIERAS G. 1996 paris , -*Le cours d'eau rôle écologique et paysages* – revue :
L'eau ,L'Homme et la nature
- VERNEAUX J, 1975 -*Aspects écologique des travaux d'aménagements des cours
d'eau* - revue internationale de l'eau : la Houille blanche
- VILLEY F.- 1997.Grenoble -*Rapport général de la question N°1 Bassin versant*-revue
internationale de l'eau : la Houille blanche.