

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université colonel El Hadj Lakhdar de Batna

Faculté des sciences

Département des sciences de la terre

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de Magister en aménagement du territoire

Option : Dynamique des milieux physiques et risques naturels

Thème

Evaluation par analyse multicritères du risque d'érosion dans la vallée de l'Oued Labiod (Approche systémique)

Réalisé par : Haoues Cherif

Jury :

Mme.Dridi.H	Promoteur	M.C Univ.Batna
Mr.Kalla.M	Président	M.C Univ.Batna
Mr.Amireche.H	Examineur	M.C Univ.Constantine
Mr.Guettouche.M.S	Examineur	M.C Univ.USTHB (Alger)

Année universitaire 2007-2008

Remerciements

Ecrire cette page de remerciements est un exercice difficile et longtemps reporté.... Non que je ne veuille remercier personne, bien au contraire ! Remercier avec les mots justes tous ceux qui m'ont encadré, aidé, soutenu au cours de ce parcours parfois bien difficile ; est une tâche délicate qui comporte en outre le risque de commettre des oublis ou des impairs. Que ceux qui seraient victimes de cette injustice veuillent bien me pardonner et se sentent inclus dans ces remerciements collectifs.

Au moment de clôturer ce mémoire, je remercie en premier lieu dieu de m'avoir donné la force et la patience de terminer ce travail, je souhaiterais apporter aussi ma vive reconnaissance à certaines personnes qui m'ont aidé et encouragé au cours de ces deux dernières années.

Je voudrais remercier très chaleureusement Dr.Dridi Hadda, mon promoteur, pour le temps qu'elle a su me consacrer et les précieux conseils qu'elle a pu me donner. Elle a su encadrer mon travail en me laissant suffisamment de liberté pour que je développe mes propres idées, tout en restant attentif pour que je ne m'égare pas sur des pistes peu prometteuses.

Je souhaite également remercier Dr.Kalla Mahdi, qui a su m'initier à la modélisation de l'érosion. Sans lui, le modèle ne ressemblerait pas à ce qu'il est aujourd'hui. Je lui suis aussi très reconnaissant de m'avoir aidé à me plonger dans l'érosion et de me poser les bonnes questions tout en apportant les bonnes réponses.

Je souhaite également remercier les membres du jury : Dr.Guettouche.M.S et Dr.Amireche.H d'avoir accepté de juger mon travail.

Je ne saurais oublier ma mère, mon père, mes frères et sœurs et surtout la petite Meriouma.

Je souhaiterais associer à ces remerciements le personnel de la conservation des forêts de Batna à leur tête Mr. Bêlerai Mohamed, la D.S.A, La D.T.P, l'A.N.R.H et Mr. Houes Boutiba et l'A.N.B pour leur accueil chaleureux au début de ma thèse.

Table des matières

Introduction générale :	5
Chapitre1: Présentation du bassin versant	7
1. Situation géographique du bassin versant :.....	8
2. La topographie :.....	8
2.1. L'hypsométrie :.....	9
2.1.1-Altitude maximale :.....	12
2.1.2-Altitude minimale :.....	12
2.1.3-Altitude moyenne :.....	12
2.1.4-Altitude médiane H50% :.....	12
2.1.5-Altitude H5% et H95% :.....	12
3. Les caractéristiques morphométriques :.....	12
3.1. Délimitation de périmètre du bassin versant :.....	12
3.2. Indice de Gravelius (kc) :.....	12
3.3. Le rectangle équivalent :.....	13
3.4. La courbe hypsométrique :.....	14
4. Les indices de pente :.....	15
4.1. Indice de pente de Roche (IP) :.....	15
4.2. L'indice de pente globale (Ig) :.....	15
4.3. L'indice de pente moyenne (Im) :.....	15
4.4. La dénivelée spécifique :.....	16
5. Les caractéristiques du réseau hydrographique :.....	18
5.1. Classification des talwegs :.....	18
5.2. La densité de drainage Dd :.....	18
5.3. Coefficient de torrentialité Ct :.....	18
5.4. Le temps de concentration Tc :.....	19
6. Les caractéristiques géologiques et lithologiques :.....	21
6.1. La tectonique :.....	24
7. Les caractéristiques pédologiques :.....	24
7.1. Les sols minéraux brutes :.....	24
7.2. Les sols peu évolués :.....	24
8. Les caractéristiques du couvert végétal.....	25
8.1. La forêt :.....	25
8.1.1-Le cèdre :.....	25
8.1.2-Le chêne vert :.....	26
8.1.3-Le pin d'Alep :.....	26
8.1.4-Peuplement de genévrier oxycèdre et genévrier de Phénicie :.....	26
8.2. Les parcours :.....	26
8.3. L'alfa :.....	26
8.4. Les prairies :.....	26
8.5. Les terres improductives :.....	26
8.6. L'arboriculture :.....	26
8.7. Céréaliculture :.....	26
8.8. Cultures maraichères :.....	26
9. Les caractéristiques géomorphologiques :.....	28
9.1. Les terrasses :.....	28
9.2. La dynamique fluviale (des eaux courantes) :.....	28
9.2.1-Le lit majeur (d'inondation) :.....	28
9.2.2-Le lit ordinaire (apparent) :.....	28
9.2.3-Le chenal d'étiage :.....	28
9.2.4-Les chenaux multipliés :.....	28
9.2.5-Les méandres :.....	29

9.3. Les cours d'eau à chenaux anastomosés :	29
9.4. Les cours d'eau à chenaux en tresses :	29
9.5. Les cours d'eau à chenaux rectilignes :	29
Conclusion.....	30
Chapitre2: L'aspect socio-économique.....	31
1. Caractéristiques humaines et sociales :	32
1.1. Historique :	32
1.2. La répartition spatiale de la population :	33
1.3. Evolution de la population :	36
1.4. Population active et occupée :	36
1.5. Le mouvement migratoire :	37
1.6. Typologie de l'habitat :	37
1.7. L'habitat collectif :	38
1.8. Le recasement:	38
2. Les équipements :	38
2.1. Les équipements administratifs :	38
2.2. Les équipements sanitaires :	38
2.3. Les équipements socioculturels :	38
2.4. Le secteur de l'éducation :	38
2.4.1-Enseignement primaire :	38
2.4.2-Enseignement moyen :	39
2.4.3-Enseignement secondaire :	39
2.4.5-Les équipements de sport et de détente :	39
2.5. Le réseau routier :	39
3. Caractéristiques économiques :	39
3.1. L'élevage :	39
3.2. Le secteur agricole :	40
3.2.1-Les équipements hydrauliques.....	41
3.3. L'assainissement :	42
3.4. Industrie :	42
3.5. Le tourisme :	43
Conclusion.....	44
Chapitre3: Etude climatique et hydrologique.....	45
1. Etude climatique :	46
1.1. Le régime thermique :	46
1.2. Régime des vents :	47
1.3. L'humidité relative :	48
1.4. L'évaporation :	48
1.5. L'évapotranspiration :	49
1.5.1-Formule de Thornthwaite :	49
1.5.2-Formule de Turc :	50
1.6. Les précipitations :	52
1.6.1-Collecte et correction des données :	52
1.6.2-Sélection et arrangement des séries :	52
1.6.3- Choix des stations et période de fonctionnement des stations :	53
1.7. Les pluies annuelles moyennes :	54
1.7.1-Calcul de la pluie moyenne annuelle sur l'ensemble du B.V:	54
1.7.1.1-La méthode arithmétique :	54
1.7.1.2-La méthode de Thiessen :	54
1.7.1.3-Le bilan hydrique.....	56
1.7.2-Etude statistique.....	58
1.8. Les précipitations moyennes mensuelles : :	60

1.9. Les précipitations moyennes journalières :	61
1.9.1-Estimation des pluies journalières maximales et leur fréquence :	62
1.9.2-Estimation des pluies fréquentielles selon la saison :	62
2. Etude hydrologique :	63
2.1. Etude des crues :	63
2.1.1-La période froide :	63
2.1.2-La période chaude :	63
2.2. Calcul du débit moyen journalier (volume de la crue) :	63
2.2.1-Formule de Sami :	63
2.3. Calcul du débit maximum instantané (débit de pointe) :	64
2.3.1-Formule de Mallet et Gauthier :	64
2.3.2-Formule de Turazza :	64
2.3.3-Formule de Giandotti :	65
2.3.4-Formule de Fuller :	65
2.4. Hydrogramme de la crue du 03/04 Mai 2006 :	66
2.4.1-La fréquence de la crue du 03/04 Mai 2006 :	66
2.4.2-Les conséquences de la crue du 03/04Mai 2006 :	67
3. Etude de l'apport liquide :	71
3.1. Estimation de l'apport liquide et la lame d'eau écoulée :	72
3.1.1-La formule de l'A.N.R.H :	72
3.1.2-La formule de Déri :	72
3.1.3-La formule de Saidi :	72
3.1.4-La formule d'Adjel-Smail :	72
3.1.5-La formule de Sogreah :	73
4. Estimation de l'apport solide :	73
4.1. La formule de Sami :	73
4.2. La formule de Tixeron :	73
4.3. La formule Sogreah :	73
4.4. La formule de l'A.N.R.H :	73
Conclusion.....	74
Chapitre4: Evaluation du risque d'érosion.....	75
1. Evaluation numérique :	76
1.1. Calcul de l'érosivité :	76
1.1.1-L'indice Fournier (IF):.....	76
1.1.2-L'indice Fournier-Arnoldus (IFA) :	76
1.1.3-Les formules de Fournier (1960) :	76
1.1.4-L'indice (R) de Wischmeier :	77
1.1.5-Calcul de l'indice (R) de Wischmeier :	79
2. Résultats et interprétations :	79
2.1. Calcul des indices (R), (IF), (IFA) et (E) à Médina :	79
2.1.1-Calcul de l'indice (R) :	79
2.1.2-Calcul de l'indice (IF) :	79
2.1.3-Calcul de l'indice (IFA) :	79
2.1.4-Calcul de l'indice (E) :	80
2.2. Interprétation :	80
2.2.1-L'indice (R) de Wischmeier :	81
2.2.2-L'indice (IF) de Fournier :	81
2.2.3-L'indice (IFA) de Fournier-Arnoldus :	81
2.2.4-L'indice (E) de Fournier :	81
3. Applicabilité d'USLE de Wischmeier :	86
3.1. L'indice d'agressivité climatique (R) :	86
3.2. Le facteur topographique (LS) :	86

3.3. La couverture du sol (C) :	86
3.4. L'indice d'agressivité climatique :	87
3.5. La couverture du sol assurée par les végétaux (et les cailloux) :	88
3.6. L'érodibilité des sols :	88
3.7. Le facteur topographique :	88
4. La pratique du modèle de Wischmeier sur le bassin objet d'étude :	889
4.1. Calcul de l'indice (R) :	89
4.2. L'indice (K) :	89
4.3. L'indice (LS) :	90
4.4. L'indice (C) :	91
4.5. L'indice (P) :	91
5. Interprétation :	91
Conclusion.....	93
Chapitre5: Analyse multicritères et propositions d'aménagements.....	94
1. Analyse multicritère :	95
2. Résultats :	1041
3. Discussion :	1055
4. Propositions d'aménagements:	105
4.1. Les mesures techniques:	106
4.1.1-Stabilisation des ravines:	1066
4.1.2-Amélioration des systèmes de production:	1077
4.1.3-Les murettes:	107
4.1.4-Rideaux:	1088
4.1.5-Les banquettes:	1088
4.1.6-La correction torrentielle :	1099
4.1.7-Fondation des seuils:	110
4.1.8-La fixation des berges :	110
4.1.9-Le gabionnage :	110
4.2. Mesures biologiques :	111
4.2.1-Reboisement :	111
4.2.2-Plantations fruitières :	111
4.2.3-Amélioration des parcours:	111
5. Exemple de cas type.....	114
Conclusion.....	118
Conclusion générale.....	119
Bibliographie.....	121
Annexes.....	123
Liste des tableaux.....	127
Liste des figures.....	128

Introduction générale

L'érosion des sols en Algérie touche de nombreuses régions, c'est un phénomène naturel, dû au vent et particulièrement à l'eau, qui s'exprime sur l'ensemble des terres. La perte de la couche superficielle du sol par érosion réduit sa fertilité et les baisses de rendements dans les secteurs touchés témoignent de cet effet ; le phénomène peut parfois prendre des tournures catastrophiques, soit par l'expression exceptionnelle de l'un de ces facteurs (très fortes pluies...), soit en raison des modifications apportées par l'homme aux paysages.

L'érosion hydrique est une thématique qui s'impose de jour en jour au niveau des politiques environnementales. Le phénomène par son ampleur est aujourd'hui appréhendé en termes de risque naturel. C'est un phénomène fortement spatialisé car sa prévisibilité temporelle demeure un exercice difficile et surtout hasardeux dans l'état actuel des connaissances.

En revanche la prévisibilité spatiale objet de ce travail peut être établie avec beaucoup de précision. En effet, depuis le début des années quatre vingt dix, la communauté scientifique s'est principalement intéressée au développement de modèles qui permettent de mieux comprendre le phénomène à l'échelle de la parcelle. Cependant, les décideurs politiques ont besoin d'outils pour estimer l'érosion des sols à l'échelle régionale afin de mettre en place une stratégie de conservation des sols adaptée, de plus l'érosion a des répercussions sur les cycles des sédiments, nutriments et sur celui de la qualité des eaux. Les prédictions de ces répercussions nécessitent une modélisation du phénomène adaptée.

S'il est possible de réduire considérablement l'érosion hydrique par le biais de techniques adaptées, il est d'abord nécessaire de cibler les secteurs de forte érosion nécessitant une intervention prioritaire car le phénomène revêt un caractère d'irréversibilité.

Le présent travail a été mené dans la vallée d'Oued Labiod qui représente l'une des plus grandes vallées du massif des Aurès (Est Algérien) sur un impluvium de près de 1050 km².

De par ses dimensions, ses composantes physiques et l'importance des enjeux socio-économiques qui s'y localisent, ce bassin est soumis à une dynamique érosives particulièrement animée qui à terme peut basculer dans une situation irréversible de désertification.

Cette étude a pour objet l'analyse et la cartographie de la vulnérabilité à l'érosion hydrique. Il s'agit d'une approche systémique basée sur une méthode multicritères permettant de dresser des cartes indiciaires numérisées basées sur la relation entre les différents paramètres ayant une influence sur le phénomène d'érosion (lithologie, pluviométrie, topographie, couvert végétal...) permettant d'exprimer le niveau de vulnérabilité dans cette région semi-aride.

Le résultat est un document qui constitue un outil d'aide à la décision en termes de gestion et de protection des ressources naturelles.

L'objectif de ce travail est aussi d'appréhender la problématique de l'érosion hydrique par une approche multicritères en développant une méthodologie reproductible permettant d'aboutir à la localisation de zones sensibles à l'érosion.

De nombreux modèles d'érosion existent déjà. Le plus connu est l'équation universelle de perte en sol (Universal Soil Loss Equation ou USLE) développée par WISCHMEIER et SMITH en 1978 et révisée en 1997 par RENARD *et Al.*

Dans le cadre de ce mémoire on va essayer de dresser un modèle, concernant la spatialisation de l'érosion ; l'approche multicritères à déterminer s'agit d'appréhender différemment la thématique de l'érosion : la détermination d'une méthodologie reproductible basée sur divers indicateurs de l'érosion (couvert végétal, pluviométrie, lithologie et pente) doit permettre, la spatialisation de l'aléa Erosion (ROOSE, DE NONI, 1998), à l'échelle des bassins versants et non plus des parcelles. Il ne s'agit plus ici de connaître les quantités de terres érodées mais d'avoir une connaissance de la répartition de l'aléa érosion sur le bassin versant. Pour cela il a fallu faire appel à quatre étapes complémentaires à savoir :

- 1- La collecte et traitement des données concernant le bassin objet d'étude (climatiques, géologiques, socioéconomiques,...).
- 2- Evaluation quantitative du risque d'érosion basée sur les formules empiriques (Fournier, Arnoldus, Wischmeier...).
- 3- Analyse multicritères du risque d'érosion basée sur les paramètres ayant une influence sur le phénomène.
- 4- La Réalisation d'un modèle (cartographique), qui consiste à spatialiser les zones à fort risque d'érosion.

Chapitre 1

Présentation du bassin versant

1. Situation géographique du bassin versant :

Le bassin versant Oued Labiod est situé dans le massif des Aurès (partie orientale de l'Atlas saharien), il fait partie du grand bassin hydrologique de Chott Melghir. Il est composé de trois principaux Oueds : Oued Labiod, Oued Chenawra et Oued de T'kout formant par leur confluence Oued Ghassira. L'ensemble de ces Oueds cheminent vers le Sud et se déversent dans Chott Melghir. L'Oued Labiod est formé par la réunion des torrents descendants des raides pentes de Chelia (2326m) et Ichemoul (2100m).

Après avoir traversé le défilé resserré de Tighanimine, il s'encaisse dans les canyons de Ghoufi et les gorges étroites de M'chounèche, puis s'ouvre une voie vers la plaine Saharienne jusqu'aux gorges de Foum el Gherza.

Le b.v objet d'étude est situé à 60km au Sud-est de la wilaya de Batna, il englobe 6 Communes et 3 Daïras qui s'étendent de Khenchela (Nord-est) jusqu'à Biskra (Sud-ouest) selon les coordonnées Lambert suivantes :

$$\begin{array}{cccc} x_1 = 858 & x_2 = 836 & x_3 = 820 & x_4 = 797 \\ y_1 = 237 & y_2 = 203 & y_3 = 251 & y_4 = 183 \end{array}$$

Et selon les coordonnées géographiques suivantes : $x_1 = 4G81'60''$ $x_2 = 4G54'44''$ $x_3 = 4G49'39''$ $x_4 = 4G1'15''$ de longitude Est de Greenwich ainsi que :

$y_1 = 39G25'23''$ $y_2 = 39G29'65''$ $y_3 = 38G96'30''$ $y_4 = 38G77'85''$ de latitude Nord. Il est ainsi limité au Nord par Inoughissen et Ichemoul et M'chounèche au Sud.

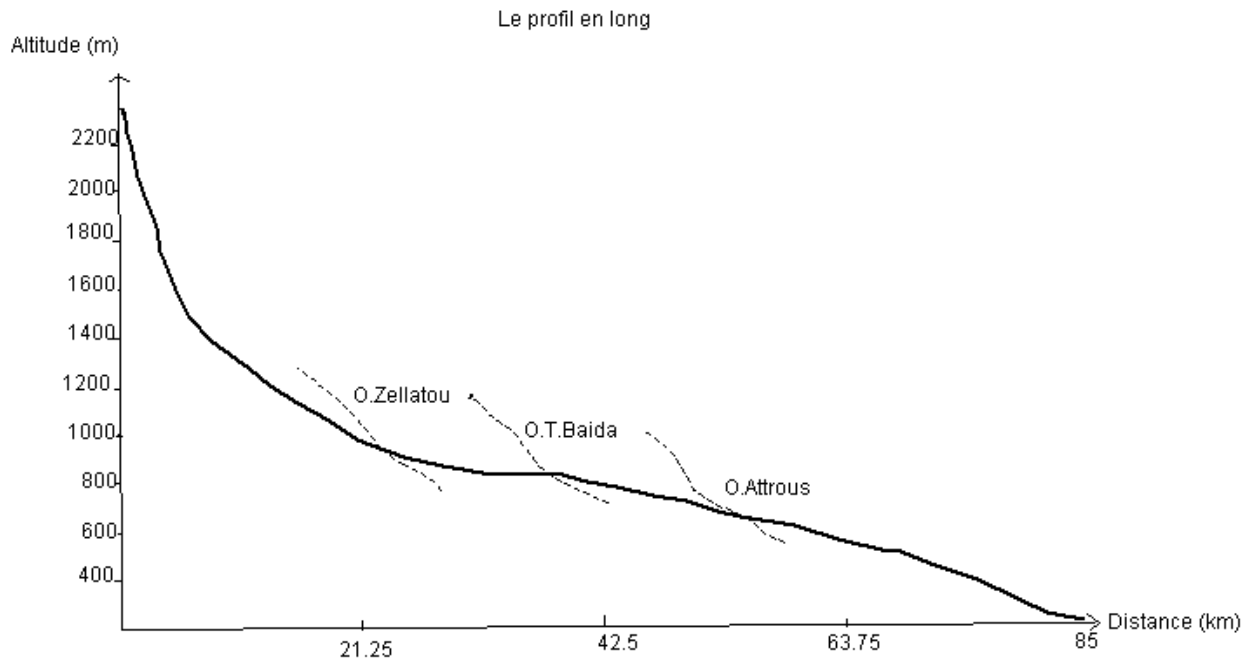
2. La topographie :

Le bassin de Oued Labiod totalise une surface de 1050 km² et d'une exposition dominante Nord-est (Dj Zellatou), Sud-ouest (Dj Taghenechirt) et dont la ligne de partage des eaux lui confère une forme allongée.

Le bassin versant est caractérisé aussi par sa dissymétrie, une partie montagneuse au Nord culminant à plus de 2000 m (2326 m Dj Chelia) et une autre basse au Sud (295m El Habel), ce qui génère des pentes longitudinales et transversales le long de son exposition. Quand au pentes, on constate une série de ruptures qui s'expliquent par les variations lithologiques (résistance à l'érosion) d'une part et le degré de perméabilité des matériaux de l'autre, d'autre ressauts le long de l'Oued beaucoup moins marqués, sont également liés à des seuils rocheux qui apparaissent d'une manière moins nette sur le profil en long.

On constate, une accentuation de pentes entre El Hamra et Ghassira qui engendrent également un encaissement rapide des vitesses d'écoulement, et met en évidence la puissance de l'érosion, d'où un encadrement du lit dans l'absence du champ d'inondation au niveau de la confluence d'Oued Labiod et Oued Zellatou (1940 m).

Fig.1: Profil en long de l'Oued Labiod



Il existe une nette relation entre le changement brusque des pentes et l'exposition Nord-est / Sud-ouest due à l'inadaptation du réseau hydrographique avec la structure. Ainsi au niveau d'Oued Zellatou, on constate de très fortes pentes révélant ainsi le caractère torrentiel de cet affluent, les pentes élevées dans la partie amont, ne sont réalisées que sur de brefs secteurs et sont à l'origine des crues exceptionnelles.

En revanche Oued El Attrous (1640m), présente un profil assez régulier, interrompu par quelques légères ruptures de pentes annonçant les cours d'eau des hautes plaines semi-arides.

Ainsi la partie basse, présente une allure régulière traduisant l'amorce d'équilibre. On notera la présence de gros blocs dans le lit de l'Oued, due soit à un affleurement rocheux, soit à l'arrivée d'un affluent qui transporte des matériaux beaucoup plus gros que ceux transportés par l'Oued principal, ce qui traduit l'inexistence d'équilibre permanent.

2.1. L'hypsométrie :

Sur la carte topographique le relief est indiqué par les courbes de niveau, il est souvent caractérisé par la courbe hypsométrique.

L'altitude maximale correspond à 5% de la surface totale du b.v soit 1780 m, et l'altitude médiane correspond à 50% de la surface totale du b.v soit 1170 m, quant à l'altitude minimale, elle correspond à 95% de la surface totale du b.v soit 295 m. Pour la tranche d'altitude < 1000m, elle occupe une surface de 250km² soit 23.8% de la surface totale du b.v, pour celle comprise entre 1000-1400m une surface de 550.475km² soit 52.42% et pour la tranche d'altitude comprise entre 1600-2000m une surface de 212.07km² soit 20.19% de la surface totale et 3.55% pour la partie supérieure à 2000m soit 37.455km².

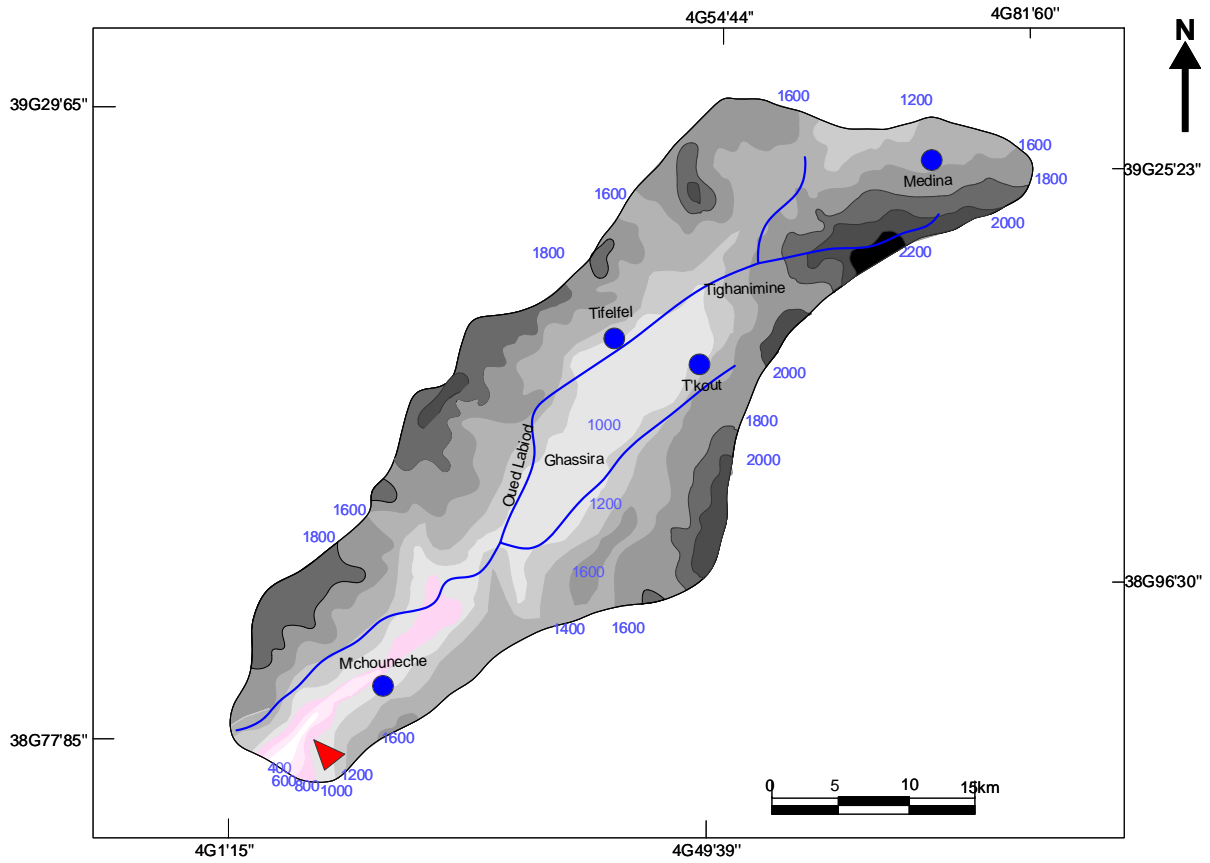
Tableau 1 : La répartition altimétrique du bassin versant

Tranche d'altitude (m)	Surface ai (km ²)	Surface cumulée (km ²)	Surface ai (%)	Surface cumulée (%)	di	aidi
< 400	60	60	5.71	5.71	0.5111	33.06
400-600	80	140	7.62	13.33	0.531	42.48
600-800	110	250	10.47	23.8	0.511	56.21
800-1000	133.08	383.08	12.67	36.47	0.435	57.89
1000-1200	199.095	582.175	18.96	55.43	0.4153	82.68
1200-1400	218.3	800.475	20.79	76.22	0.2999	65.46
1400-1600	141.27	941.745	13.45	89.67	0.2343	33.10
1600-1800	70.8	1012.545	6.74	96.41	0.0225	1.593
1800-2000	27.8	1040.345	2.64	99.05	0.0116	0.32
2000-2200	9.2	1049.545	0.87	99.92	0.0111	0.10
>2200	0.455	1050	0.043	99.97	0.0048	0.002

Cette répartition altitudinale de relief du bassin objet d'étude a sans doute une influence directe sur le régime hydrologique du bassin et sur l'ensemble de la dynamique érosive.

Carte N° :

Carte hypsométrique du bassin versant OUED LABIOD



2.1.1-Altitude maximale :

C'est le point le plus élevé du bassin versant (H max = 2326 m).

2.1.2-Altitude minimale :

C'est le point le plus bas du bassin versant (H min = 295 m).

$$\sum H_i B_i$$

$$2.1.3\text{-Altitude moyenne : } H_{\text{moy}} = \frac{\sum H_i B_i}{A}$$

H_i = Altitude moyenne entre deux courbes de niveau consécutives.

B_i = Surface entre deux courbes de niveau consécutives.

Pour le cas de notre bassin versant $H_{\text{moy}} = 1400$ m.

2.1.4-Altitude médiane $H_{50\%}$: de la courbe hypsométrique, elle est égale à 1170m.

2.1.5-Altitude $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$: sont les altitudes au-dessus desquelles s'inscrivent respectivement 5% et 95% de la surface totale du bassin versant, projetées sur la courbe hypsométrique :

$H_{5\%} = 1780$ m.

$H_{95\%} = 380$ m.

3. Les caractéristiques morphométriques :

L'utilisation des différents types de paramètres morphologiques a pour but la quantification des facteurs caractéristiques du milieu physique.

3.1. Délimitation de périmètre du bassin versant :

L'exactitude du paramètre (p) dépend de l'échelle, qui s'obtient par planimétrie de surface et curvimétrie de longueurs.

Sur l'échelle de la carte l'exactitude des limites et du périmètre comporte toujours des erreurs à cause du tracé de la limite topographique portant des sinuosités.

A = surface du bassin versant = 1050 km².

P = périmètre du bassin versant = 160 km.

3.2. Indice de Gravelius (K_c) :

La forme du bassin versant influence fortement l'écoulement global et surtout l'allure de l'hydrogramme d'une pluie donnée. Un bassin allongé ne réagit pas si les conditions sont égales, comme un bassin de forme ramassée. Ces caractéristiques sont exprimées par l'indice de compacité de Gravelius. Celui-ci est égal au rapport du périmètre du bassin versant stylisé à celui d'un cercle qui aurait la même surface.

Périmètre du bassin versant

$$K_c = \frac{\text{Périmètre du bassin versant}}{\text{Périmètre du cercle de surface égale à celle du bassin versant}}$$

Périmètre du cercle de surface égale à celle du bassin versant

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \longrightarrow D = \sqrt{4A/\pi}$$

$$P = \pi D \longrightarrow P = \pi \sqrt{4A/\pi} = \sqrt{(4A) \pi^2/\pi}$$

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K_c = 0.28 \frac{160}{\sqrt{1050}} = 1.38$$

$K_c = 1.38$ d'où le bassin a une forme allongée.

3.3. Le rectangle équivalent :

C'est la notion introduite pour pouvoir comparer les bassins entre eux du point de vue de l'influence de la forme sur l'écoulement. C'est une transformation purement géométrique, le bassin devient un rectangle de même périmètre, les courbes de niveau sont des droites parallèles aux petits côtés du rectangle et l'exutoire un de ces côtés.

Soit :

l : Largeur du rectangle équivalent (km).

L : Longueur du rectangle équivalent (km).

P : Périmètre du bassin versant (km).

A : Surface du bassin versant (km²).

En tenant compte que : $K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$

$$P_R = \text{Périmètre du rectangle} = 2(L+l) = K_c \frac{\sqrt{A}}{0.28} \longrightarrow (1)$$

$$A_R = \text{Surface du rectangle} = L \times l \longrightarrow l = \frac{A_R}{L} \longrightarrow (2)$$

En remplaçant l dans (1) on aura :

$$(1) P_R = \frac{(L^2+A)}{L} = K_c \frac{\sqrt{A}}{0.28} \longrightarrow 2L^2 + 2A = K_c \frac{\sqrt{A}}{0.28} L$$

On aura : $2L^2 \cdot K_c \frac{\sqrt{A}}{0.28} L + 2A = 0$

De la résolution du Binôme on aura :

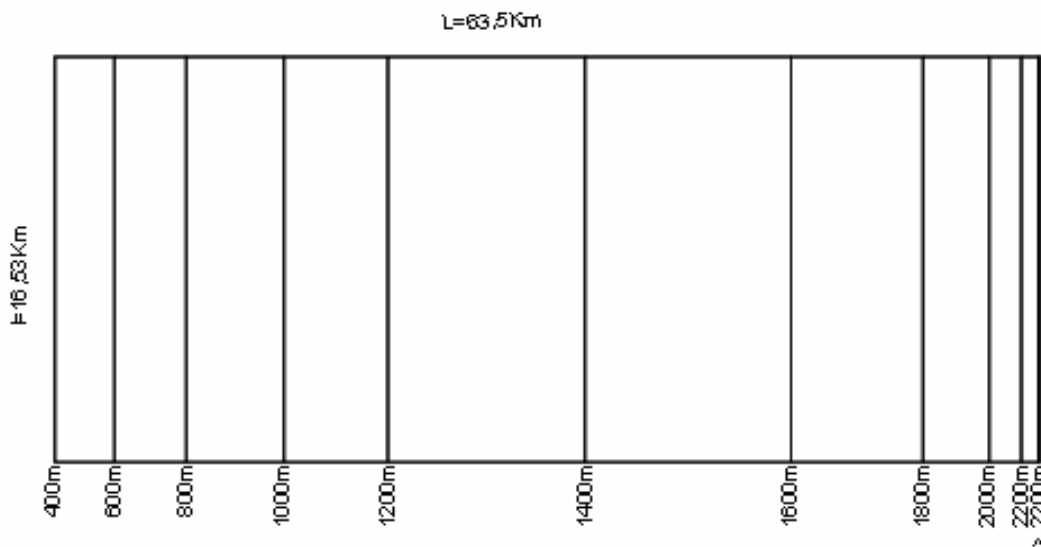
$$L = Kc \frac{\sqrt{A}}{0.28} \left[1 + \sqrt{1 + (1.12 / Kc)^2} \right]$$

En remplaçant A et Kc dans l'équation par leurs valeurs respectives, on obtient :

$$L = 63.5 \text{ km.}$$

$$l = 16.53 \text{ km.}$$

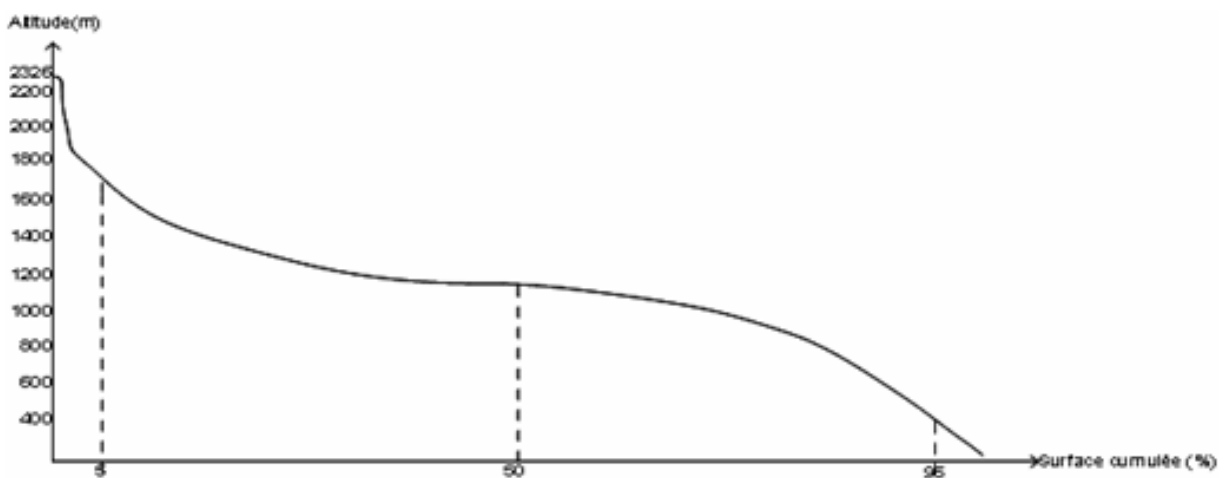
Fig.2: Le rectangle équivalent



3.4. La courbe hypsométrique :

Pour tracer la courbe on porte sur l'axe des ordonnées les tranches d'altitude et sur l'abscisse les fractions cumulées de surfaces correspondantes.

Fig.3: La courbe hypsométrique



4. Les indices de pente : Sont les indices rendant compte de l'influence de la pente sur le régime hydrologique du bassin versant.

4.1. Indice de pente de Roche (IP) : Cet indice rend compte de l'influence de la pente sur le ruissellement, il est défini à partir du rectangle équivalent :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{B_i (J_i - J_{i.1})}$$

$J_i = J_{i.1} = d_i$ (la dénivelée).

$$\text{D'où : } I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{B_i d_i}$$

L : Longueur du rectangle équivalent.

B_i : Fraction de la surface totale du bassin versant comprise entre J_i et $J_{i.1}$ donnée par la répartition hypsométrique.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{63.5}} \times 19.31 = 2.42 \text{ m/km}^2$$

4.2. L'indice de pente globale (I_g) :

Cet indice prend en compte la dénivelée D entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ par rapport à la longueur du rectangle équivalent L.

$$I_g = \frac{D}{L} \quad \text{d'où: } D = H_{5\%} - H_{95\%} = 1780 - 380$$

$$L = 63.5 \text{ km} \quad I_g = \frac{1400}{63.5} = 22.04 \text{ m/km}$$

4.3. L'indice de pente moyenne (I_m) :

C'est le rapport entre la dénivelée totale du bassin versant et la longueur du rectangle équivalent L.

$$I_m = \frac{D}{L}$$

D'où : $D = H_{\text{max}} - H_{\text{min}} = 1780 - 295 = 1485 \text{ m}$.

$$L = 63.5 \text{ km} \quad I_m = \frac{1485}{63.5} = 23.38 \text{ m/km}$$

Apparemment la pente est très importante vu le relief accidenté qui domine sur la majorité du terrain, ce qui à une influence directe sur la vitesse d'écoulement donc sur l'énergie cinétique produite, ce qui causera sans doute une érosivité très élevée sur un matériel érodable.

4.4. La dénivelée spécifique :

$$Ds = Ig \times \sqrt{S}.$$

$$Ds = 22.04 \times 32.40 = 714.096 \text{ m.}$$

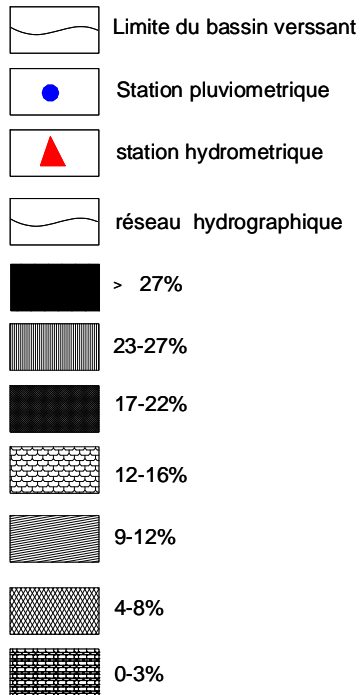
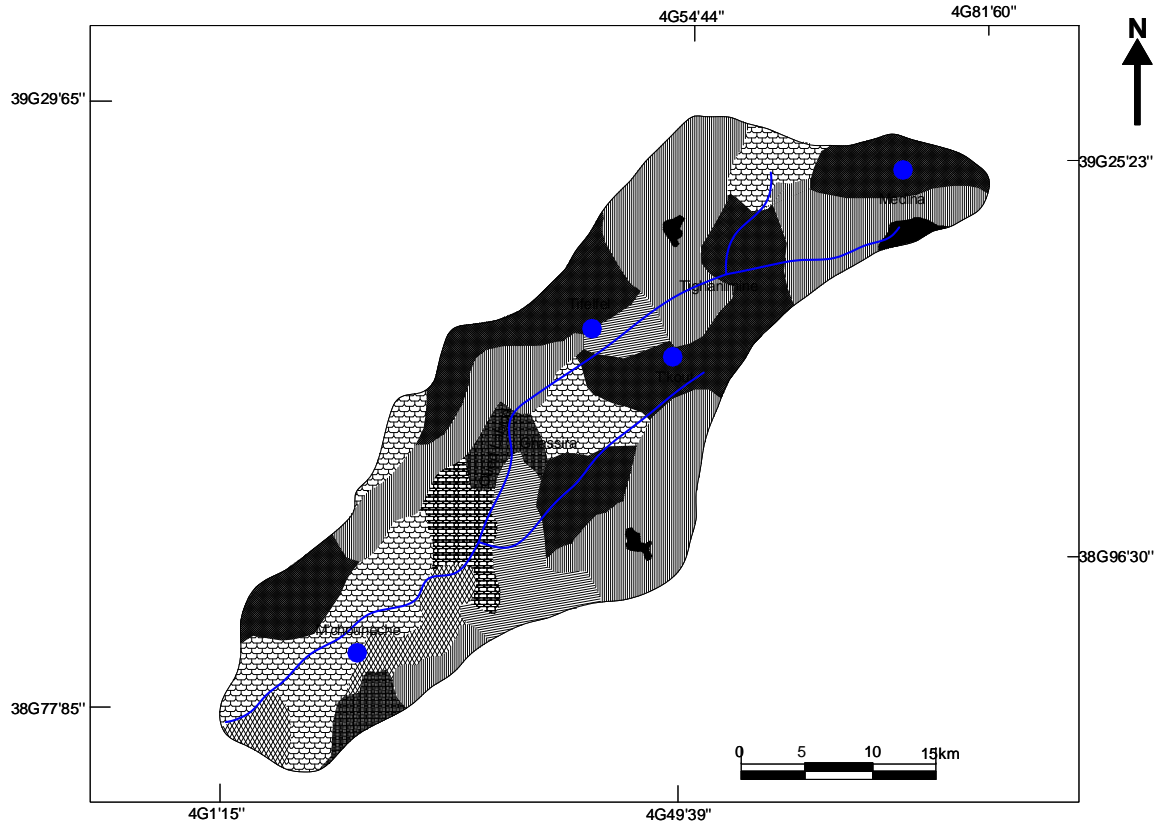
D'où : le relief est très fort d'après la classification de l'ORSTOM.

Tableau 2 : La classification de l'ORSTOM

Classe de relief	DS (m)	Type
R ₁	DS < 10	Très faible
R ₂	10 < DS < 25	Faible
R ₃	30 < DS < 50	Assez faible
R ₄	60 < DS < 100	Modéré
R ₅	110 < DS < 250	Assez fort
R ₆	260 < DS < 500	Fort
R ₇	DS > 500	Très fort

Carte N° :

Carte des pentes du bassin versant OUED LABIOD



5. Les caractéristiques du réseau hydrographique :

5.1. Classification des talwegs :

La classification utilisée, est celle de Schum qui définit un ordre de tronçons de talwegs à partir d'une règle simple : "d'ordre x + 1, tous tronçons de talweg formés par la réunion de deux cours d'eau d'ordre x".

Tableau 3 : **Classification, nombre de cours d'eau et leur longueur**

Ordre	Nombre	Longueur (km)
1	8904	2500
2	3789	1315
3	1046	542
4	270	280
5	56	147
6	9	82
7	2	48
8	1	21

5.2. La densité de drainage Dd :

Elle est définie comme le rapport de la longueur totale des cours d'eau de tout ordre à la surface drainée soit :

$$Dd = \frac{L}{A}$$

L: Longueur totale des cours d'eau (km).

A: Surface du bassin versant (km²).

$$Dd = \frac{4935}{1050} = 4.7 \text{ km/km}^2$$

5.3. Coefficient de torrentialité Ct :

Il est défini comme suit :

$$Ct = F_1 \times Dd.$$

D'où : N_1

$$F_1 = \frac{N_1}{A}$$

N_1 : Nombre de talweg d'ordre 1.

A : Surface du bassin versant km².

Dd : Densité de drainage km/km².

$$F_1 = \frac{8904}{1050} = 8.48 \quad \text{d'où : } Ct = 8.48 \times 4.7 = 39.85$$

5.4. Le temps de concentration T_c :

C'est le temps que met une particule d'eau tombant sur le point le plus éloigné de l'exutoire.

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8 \sqrt{H}} \quad (\text{Giandotti}).$$

A : Superficie du bassin versant.

L : Longueur du talweg principal = 40 km.

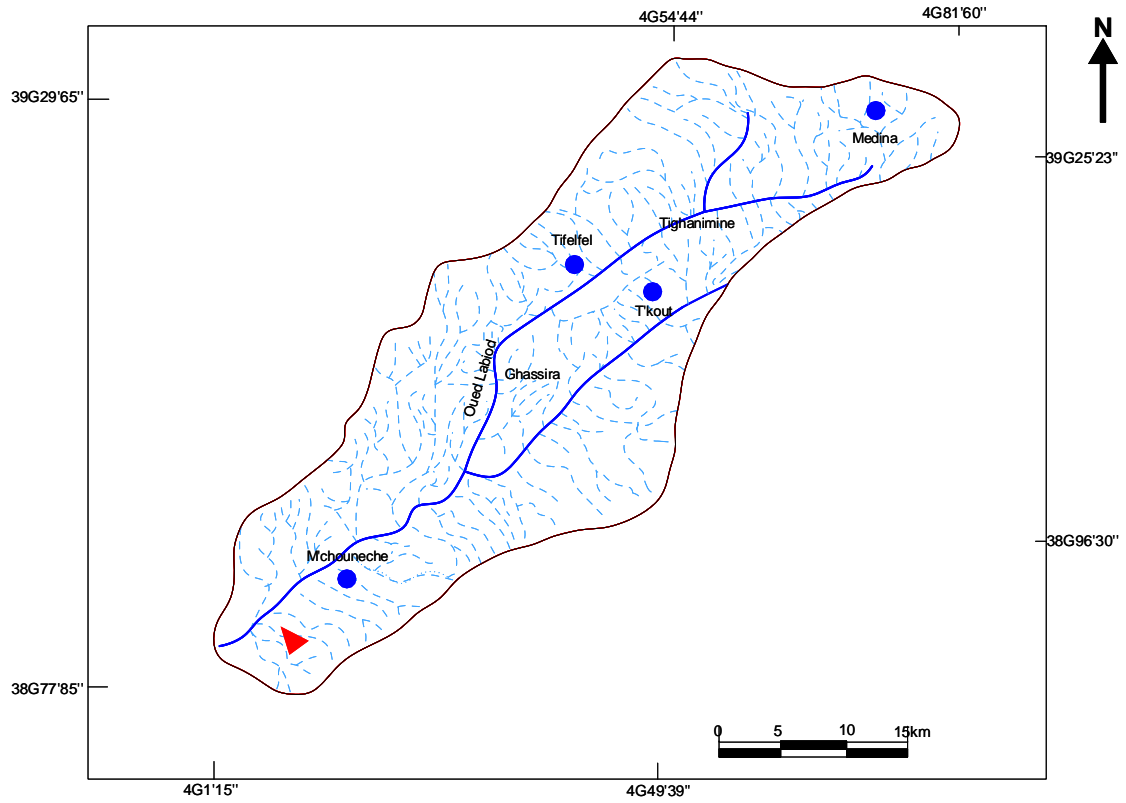
H : H moy - H min \longrightarrow H = 1170 - 295 = 875m.






Donc : $T_c = 9.5$ heures.

Les résultats des caractéristiques morphométriques, montrent que la densité de drainage est assez importante, d'où le réseau est très développé, de plus le coefficient de torrencialité semble assez élevé ceci est due certainement au nombre considérable de talwegs de premier ordre ainsi que les sinuosités qu'ils forment. Quant au temps de concentration, il semble important (long) puisque le temps qu'a mis une particule d'eau pour arriver au point le plus éloigné de l'exutoire est 9h50min. Ceci, explique la complication des chenaux qui traversent les différentes structures et formations d'une part et la forme allongée du bassin versant de l'autre, sachant que la longueur du talweg principale est de 85km.

Carte N° :

carte du réseau hydrographique du bassin versant Oued Labiod



-  Limite du bassin versant
-  réseau hydrographique principal
-  Station pluviométrique
-  station hydrométrique
-  réseau hydrographique secondaire

6. Les caractéristiques géologiques et lithologiques :

L'étude géologique du terrain a le plus souvent pour objet de classer les matériaux selon leur résistance et plus ou moins leur perméabilité ; celle-ci intervient de façon directe sur la réponse du b.v. lors des crues ou le soutien qu'elle apporte aux débits d'étiage par les nappes souterraines, de plus elle apporte beaucoup d'indications sur l'érodibilité du matériau rocheux, indispensables à l'évaluation de l'érosion, le transport solide, et l'envasement du barrage. Le b.v. de l'Oued Labiod s'inscrit dans l'évolution générale de l'atlas Saharien en général et du massif des Aurès en particulier. Il n'est pas question ici de revenir sur la longue histoire géologique de la région mais simplement donner quelques indications sur les caractéristiques du matériau rocheux constituant le b.v et leur influence sur le comportement du réseau hydrographique. Les formations essentielles appartiennent au Crétacé et l'Eocène. Il s'agit surtout d'une alternance de calcaire et marne et parfois quelques grès sur une épaisseur de 8000m environ. Ces formations sont fortement ployées en une série d'anticlinaux et synclinaux d'exposition générale Nord-est / Sud-ouest.

Cette première série lithologique est surmontée en disconcordance par des formations plus récentes appartenant essentiellement au Miocène et au Pliocène caractérisées par des conglomérats, des argiles et des sables. Ces dernières se localisent surtout vers le Sud du b.v.

Fig.4 : Coupe géologique du bassin versant

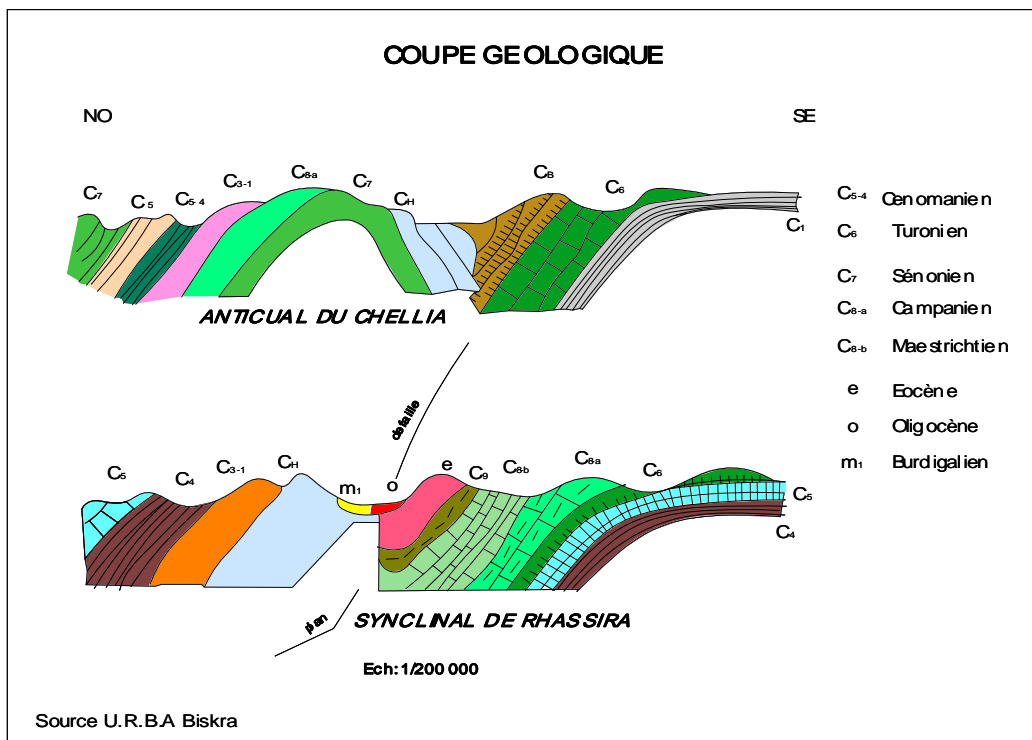


Tableau 4 : Les caractéristiques des matériaux du b.v

Formations	Résistance à l'érosion	Perméabilité
Calcaire fissuré	Très résistant	perméable
dolomie	Très résistant	imperméable
grès	Très résistant	Semi-perméable
Calcaire-gréseux	résistant	Semi-perméable
Calcaire-marneux	résistant	Semi-perméable
Quaternaire	Résistance moyenne	perméable
marne	Non résistant	Perméabilité faible
galets	Résistance moyenne	perméable
graviers	Résistance moyenne	perméable
éboulis	Résistance moyenne	perméable

Théoriquement, la répartition lithologique du b.v. montre des zones à érodibilité moyenne à faible au Nord et d'autres secteurs à érodibilité forte au sud en raison de la lithologie favorable qui coïncide avec l'absence du couvert végétal, ce qui favorise un ruissellement violent et donc l'érosion sera plus ou moins importante. Pour une meilleure évaluation des risques qui menacent notre b.v, on a opté pour la division de ce dernier suivant les caractéristiques dominantes et leur influence sur le comportement du b.v.

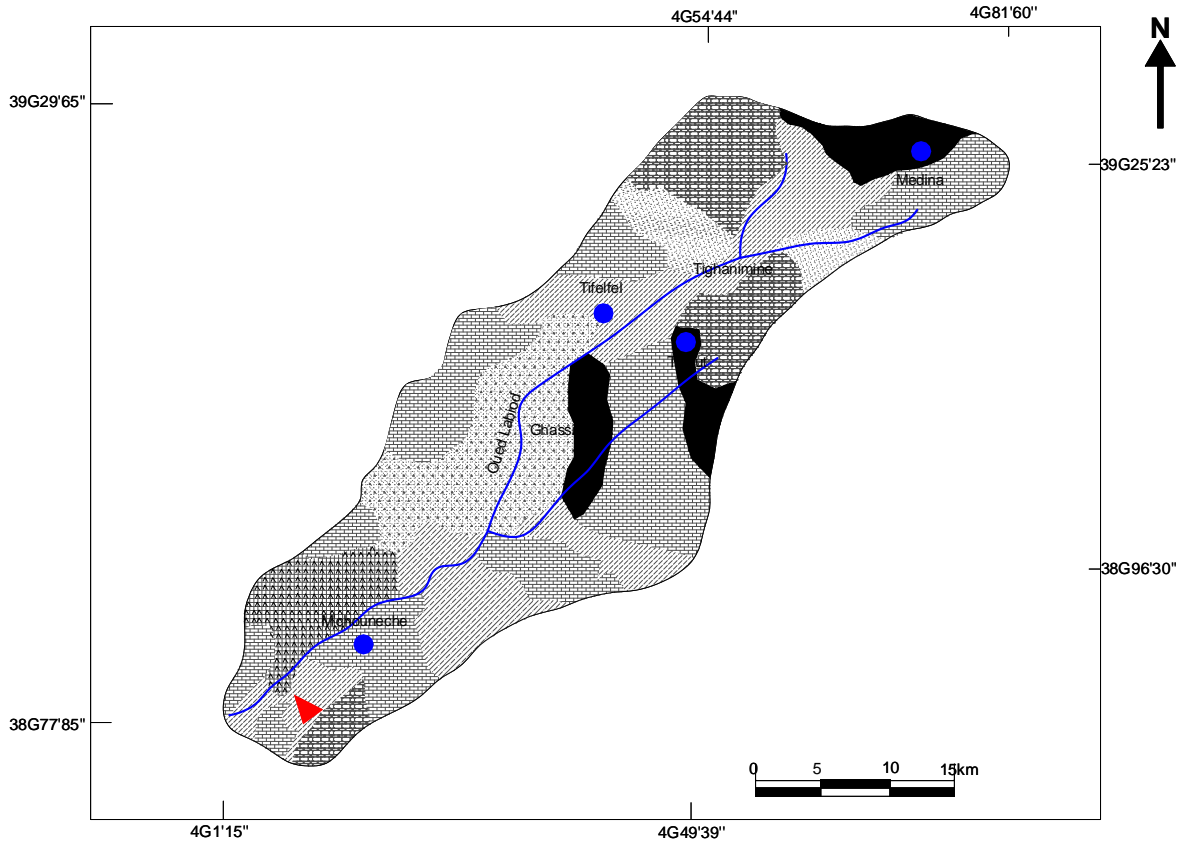
Tableau 5 : Les différentes caractéristiques du bassin versant


Bassin	Bassin supérieur	Bassin moyen	Bassin inférieur
Altitude (m)	2326-1473	1473-880	880-250
Surface (ha)	47200	41300	41200
pente%	Très forte	forte	Moyenne à forte
Végétation (ha)	30967	15800	8000
limite	D.J.Chelia aux gorges de Tighanimine	Gorges de Tighanimine à Ghassira	Ghassira à Foum El Gherza
lithologie	Grès-marne rouge- Calcaire dolomitique	Marne-gypse-calcaire-grès-conglomérats	Marne rouge-calcaire-gypse-sable rouge-sable grossier Grés sableux


Source : Mémoire (Baazi. H. 2002)

Carte N° :


Carte lithologique du bassin versant OUED LABIOD



 Limite du bassin versant

 Station pluviométrique

 station hydrométrique

 réseau hydrographique

 calcaire


 marne-sableuse

 grès

 formations quaternaire

 dolomie

 marne

 marne-gypse
sable-conglomérats

6.1. La tectonique :

Le massif des Aurès possède une structure généralement assez simple, il est constitué du :

-Synclinal de Ghassira : qui est le plus important des Aurès et prend naissance au Sud-est du bassin de Loutaya, sa partie inférieure est occupée par des poudingues Paléocène que l'érosion quaternaire a mis en relief dégageant à leur périphérie les sables du Pontien, dans le bas synclinal affleurent notamment au Nord de M'chounèche les sables et les argiles du Pontien, ces derniers sont conservés dans des ravins entaillés dans le calcaire de Maestrichtien conservant ainsi un réseau hydrographique. Le synclinal est effacé par un repli anticlinal traversé très net, recoupé perpendiculairement par Oued Labiod en gorges très étroites et profondes. Contrairement au flanc Nord, le flanc Sud-ouest est faillé ce qui affecte les grès du Pontien à la partie Nord-est de l'anticlinal sur la rive droite de l'Oued Labiod. A la sortie des gorges, les grès et les argiles du Pontien sont presque relevés à la verticale, une conséquence de ces plissements transversaux a été le creusement de gorges de l'Oued Labiod sur l'emplacement des anticlinaux.

-Le synclinal dans sa partie Nord-Ouest est très régulier, ses bords sont formés par les calcaires Maestrichtiens qui constituent les crêtes de Lahmar Khadou. Le centre est occupé par le Nummulitique (marnes, calcaires marins) à la base et par des couches rougeâtres Lutétiennes et surtout post Lutétiennes au sommet. Tout cet ensemble est recouvert de Miocène marin au Sud de T'kout.

-Le synclinal est affecté par un léger repli anticlinal au Nord, l'axe s'abaisse rapidement vers le mont Chélia (2326m) suite à un accident, il butte contre le Crétacé inférieur en une faille provoquant une dénivellation d'environ 500m.

Le périmètre d'étude est constitué d'une série puissante de rides parallèles, orientée Nord-est/ Sud-ouest. Ces plis serrés, dessinent de longues arêtes rectilignes, faites de crêtes séparées par des vallées profondes et parallèles, entre lesquelles se sont enfoncés des Oueds (Abdi, Labiod, El Arab, El Kantara).

7. Les caractéristiques pédologiques :

D'après Djebaili et al, 1983 ; Halitim, 1988 ; Kadi Hanifi, 1998, la zone d'étude est caractérisée par deux types de sols :

7.1. Les sols minéraux brutes : ou sols très peu évolués, localisés principalement sur les sommets et sont soumis à une érosion hydrique intense. Ces sols caractéristiques des forêts et matorrals, comportent :

Les lithosols sur roches dures (grés, calcaire), les régosols sur roches tendres (marne, calcaire marneux) et les sols minéraux brutes d'apport alluvial dans les lits des Oueds caillouteux.

7.2. Les sols peu évolués : constitués généralement de :

Sols d'origine colluviale sur les piémonts et les glacis, sols d'origine alluviale dans les lits des Oueds et les zones d'épandage.

Tableau 6 : Les types de sols dans le bassin versant

Classe	Sous - classe	Groupe	Sous - groupe	Famille	Unité cartographique	Unité
Sols minéraux	Non climatique	D'érosion	lithosols	Dolomie-calcaire dure	Simple ou en association	1-2
Sols peu évolués	Non climatique	D'érosion	lithiques	Roche dures	complexe	2
			régosols	Roches tendres	complexe	3
		D'apport	alluvial	Matériaux fins basiques	simple	5

Source : Hala. A., 2003

Donc, on constate que les sols dominants sont de type 1-2-3 et 5 suivant la classification Française des sols (Duchauffour).

Les données couvrant l'ensemble du bassin versant sont indisponibles, c'est pourquoi, on va se contenter des études de : Djebaili et al, 1983 ; Halitim, 1988 ; Kadi Hanifi, 1998.

8. Les caractéristiques du couvert végétal :

La forêt dans le bassin d'étude s'est réduite en superficie et s'est appauvrie en biomasse et en biodiversité. Il y a une trentaine d'années, les terres forestières de la région étaient estimées à des milliers d'hectares, avec des centaines d'hectares couverts effectivement de forêts. L'évaluation récente des ressources forestières estime qu'il existe près de 300000hectares de superficies forestières. Le taux annuel de déforestation entre 1990 et 2001 a été de l'ordre de 114.000 ha.

8.1. La forêt : Le caractère particulier de la forêt est en rapport, d'une part avec sa grande hétérogénéité biogéographique, historique, climatique et physionomique et, d'autre part avec son instabilité et sa vulnérabilité liée à la fois à l'environnement et à l'activité humaine.

Elle occupe actuellement une superficie totale de 29050455 hectares administrés par trois districts :

-District d'Ichemoul : gère le Nord du b.v, constitué de forêts domaniales avec une superficie de 5014726hectares.

-District de T'kout : s'occupe de la partie Sud du b.v, comprend la forêt domaniale de Bouslimane et Ghassira, occupant ainsi 9098447 hectares.

-Circonscription d'Arris : gère la partie centrale du b.v, toujours couverte de forêt domaniale avec une superficie de 14935282hectares.

En général, les forêts de pin d'Alep se situent au niveau de Dj.Zellatou et s'étendent sur 8176296 hectares, contrairement aux maquis qui n'occupent que 2021625 hectares.

8.1.1-Le Cèdre (*Cedrus*) : est l'espèce endémique des monts des Aurès, les principaux facteurs qui déterminent la zone sont le climat et l'altitude.

8.1.2-Le chêne vert (*Quercus ilex*) : se présente sous divers faciès de végétation, il est en mixture en hauteur soit avec le cèdre, soit avec le pin d'Alep, soit avec le genévrier d'oxycèdre.

8.1.3-Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) : se développe dans une série beaucoup plus vaste, on le rencontre dans les zones à haute altitude (versant Sud), entre les étages bioclimatiques semi-aride et subhumide.

8.1.4-Le Genévrier oxycèdre et Genévrier de Phénicie (*Juniperus oxycedrus* et *Juniperus Phoenicea*) : ces deux types de formations peuvent être distinctes aisément. L'une se situe en altitude est comprend le genévrier oxycèdre en mixture avec le chêne vert formant ainsi des maquis, l'autre formation est composée de genévrier de Phénicie. Ce dernier est principalement localisé sur les versants chauds et secs, généralement sur les calcaires et même sur du gypse.

8.2. Les parcours : occupent une superficie totale de 4783180 hectares, par mis ses espèces fourragères on trouve :

8.3. L'alfa : c'est une plante qui peut croître dans le climat semi-aride et froid, surtout au dessous des sols légers et caillouteux.

8.4. Les prairies : c'est des terres très humides réservées au pâturage et qu'on trouve dans les dépressions souvent inondables, elles couvrent une superficie de 20 hectares.

8.5. Les terres improductives : se sont des terres non praticables à cause de leur :

-Infertilité (des terres plus éprouvées et moins fertiles).

-Situation (proche d'une route, zone d'agglomération, zone dégradée).

-Relief (pente forte, topographie complexe).

Ces terres occupent 2770065 hectares.

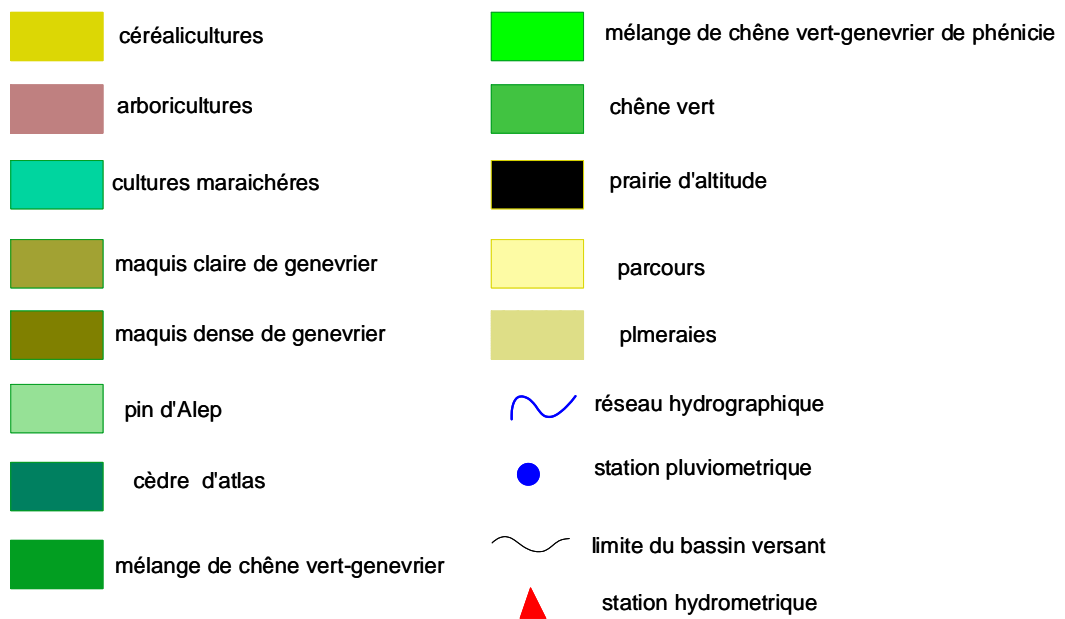
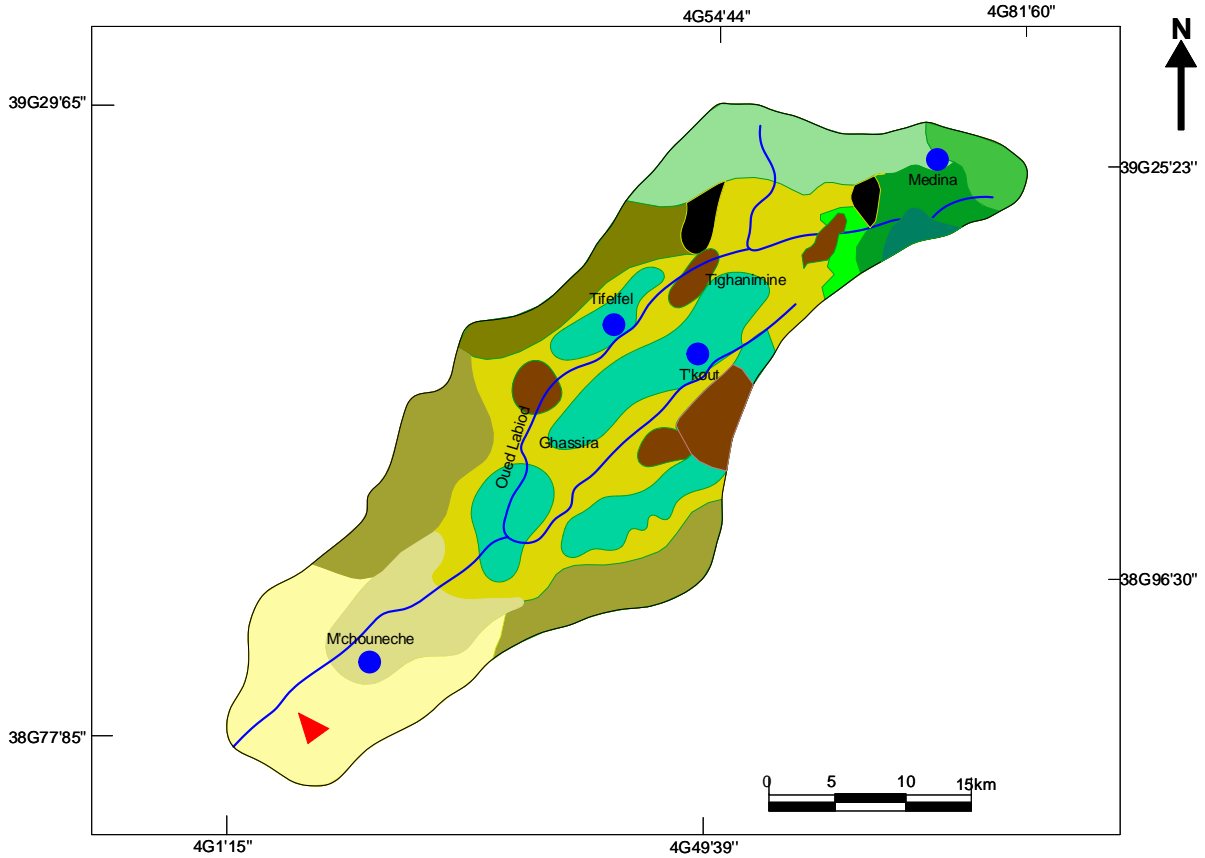
8.6. L'arboriculture : dans la zone d'étude les arbres fruitières à pépins sont dominants et surtout le pommier due aux conditions favorable et son intérêt économique. Les vergers sont localisés au niveau des terrasses où le nombre de forage et de puits et important. Cette culture occupe une surface de 2283ha.

8.7. Céréaliculture : se sont des terres riches et fertiles que l'on trouve sur les pentes légères (0 à 3%) au niveau des terrasses. Ces terres couvrent une surface de 12200ha, dont le blé dur occupe 4600ha et le reste pour l'orge.

8.8. Cultures maraichères : dans la zone d'étude les cultures maraichères occupent une surface de 787ha, souvent cultivée d'ognon, ail et pomme de terre.

Carte N° :

Carte d'occupation du sol dans le bassin versant OUED LABIOD



9. Les caractéristiques géomorphologiques :

Cette étude a pour objet de faire une analyse morphodynamique sur le rôle que peut jouer la dynamique fluviale et l'action des versant sur l'aléa érosion. Ce volet aurait pu être consolidé avec des coupes et figures prises sur le terrain mais pour des raisons de sécurité on n'a pas pu faire mieux. C'est pourquoi, on va se contenter d'une description théorique prise des études précédentes (Mémoire : S.Baaziz et Khatab.A, 2006). D'une manière générale le bassin versant est constitué de plusieurs formes issues des eaux courantes à travers l'Oued et ces affluents dont on distingue :

9.1. Les terrasses :

Les systèmes de terrasses sont peu développés, en particulier en altitude, c'est à proximité des piémonts que leur distinction est plus facile.

On peut dire que les terrasses alluviales sont les plus répandues, elles sont constituées de galets, cailloux, sable,...

Quant aux terrasses étagées, elles prennent part un peu plus en aval. La basse terrasse est souvent cultivée, donc elle est soumise au risque d'érosion lors des crues ; elle constitue un enjeu socio-économique important pour les habitants.

9.2. La dynamique fluviale :

L'érosion s'exerce comme suit :

-Sur le fond du lit : par creusement et érosion verticale.

-Sur les rives de l'Oued : par sapement de berges, érosion latérale, élargissement du lit ainsi que la formation de méandres. Ces processus permettent de distinguer les formes suivantes :

9.2.1-Le lit majeur (d'inondation) :

C'est toute la zone inondée par l'Oued et qu'il peut aussi recouvrir d'alluvions récentes, Il est restreint en amont et très vaste en aval avec une largeur variant de 6 à 25 m constitué vraisemblablement par des galets, cailloux et sable.

9.2.2-Le lit ordinaire (apparent) :

C'est l'alvéole situé entre deux berges, occupé par des matériaux transportés et roulés par les eaux, il peut être ainsi facilement modifier du fait qu'il soit exploité par l'homme et occupé par la végétation, sans oublier la charge transportée et le sapement latérale, c'est pourquoi il est le plus souvent constitué de galets, graviers et cailloutis.

9.2.3-Le chenal d'étiage :

Il n'occupe qu'une petite portion du lit apparent, il sinue vers l'intérieur et va d'une rive à l'autre.

Il n'ya pas de berges nettes qui le limitent.

9.2.4-Les chenaux multipliés :

Puisque les débits varient suivant la section qu'ils traversent le long de l'Oueds, beaucoup de chenaux naissent dont on peut distinguer :

9.2.5-Les méandres :

C'est des formes sinueuses qui résultent de l'accélération et la concentration de l'érosivité sur la rive concave, d'où le lit mineur prend la même forme. La rive concave est la rive d'attaque, la rive convexe est souvent basse où la rivière y dépose sa charge, l'attaque se fait toujours dans la même direction et les méandres ont tendance à migrer vers l'aval en s'accroissant, ces derniers se renferment sous en bras mort, faux bras pour prendre ensuite la forme d'un étang en croissant qui se comble progressivement tandis que la rivière reprend provisoirement un tracé rectiligne.

On constate aussi que l'évolution de cette forme est plus ou moins rapide, dû à la pente du lit de l'Oued, la rugosité, la nature lithologique ainsi que les matériaux transportés.

Les enjeux situés dans cette partie du méandre sont soumis au risque d'inondation et d'érosion.

9.3. Les cours d'eau à chenaux anastomosés :

C'est le fruit d'un écoulement turbulent, il peut être fluvial en alternance avec le tressage en amont.

9.4. Les cours d'eau à chenaux en tresses :

Le tressage est le résultat d'un écoulement perturbé, dans ce style, on constate que la mobilité des formes ainsi que la nature et l'abondance du transit de la charge de fond sont les traits dominants.

9.5. Les cours d'eau à chenaux rectilignes :

L'écoulement tranquille se présente lors que les pluies ainsi que la fonte des neiges offrent un caractère plus régulier. Lors de l'apparition des bancs en eaux moyennes dans les chenaux sinueux, il est très délicat de distinguer entre lit à méandre et celui à tresse. Ce dernier est caractérisé par des bancs d'alluvions non boisés mais les formes de transition incluent des accumulations plus ou moins boisées.

Tableau 7: Tableau récapitulatif

Surface (A)	1050 km ²
Périmètre (P)	160 km
Indice de Gravelius (Kc)	1.38
Largeur du rectangle équivalent (l)	16.53 km
Longueur du rectangle équivalent (L)	63.5 km
Altitude maximale (H _{max})	2326 m
Altitude minimale (H _{min})	295 m
Altitude moyenne (H _{moy})	1400 m
Altitude médiane (H _{50%})	1170 m
Altitude 5% (H _{5%})	1780 m
Altitude 95% (H _{95%})	380 m
Indice de pente de Roche (Ip)	2.42 m/km ²
Indice de pente globale (Ig)	22.04 m/km
Indice de pente moyenne (Im)	23.38 m/km
Dénivelée spécifique (DS)	714.096 m
Densité du drainage (Dd)	4.7 km/km ²
Coefficient de torrentialité (Ct)	8.48
Temps de concentration (Tc)	9.5 heures
Longueur du talweg principal	85km

Conclusion :

Le bassin versant de l'Oued Labiod représente l'un des plus grands bassins du massif des Aurès (Est Algérien) sur un impluvium de près de 1050 km².

De par ses dimensions et ses composantes naturelles, il représente les caractéristiques d'une zone semi-aride favorable à une érosion accentuée : pentes raides, couvert végétal dégradé, relief dont la nature lithologique est favorable à la dégradation et des pluies plus au moins torrentielles et irrégulières, engendrant des répercussions directes à l'amont, par des pertes de sols et des ravinements intenses, et à l'aval, par l'envasement de barrage.

Chapitre 2

L'aspect socio-économique

Malgré les efforts déployés, en montagne dans les zones semi-arides, ces dernières restent sous-équipées et la disproportion entre les ressources naturelles et les besoins des populations qui y habitent ne fait que s'amplifier ces dernières années. Cette étude vise à ressortir les enjeux ayant une influence directe sur le phénomène érosion.

1. Caractéristiques humaines et sociales :

Pour une meilleure intervention sur le plan aménagement, il est souvent conseillé de lier ces opérations de développement vis avis des aptitudes du milieu qu'elle soit naturelles ou humaines.

1.1. Historique :

Entre 880 - 146 avant J.C bien que l'Afrique du nord soit occupée par les Phéniciens et les Berbères, la région d'Arris semblait leur échapper en raison d'absence totale d'indices prouvant le contraire. A l'encontre des Phéniciens les Romains ont construit une forteresse dans la région entre 146 avant J.C et 341 après J.C.

Actuellement, il existe des vestiges Romains dans la région et les habitants s'en sert pour construire les murs de leurs maisons.

A l'époque Turque entre 1525 et 1830, la région était soumise à l'autorité du Bey de Constantine, cette même période avait connu l'arrivée d'une tribu d'Ouled Daoud qui s'implanta dans les Mechtas, et les décheras d'Arris. Lors de l'occupation Française, la commune d'Arris s'établi à T'kout en 1918 et ce n'est qu'en 1924 qu'elle s'implanta définitivement à Arris, sachant que le chef lieu de la Wilaya (Batna) à été prise en 1844.

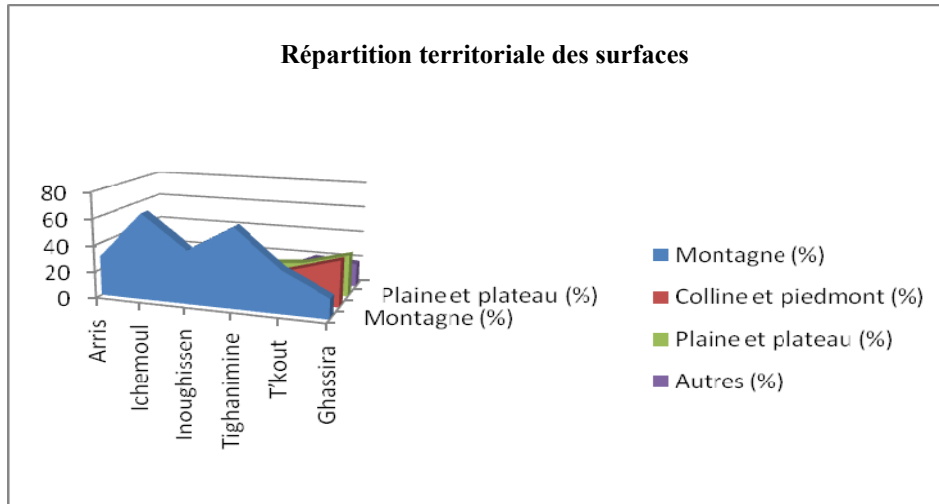
Aujourd'hui, Arris est une Daïra de la Wilaya de Batna, elle regroupe deux communes ; Arris et Tighanimine. Elle est située au sud.est du chef lieu de la Wilaya à une soixantaine de km environ, elle s'étend sur une surface de 151.78km² et abrite une population de 26193 habitants.

Elle est limitée au nord par Oued Taga, au sud par Tighanimine, à l'est par Foug Toub et Ichemoul et Thniet el Abed à l'ouest.

Tableau 8 : Répartition territoriale des surfaces

Commune	Arris	Ichemoul	Inoughissen	Tighanimine	T'kout	Ghassira	Total
Surface(km ²)	151.78	123.67	72.77	127.24	185.37	234.53	895.36
Montagne(%)	30	65	40	60	32	15	40.33
Colline et piedmont(%)	25	20	20	15	25	35	23.33
Plaine et plateau (%)	40	15	25	20	23	32	25.83
Autres(%)	5	5	15	5	20	18	10.50

Source : B.N.E.F.



Ainsi, nous distinguons que plus de 40% de la surface totale est occupé par des montagnes, à l'exception de ces communes il ya des agglomérations qui jouent le rôle de relais entre ces dernières et les zones éparses pour le seul but de stabiliser la population. A titre d'exemple citons celle d'El Hadjaj à Arris, Médina à Ichemoul et Chenaoura à T'kout.

1.2. La répartition spatiale de la population :

D'une manière générale, la répartition de la population est d'autant plus maîtrisée par les conditions naturelles telles que le climat, le relief mais elle est aussi soumise à ses besoins.

Elle est concentrée autour de la vallée (sur les rives de l'Oued et les piémonts), où les terrasses sont cultivées, les terres fertiles et faciles à exploitées et les sources d'eau proches des agglomérations.

La densité et la répartition de la population sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Répartition et densité de population

Commune	Surface (km ²)	Population	Agglomeration	Zones éparses	Densité (hab/km ²)
Arris	15178	29299	23.963	2.230	172.57
Tighanimine	12724	4445	1.934	2.043	31.26
T'kout	18537	2840	10.475	670	60.12
Ghassira	23453	1726	5.884	986	29.29
Ichemoul	12367	2837	6.460	3.949	84.17
Inoughissene	7277	1143	2.629	1.174	56.38
Total	89536	42290	51.345	11.352	70.02
%		100	81.89	18.11	

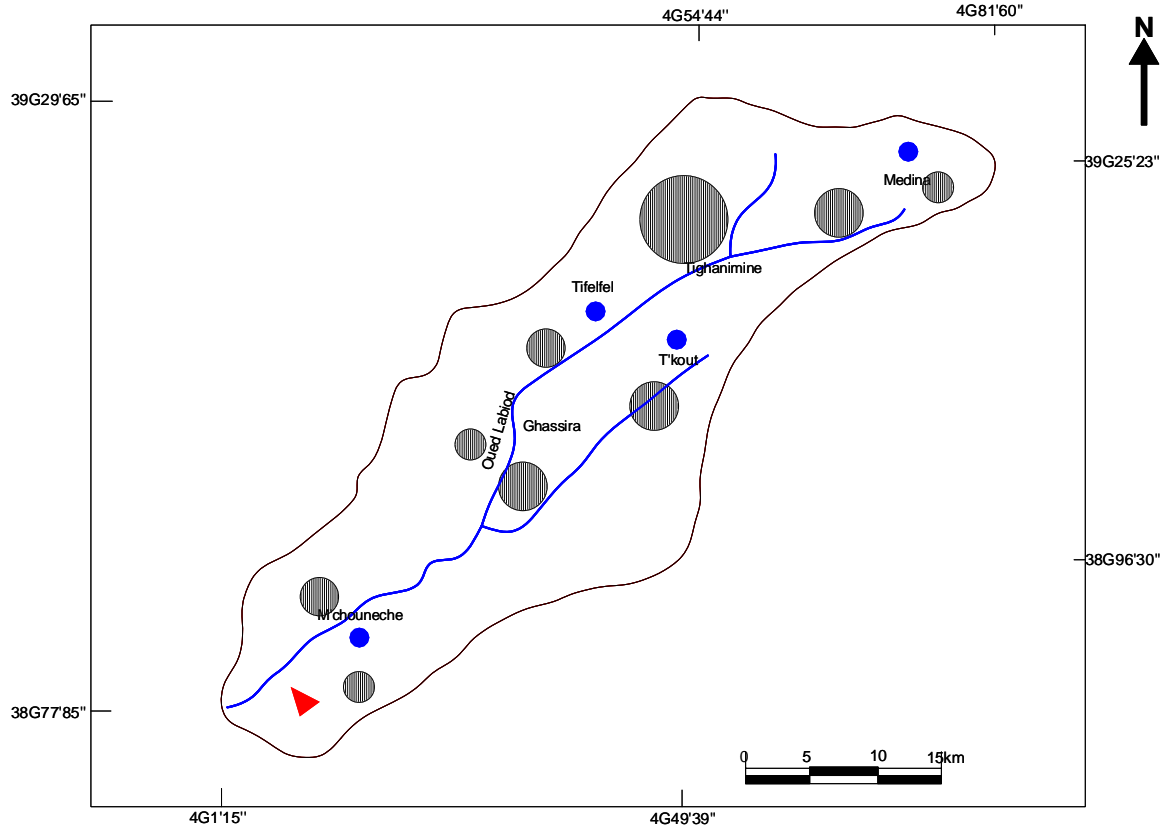
Source: D.P.A.T. Batna.









La densité de population dans le bassin d'étude apparait nettement bien au niveau des Daïra ou les grandes agglomérations souvent mieux équipées en matière d'infrastructures et surtout proches des routes, facilitant ainsi leurs déplacement et favorisant leurs activités commerciales, s'ajoute à ceux là la qualité des services offerts (santé, sécurité, éducation...).

Donc, la densité de population est non seulement liée aux conditions physico-climatiques, mais à celles socio-économiques aussi. Cette répartition pose des problèmes réels pour ces zones excessivement urbanisées, puisque lors des périodes pluvieuses, notamment pour les débits générés à récurrence rare comme nous le verrons plus loin.

Carte N° :

Carte de la répartition de la population dans le bassin versant OUED LABIOD



-  réseau hydrographique
-  station pluviométrique
-  limite du bassin versant
-  station hydrométrique
-  < 5000 habitants
-  5000-10000 habitants
-  10000-20000 habitants
-  > 25000 habitants

1.3. Evolution de la population :

Les communes précédemment citées, ont beaucoup évolué et ont marqué un taux de croissance considérable grâce au développement économique et administratif qu'elles ont connu.

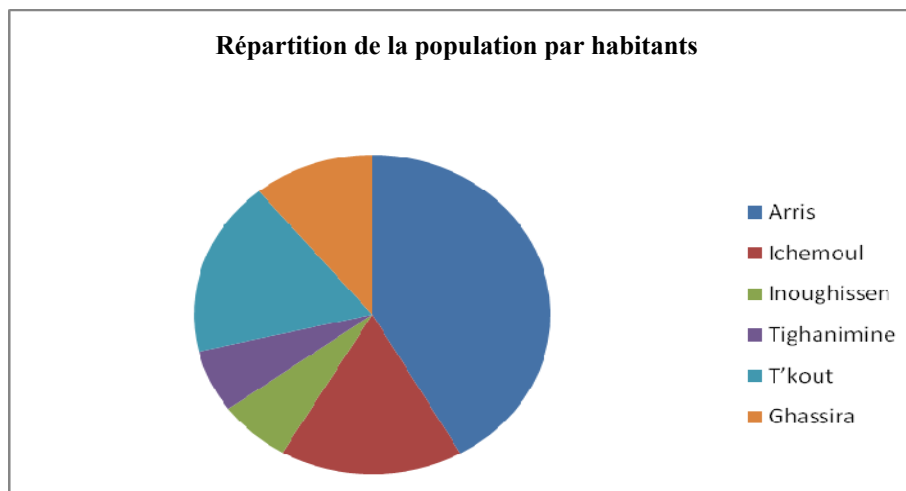
Le tableau suivant montre l'évolution de la population à travers les différentes communes.

Tableau 10 : **Evolution de la population**

Commune	L'année2000	L'année2005	Taux d'accroissement
Arris	26139	29299	3.106
Ichemoul	10409	11655	1.246
Inoughissen	4103	4586	0.483
Tighanimine	3977	4445	0.468
T'kout	11145	12465	1.32
Ghassira	6870	7682	0.812

Source : D.P.A.T 2005.

On constate que le taux d'accroissement est considérable dans les grandes communes où les conditions de vie sont favorables due probablement au développement économique qu'elles ont connues, et la qualité de services offerts. Contrairement aux petites communes qui manquent encore d'infrastructures et restent marginalisées par l'état.



1.4. Population active et occupée :

On général, les communes de la zone d'étude sont rurales d'où l'activité principale est l'agriculture.

Les situations d'emploi diffèrent aussi suivant la nature et la situation de la commune considérée.

Le tableau suivant représente le taux d'activité et de chômage selon les communes :

Tableau 11 : **Population active et population occupée**

commune	population	p. active	Taux d'activité	p. occupée	Taux d'occupation	p. en chômage	Taux de chômage
Arris	29299	7618	26	6406	84	1212	16
Tighanimine	4445	1064	24	857	81	207	19
T'kout	12465	2840	23	2230	79	609	21
Ghassira	7682	1726	22	1356	79	370	21
Ichemoul	11655	2837	24	2346	83	488	17
Inoughissen	4586	1143	25	984	86	158	14

Source : D.P.A.T.

1.5. Le mouvement migratoire :

En 1987, la commune d'Arris a enregistré un solde migratoire de + 0.73% (+2.83 pour le chef lieu et 8.05 pour les zones éparses), ce qui montre que la commune a reçu 1285 habitants.

Actuellement, elle enregistre un solde migratoire de + 0.31; c'est à dire qu'elle a connu un mouvement moins important (amélioration des conditions de vie) et donc moins de populations reçues avec juste 508 habitants. Les mouvements migratoires se localisent sur deux niveaux :

-Entre les communes.

-A l'intérieur de la commune elle même.

Ces mouvements sont dus au centre urbain d'Arris qui offre des conditions de vie meilleures ainsi que des possibilités de travail vu le nombre considérable d'équipements ajouté à la liberté et la facilité de circuler entre Wilaya.

En dernier lieu, on peut dire que les équipements récemment réalisés ont joué un grand rôle dans la stabilisation des populations d'où la diminution du mouvement migratoire. Il faut y voir aussi la possibilité que la commune d'Arris et les grandes commune soient saturées et n'offrent plus de possibilité d'emploi, ce qui ralenti un peu son caractère attractif. Par ailleurs, il faut envisager la possibilité que le mouvement migratoire soit développé vers d'autres destinations (inter wilaya) plus attractives.

1.6. Typologie de l'habitat :

Le centre aggloméré d'Arris est scindé en deux parties distinctes séparées par la route nationale RN31. L'habitat traditionnel est concentré dans les décheras, il est caractérisé par des maisons en pierres avec de grandes cours, ces dernières ont connus des opérations de restauration (ravalement de façades, réfection de toits,...). Ce pendant, elles gardent encore le cachet traditionnel.

Le contigu Européen est développé le long des principaux axes de la commune d'Arris, à savoir la rue Ben Boulaid et la rue Medzouji, c'est dans ces artères que le commerce est implanté constituant le noyau du centre urbain.

1.7. L'habitat collectif:

Ce type d'habitat s'est récemment implanté à l'Est de l'agglomération d'Arris et plus précisément dans le quartier de Draa Zeitoun, il est constitué en général de logements réalisés dans le cadre du deuxième plan quadriennal. Les logements d'accompagnement de lycée de type collectif se situent un peu au Sud près du siège de la gendarmerie.

Il est à noter que ce type d'habitat occupe une surface de 16.10ha.

1.8. Le recasement:

Dans la commune d'Arris, il existe trois cités de recasement datant de la période coloniale :

-Cité 1 : située au Nord du siège de l'A.P.C et occupe 0.12ha de surface.

-Cité 2 et 3 : situées au Sud du siège de la Daïra, elles occupent respectivement 0.37 et 0.51 ha.

A l'égard de leurs conceptions qui ne répondent pas aux besoins d'une famille nombreuse (grandes pièces, balcon,...), les cités occupent de grandes surfaces stratégiques.

2. Les équipements :

2.1. Les équipements administratifs :

Arris est doté actuellement de tous les équipements administratifs et de services, cependant, il n'en reste pas moins que leur implantation était fait sur les axes du noyau du centre ville, A.P.C, Daïra, sureté civile, finances, D.S.A...

A noter aussi les 05 bureaux de poste et les 03 centrales téléphoniques.

Les autres services de création plus récente, se situent au quartier de Draa Zeitoun comme les domaines.

2.2. Les équipements sanitaires :

Arris est doté aussi d'un hôpital d'une capacité de 120 lits qui occupe une surface de 16ha, ce dernier est réalisé pour répondre aux besoins de toute la Daïra, a noter aussi l'existence de polyclinique, un A.M.G et une maternité de 91 lits avec 4 salles de soins et 2 centres de santé.

Ces équipements sont répartis à travers le chef lieu de l'agglomération de sorte qu'ils puissent accueillir un nombre considérable de patients.

2.3. Les équipements socioculturels :

En dépit d'un déficit bien marqué en équipements socioculturels, la commune d'Arris dispose de :

-Un centre culturel d'une surface de 1200m².

-Une maison de jeune.

-Une bibliothèque.

-04 mosquées dont deux à déchera Arris et El Beida.

2.4. Le secteur de l'éducation :

2.4.1-Enseignement primaire :

Il existe 12 établissements répartis à travers la Daïra, avec un collectif de 3626élèves et 104 classes.

2.4.2-Enseignement moyen :

La Daïra est doté aussi de 11 établissements avec un effectif de 1323élèves.

2.4.3-Enseignement secondaire :

On trouve un lycée technique de 859élèves d'effectifs et 19 salles de travaux pratiques.

-02 établissements avec un effectif de 1739élèves et 47 salles à Arris.

-Un établissement de 13 salles et 555 élèves d'effectif à Ichemoul.

Parallèlement à l'enseignement fondamental et secondaire, il existe à Arris un C.F.P.A. englobant 248 stagiaires et 14 enseignants et 06 ateliers.

2.4.5-Les équipements de sport et de détente :

Il existe un plateau d'éducation physique appartenant au C.E.M, clôturé et aménagé qui répond aux besoins de tous les élèves, dans l'attente de l'aménagement du stade situé à Draa Zeitoun.

2.5. Le réseau routier :

Le réseau routier joue un rôle important dans la répartition des populations, non seulement il facilite leur déplacement mais aide à créer d'autres activités administratives et commerciales.

Il représente un moyen efficace et indispensable de désenclavement.

3. Caractéristiques économiques :

Il s'agit ici, de mettre en évidence les activités dominantes et leur répartition à travers le bassin versant objet d'étude.

3.1. L'élevage :

Dans la zone d'étude l'importance en matière d'élevage pratiqué est donné aux caprins en premier lieu, les ovins puis les bovins en dernier lieu, cette tendance est favorisée par le pacage dans les zones forestières.

Le tableau suivant montre la répartition de l'élevage sur les différentes agglomérations.

Tableau 12 : Répartition de l'élevage selon les communes

Commune	Ovins (têtes)	Bovins (têtes)	Caprins (têtes)
Arris	4770	202	3186
Ichemoul	4680	317	3070
Inoughissene	2870	43	4520
T'kout	7000	08	10.000
Tighanimine	1370	07	6.000
Ghassira	2840	01	11.300
Total	23.530	578	38.076

Source : D.S.A. Batna

Les produits d'élevage sont destinés au commerce qui constitue la principale source de revenu pour les éleveurs avec une consommation locale de priorité lors d'un mauvais rendement.

D'une manière générale, le cheptel se compose essentiellement de caprins, ovins et beaucoup moins de bovins.

La répartition des troupeaux suit fidèlement les conditions géographiques et climatiques. Généralement les conditions sont les mêmes pour bovins et les ovins qui se localisent au Nord du bassin versant tandis que, les caprins se trouvent dans les hautes vallées et la partie Sud du bassin versant.

3.2. Le secteur agricole :

La surface agricole est estimée à 6466ha soit 42.60% de la surface totale, dont 659ha sont irrigués soit 10.19% localisés principalement dans la vallée de L'Oued Labiod.

Cette dernière est limitée en raison des irrégularités dans les ressources en eau, les difficultés de mettre les terres en production (pentes fortes, terrain gelé,...), ce qui favorise l'apparition de cultures bien adaptées de type arboricultures (le pommier).

Tableau 13 : **Répartition de la S.A.U par commune**

Commune	Surface (ha)	Population (habitants)	S.A.U (ha)	S.A.U irrigué	S.A.U (ha/habit)	S.A.U irrigué/habit
Arris	15178	29299	7666	520	0.2616	0.0177
Tighanimine	12724	4445	4376	200	0.5845	0.0450
T'kout	18537	12465	4230	300	0.3394	0.0241
Ghassira	23453	7682	3949	140	0.5141	0.0182
Ichemoul	12367	11655	7141	550	0.6127	0.0472
Inoughissen	2777	4586	3152	200	0.6873	0.0436

Source : D.P.A.T.

On constate que la S.A.U. est élevée dans les grandes communes (Arris, Ichemoul, T'kout) probablement pour répondre à leur besoins (surface étendue et population dense), par contre reste au dessous de la moyenne dans les communes marginalisées par l'état et écartées des projets de développement (Ghassira, Inoughissen).

L'arboriculture est dominante et diversifiée (pomme, poire, abricot,...), elle est pratiquée le long de la vallée en raison de possibilité d'irrigation par contre le maraichage est très peu développé et la production ne représente qu'un faible pourcentage orienté vers l'auto consommation, à noter que ce type de culture occupe 2283ha.

Les terres agricoles sont intensivement exploitées, ce qui a permis de trouver d'autres techniques d'exploitation comme la céréaliculture qui est plutôt extensive, exigeant ainsi de vastes surfaces et peu exploitable en raison de l'absence et de la rareté de sol cultivable, de plus la topographie de la région qui ne permet pas labourage mécanique et c'est pourquoi elle est utilisée dans des parcelles.

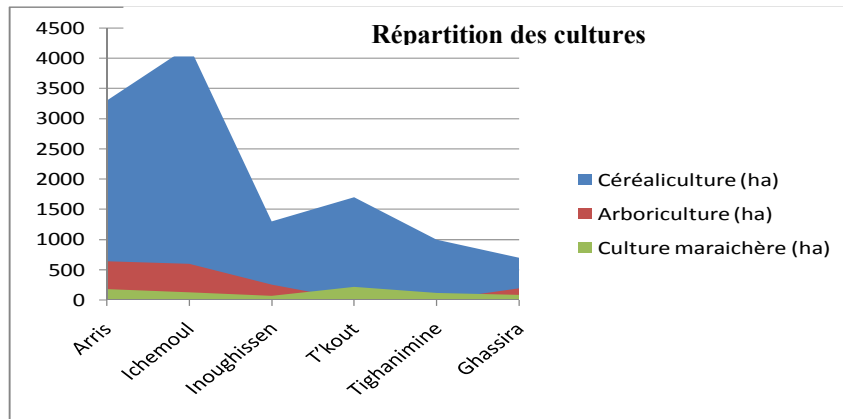
Les vergers sont localisés au niveau des terrasses de la vallée et où les forages et les puits sont très profonds.

Le tableau ci-contre montre le rapport entre la surface et la production.

Tableau 14 : **Répartition des cultures**

Commune	Céréaliculture (ha)	Arboriculture (ha)	Culture maraichère (ha)
Arris	3300	636	179
Ichemoul	4200	594	127
Inoughissen	1300	252	68
T'kout	1700	324.5	215
Tighanimine	1000	277.5	114
Ghassira	700	191	84
Total	12200	2283	787

Source : D.S.A.



Se sont des terres riches et fertiles que l'on trouve souvent sur des pentes légères (0-3 %) au niveau des terrasses le long de la vallée.

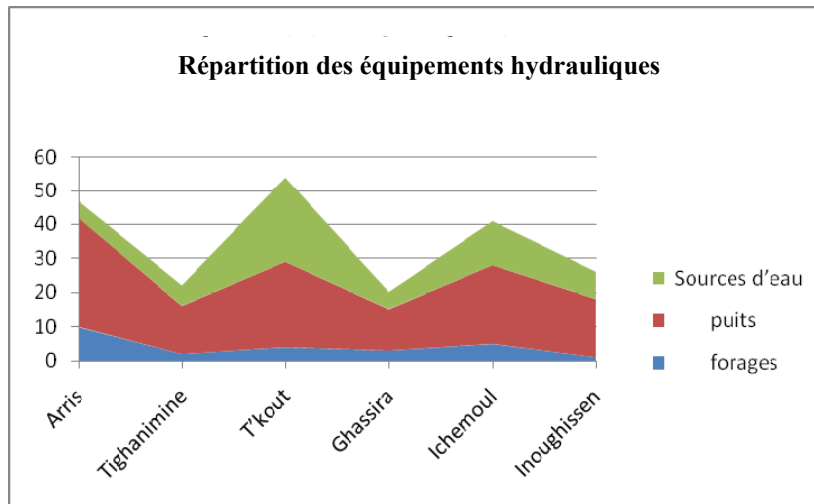
3.2.1- Les équipements hydrauliques :

La vallée de L'Oued Labiod est dotée d'une nappe phréatique bien exploitée, avec des forages, puits et sources utiles pour les différents besoins (alimentation en eau, irrigation,...).

Tableau 15 : **Les équipements hydrauliques**

Commune	forages	puits	Sources d'eau
Arris	10	32	5
Tighanimine	2	14	6
T'kout	4	25	25
Ghassira	3	12	5
Ichemoul	5	23	13
Inoughissen	1	17	8
Total	25	123	62

Source : D.S.A. Batna.



Selon les services d'hydraulique, il existe 25 forages avec un débit variant entre 5 et 25 L/s suivant des profondeurs allant de 60 jusqu'à 250m au niveau de la zone d'étude. Quant au puits, il y en a 123 avec une profondeur variante entre 8 et 15m, 90% de ces puits sont à usage agricole et les 10% restantes pour l'eau potable. Pour les sources d'eau, la zone d'étude comprend 62 sources dont 40 ont des débits compris entre 0.1 et 0.5 L/s et des hauteurs allant jusqu'à 1.2m. Elles sont utilisées pour l'irrigation de petites surfaces qui ne dépassent pas 1 ha.

3.3. L'assainissement :

L'utilisation aléatoire de l'eau pose de gros problèmes lors de l'évacuation hygiénique, la commune d'Arris est dotée d'un réseau d'égout de type séparatif qui n'évacue que les eaux usées et qui ne couvre qu'une petite partie de la commune. Les collecteurs sont situés dans les rues principales et jettent les eaux usées directement dans l'Oued Labiod, ce qui constitue un danger sur l'environnement et la santé des citoyens en premier lieu malgré l'existence de fossés septiques.

Le réseau d'assainissement s'étend jusqu'à 1521m dont 2450m est en cours de réalisation. Cette situation mène vers un désastre écologique puisque l'irrigation des terres agricoles situées le long de la vallée va se faire avec des eaux polluées, et la réalisation d'une station d'épuration dans la région servira à résoudre ces problèmes d'assainissements.

3.4. Industrie :

Bien que la zone d'étude est qualifié de vocation agricole, il n'en reste pas moins que l'industrie garde sa part avec des entreprises publics comme la minoterie semoulerie (SN.SEMPAC), la filature teinture (SONITEX), ou encore la quincaillerie, la carrière et la station de concassage à Arris. Malgré sa petite part face à l'agriculture, l'industrie espère comme même gagner du terrain et diminuer le taux de chômage.

Tableau 16 : La répartition des entreprises suivant les communes

Commune	Entreprises communales	Entreprises publiques	Entreprises privées
Arris	1	3	2
Ichemoul	1	2	5

Source : D.P.A.T.

Quant à l'artisanat, elle est très peu réponde malgré les potentialités qui existent dans la région.

La bijouterie constitue le métier hérité de père en fils dans presque toutes les communes avec Arris qui occupe le premier rang, vient ensuite la tapisserie avec deux unités prises en charge par 20 femmes et gérées par la SOPABA (société de produits artisanaux de Batna).

Dans le but de promouvoir le développement de ce secteur, on à suggéré d'ouvrir d'autre tapisseries dans les régions un peu marginalisées a fin de renforcer l'approvisionnement et la commercialisation des produits et aider les artisans à créer leur propre coopératives.

Tableau 17 : La répartition des artisanats sur les communes

Commune	Tapisserie	Bijouterie
Arris	1	12
Ichemoul	/	2
T'kout	/	3

Source : D.P.A.T.

3.5. Le tourisme :

Dj.Chelia constitue le principal endroit visité par les touristes ainsi que ses régions limitrophes, les balcons de Ghoufi, les gorges de Tighanimine et le col de Baali. Compte tenu des potentialités en matière de tourisme, il faut envisager des scénarios pour réanimer se secteur, mettre en valeur, restaurer et sensibiliser les gens à conserver le patrimoine nationale, investir dans l'hôtellerie pour le manque accusé dans ce domaine, on note l'enregistrement d'hôtels non classés à Arris et Tighanimine, de cette manière on peut offrir des emplois aux jeunes de la région comme guides touristiques.

Conclusion:

Les effets conjugués de la pression anthropique croissante sur les ressources naturelles et des conditions climatiques sévères engendrent des dysfonctionnements dans le bassin versant.

Ces effets sont amplifiés par les modes et systèmes inappropriés d'exploitation des ressources naturelles disponibles. Ces perturbations qui affectent les ressources biologiques et les potentialités des terres, se traduisent par la détérioration du niveau de vie de la population, l'abandon des terres et l'exode rural ou l'émigration. Même les progrès rendus actuellement possibles par les nouvelles techniques et les nouvelles politiques en matière d'environnement sont réduits à néant par l'accélération de l'accroissement démographique et du développement économique.

En effet, l'augmentation des terres agricoles due à la croissance démographique et à l'augmentation des cultures d'exportation ou de l'élevage entraîne la déforestation et le surpâturage qui favorisent l'érosion hydrique. Ainsi, dans le périmètre d'étude, le surpâturage et la déforestation contribuent à la désertification qui empêche la reconstitution du couvert végétal et peut être considérée comme la forme ultime de la dégradation des terres. Malgré les efforts déployés, en montagne dans les zones semi-arides qui jouent un rôle fondamental dans la conservation des ressources naturelles, elles restent sous-équipées et la disproportion entre les ressources naturelles et les besoins des populations qui y habitent ne fait que s'amplifier ces dernières années. Le déséquilibre entre la population qui y réside (la population rurale) et la superficie des terres agricoles exploitées, explique la surexploitation des ressources naturelles, la dégradation de la végétation protectrice et par voie de conséquence, l'ampleur et l'intensité des risques naturelles (inondation, érosion).

Chapitre 3

Etude climatique et hydrologique

Le bassin objet d'étude est caractérisé par un climat semi-aride dont les caractéristiques se manifestent par un hiver froid à frais et un été très chaud et sec. L'irrégularité et la diminution des précipitations s'affirment en allant de plus en plus vers le Sud, par ailleurs l'allongement de la saison sèche se répercute sur le couvert végétal et impose ainsi, une sélection naturelle des espèces les plus adaptées à ces conditions.

1. Etude climatique :

1.1. Le régime thermique :

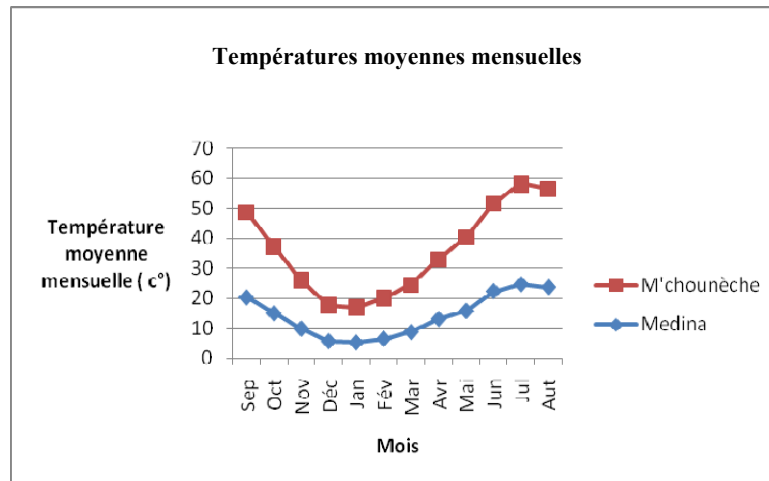
En raison d'un manque de données et l'irrégularité de fonctionnement des stations. Nous avons eu recours aux données de la B.N.E.F et à la direction d'agriculture.

Tableau 18 : **Les températures moyennes mensuelles**

Station	Médina	M'chounèche
Année	1971/1991	1971/1991
Altitude	1100m	330m
mois		
Sep	20.25	28.50
Oct	15	22.30
Nov	9.90	16.20
Déc	5.75	11.90
Jan	5.35	11.60
Fév	6.55	13.70
Mar	8.80	15.70
Avr	13.15	19.80
Mai	15.80	24.60
Jun	22.30	29.20
Jul	24.60	33.50
Aut	23.65	32.80

Source : D.S.A.

Les données disponibles, montrent les caractéristiques du climat semi-aride et avec des valeurs minimales pendant les mois de Décembre, Janvier, Février ou le cycle végétatif est le plus souvent brisé par la neige ou la grêle, tandis que les valeurs maximales coïncident avec les mois de Juin, Juillet et Août où les précipitations sont rares, tandis que le climat aride (M'chounèche) montre des fluctuations assez nettes avec des valeurs maximales aux mois de Mai, juin, juillet, Août et Septembre et des minimales aux mois de Décembre, Janvier et Février (pendant l'hiver).



1.2. Régime des vents :

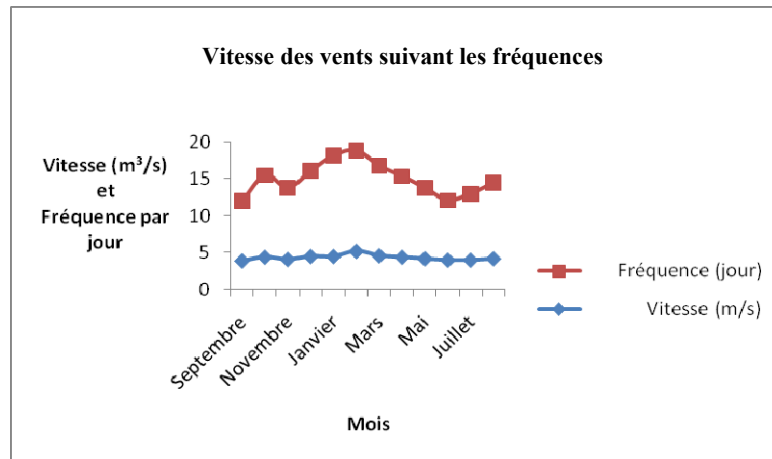
Du fait de l'absence totale de station anémométrique dans le bassin versant, le tableau suivant donne les caractéristiques générales similaires aux études faites par Seltzer indiquant la vitesse et la période de passage.

Tableau 19 : Le régime des vents

Mois	Direction	Vitesse (m/s)	Fréquence (jour)
Septembre	N	3.9	8.1
Octobre	NO	4.4	11.1
Novembre	NO	4.1	9.7
Décembre	NE	4.5	11.6
Janvier	NE	4.5	13.7
Février	NE	5.2	13.7
Mars	NE	4.6	12.2
Avril	E	4.4	11
Mai	SE	4.2	9.6
Juin	SE	4	8.1
Juillet	SO	4	9
Aout	SO	4.2	10.3
Moyenne annuelle		4.3	10.7

Source : B.N.E.F

La direction Nord-est susceptible d'être porteuse de pluies est dominante par rapport aux autres directions, elle est fréquente durant les mois de Décembre-Janvier -Février et Mars avec une fréquence de 12 à 14 jours par an. Ceci explique d'abord que la partie Nord reçoit d'avantage les précipitations, ensuite l'effet de l'exposition va contribuer au processus érosif.



1.3. L'humidité relative :

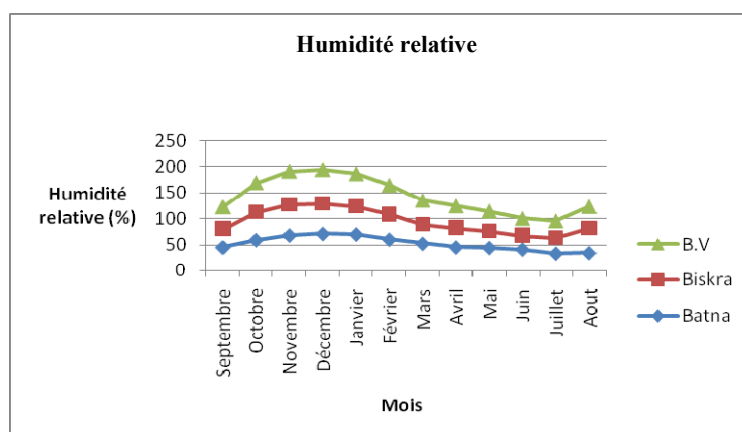
Vu le manque total de données concernant ce paramètre, nous avons eu recours à deux stations à climat différent (Batna-Biskra), pour mieux montrer l'écart d'humidité relative entre une zone semi-aride montagneuse et une autre saharienne aride.

Tableau 20 : L'humidité relative

Station	Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut
Batna	7h	57	72	79	88	85	86	72	59	54	50	45	49
	13h	32	44	52	56	56	45	34	34	29	22	22	23
	18h	45	59	68	71	70	60	52	45	44	41	33	34
Biskra	7h	50	64	69	62	62	58	47	47	42	36	38	57
	13h	34	45	49	52	44	40	32	32	27	27	25	39
	18h	35	54	60	58	54	48	37	37	32	26	30	47
B.V	moy	42	56	63	65	62	56	46	42	38	33	32	42

Source : A.N.B

La variation à caractère climatique se représente forcément sur la valeur de l'humidité relative et son articulation dans l'espace. En effet elle est élevée dans le b.v caractérisé par des microclimats spécifiques d'un secteur à l'autre, et réduite à sa simple expression à Batna et Biskra.



1.4. L'évaporation :

Comme notre b.v s'étale sur trois zones climatiques, nous avons utilisé les données mis à notre disposition par la B.N.E.F et l'A.N.B.

Tableau 21 : L'évaporation

Station	Altitude (m)	Evaporation (mm)
Batna	1044	1890
Biskra	124	2590
M'sila	470	2700
Tebessa	885	1947
Barrage gsob	700	2260
Bouhmama	800	2200

Source : A.N.B

1.5. L'évapotranspiration :

C'est à partir des observations expérimentales que certains chercheurs ont établi des lois pour estimer l'ETP, citons celle de Thornthwaite, Turc et Blaney et Cridlle.

1.5.1-Formule de Thornthwaite :

$$ETP = 1.6 \left(\frac{t}{I} \right)^a$$

ETP : Evapotranspiration potentielle mensuelle en cm/mois avec durée d'ensoleillement de 12 heures.

t : Température moyenne mensuelle en C°.

I : Indice thermique annuel égal à la somme des 12 indices mensuels.

i : Indice thermique mensuel tiré d'abaque, égal à :

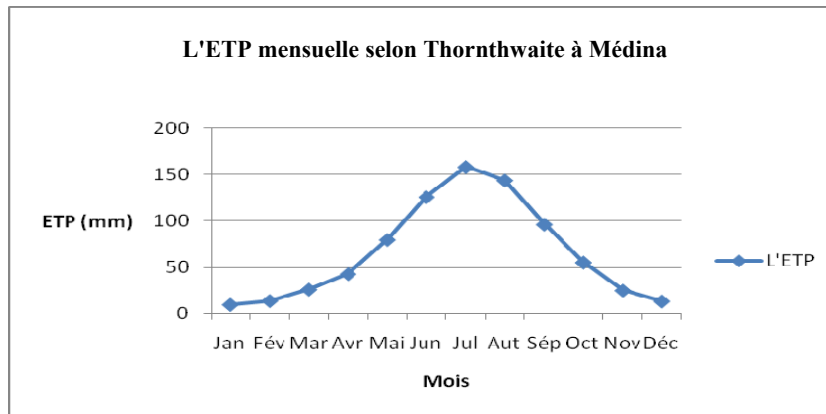
$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

a : Indice calculé à partir de la formule : $a = 1.6 / 100 I + 0.5$

Tableau 22 : L'ETP mensuelle selon Thornthwaite à la station de Médina

Mois	Température moyenne mensuelle	Indice I	ETP (A)	Corrélation saisonnière (B)	ETP=A.B (mm)
Jan	5.35	0.969	10.88	0.87	9.47
Fév	6.55	1.419	15.91	0.85	13.52
Mar	8.80	2.233	25.025	1.03	25.77
Avr	13.15	3.483	38.99	1.09	42.50
Mai	15.80	5.873	65.69	1.21	79.49
Jun	22.30	9.293	103.85	1.21	125.66
Jul	24.60	11.50	128.50	1.23	158.06
Aut	23.65	11.09	123.89	1.16	143.71
Sép	20.3	8.343	93.25	1.03	96.04
Oct	15	5.065	56.07	0.97	54.97
Nov	9.90	2.559	28.66	0.86	24.65
Déc	5.75	1.385	15.53	0.84	13.04
Total					786.95

Source : Baazi.H.2002



1.5.2-Formule de Turc :

$$ETP = 0.40 (I_g + 50) \frac{t}{t+15}$$

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm par mois.

I_g : Radiation solaire globale du mois considéré en cal /cm² /joule.

t : Température moyenne mensuelle en °C.

Tableau 23 : L'ETP mensuelle selon Turc à la station de Médina

Mois	T° (c°)	Iga	h	H	Ig cal/m ²	h/h	ETP mm/mois	Hr%	Coef. corr.	ETP corri.
Jan	4.9	459	5.7	10	228	0.6	24.7	70		27.36
Fév	6.05	553	6.1	10.8	291	0.6	37.4	61.6		37.37
Mar	8.5	741	6.8	11.9	381	0.6	62.3	51		62.33
Avr	11.9	854	7.8	13.1	471	0.6	90.1	45.5	1.1	95.75
Mai	15.95	947	8.8	14.1	538	0.6	122	42	1.1	135
Jun	20.95	979	10	14.5	613	0.7	157.1	37.1	1.2	185.9
Jul	24.7	957	11.30	14.3	641	0.79	173	33	1.24	214.9
Aut	24	873	10.40	13.5	573.9	0.77	154.8	34.2	1.22	189.6
Sép	20.4	745	8.77	12.42	462	0.71	117.8	44.6	1.07	126.6
Oct	14.85	591	7.26	11.29	340.9	0.64	77.12	58.25		77.12
Nov	9.6	452	6.35	10.30	255.1	0.62	46.71	68.2		46.71
Déc	5.9	389	5.61	9.77	207.5	0.57	30.12	58.2		30.12
Total										1132

Source : Baazi.H.2002

Tableau 24 : L'ETP mensuelle selon Thornthwaite à M'chounèche

Mois	T° (c°)	Indice I	ETP (A)	Corrélation saisonnière (B)	ETP=A.B (mm)
Jan	11.25	3.575	16.083	0.88	14.153
Fév	13.15	4.6	24.3	0.86	20.9
Mar	16.30	5.654	34.07	1.03	35.09
Avr	20.20	8.034	60.56	1.09	66.01
Mai	24.7	11.16	103.76	1.20	124.59
Jun	29.95	14.47	158.72	1.20	190.46
Jul	33.35	17.81	223.15	1.22	272.24
Aut	32.65	17.25	211.75	1.16	245.64
Sep	28.8	13.94	149.45	1.03	153.93
Oct	22.45	9.618	81.34	0.97	78.9
Nov	16.2	5.930	36.82	0.87	32.03
Déc	11.95	5.930	17.13	0.86	14.73
Total					1248.673

Source : Baazi.H.2002

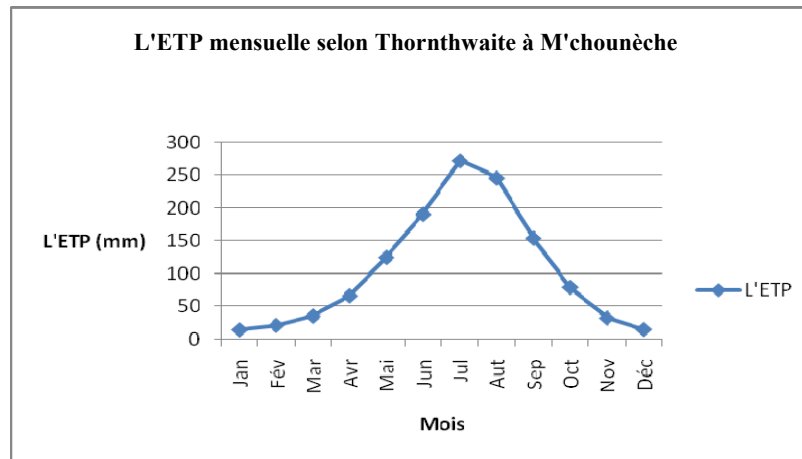
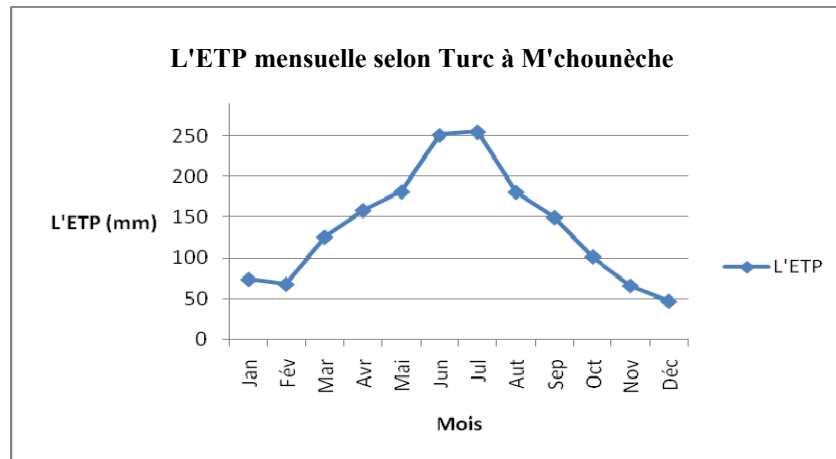


Tableau 25 : L'ETP mensuelle selon Turc à M'chounèche

Mois	T° (c°)	Iga	h	H	Ig cal/m ²	h/H	ETP mm/mois	Hr%	Coef. Corr.	ETP corr.
Jan	11.60	465	82.2	103	316	0.8	63.7	39.5	1.2	73.3
Fév	13.7	607	60.8	102	334	0.6	64.9	47.5	1	67.3
Mar	15.70	752	92.1	123	481	0.75	106.3	37.2	1.2	125.6
Avr	19.80	935	96.2	134	589	0.72	140.6	41.5	1.1	158.6
Mai	24.60	965	116.4	148.3	605	0.78	163.1	32	1.1	181.69
Jun	29.20	982	114.3	145	657.9	0.79	186.9	25.75	1.34	251.54
Jul	33.5	945	130.4	140.7	718.2	0.93	198.2	29.75	1.29	255.50
Aut	32.80	807	108.6	131.6	586.5	0.83	174.4	47.25	1.04	181.2
Sep	28.50	710	86.5	120	447.3	0.72	130.3	39.5	1.75	149.83
Oct	22.30	558	87.6	109.8	379.5	0.8	101.4	52	1	101.45
Nov	16.20	435	69.4	101	265.4	0.71	65.60	52.75	1.24	65.60
Déc	11.90	395	73.8	96	260.7	0.77	46.14	57.75	1	46.43
Total										1658

Source : Baazi.H.2002



Cet écart est mieux expliqué par les moyennes thermiques et de radiation solaire très accusées. Nous avons décidé de prendre en considération les résultats obtenus par la méthode de Thornthwaite qui donne des valeurs raisonnables par rapport à celles de Turc pour la simple raison que le calcul de l'ETP au pas annuel est dans tout les cas déficitaires quelque soit la méthode. Il serait plus juste de travailler au pas journalier pour dégager l'excédent réel.

1.6. Les précipitations :

L'étude des précipitations est d'une importance capitale, car elle constitue l'élément de base pour notre étude. Pour le bassin versant Oued Labiod, la répartition des précipitations est assez irrégulière. On note cependant l'échelonnement nettement délimité, des précipitations qui varient avec l'altitude mais aussi avec la latitude saharienne ; en allant vers le Sud, les altitudes diminuent et la sécheresse s'affirme selon un double gradient latitudinal et altitudinal.

1.6.1-Collecte et correction des données :

Le bassin versant est équipé de 6 stations pluviométriques et une station hydrométrique réparties de manière homogène et à des altitudes différentes.

Les données pluviométriques sont souvent entachées d'erreur en raison des changements apportés aux stations de mesure comme Le déplacement de l'appareil ou le changement d'observateur.

Les séries pluviométriques ont été recueillies auprès des services de l'A.N.R.H. Pour la correction des séries on a eu recours à la méthode du double cumul qui consiste à corriger les pluies cumulées d'une station (B) jugée hétérogène à partir d'une station de référence (A) homogène.

1.6.2-Sélection et arrangement des séries :

Elle consiste à écarter les séries des stations dont les données s'avèrent inexploitable ou le fonctionnement est assez court.

Les séries ont été arrangées selon un modèle précis:

- Mentionner le code et le nom de la station l'altitude correspondante.
- Respecter l'ordre chronologique de la série en fonction de l'année hydrologique et corriger certaines erreurs éventuelles de transcription.

1.6.3- Choix des stations et période de fonctionnement des stations :

D'après les informations obtenues par l'A.N.R.H, les cinq stations ont la même période de fonctionnement et qui date de 1969 d'où un fonctionnement plus ou moins long. Même si la répartition des stations pluviométriques semble assez homogène, il n'en reste pas moins que la partie montagneuse n'est pas équipée et difficilement accessible. C'est pourquoi, seules les stations de Médina, T'kout, Tifelfel et M'chounèche feront notre objet d'étude.

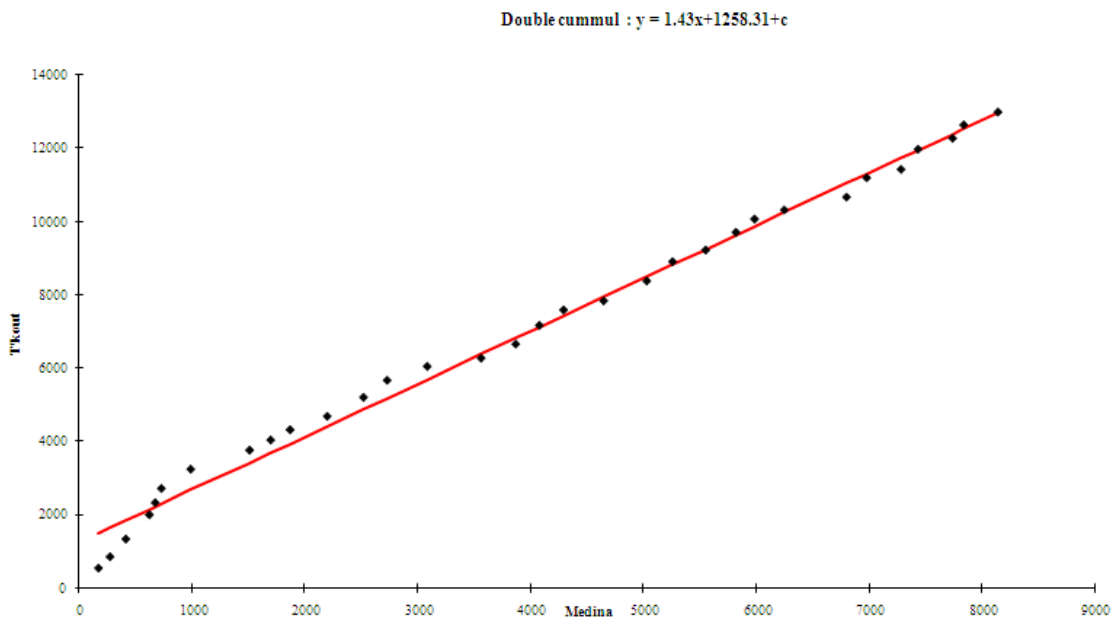
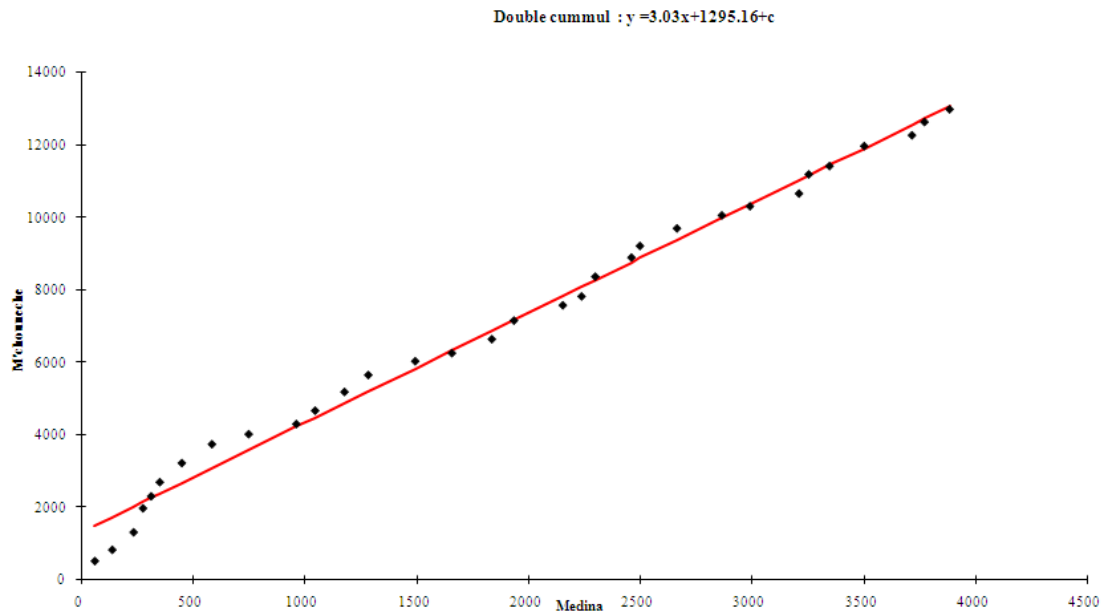


Tableau 26 : Caractéristiques des stations pluviométriques

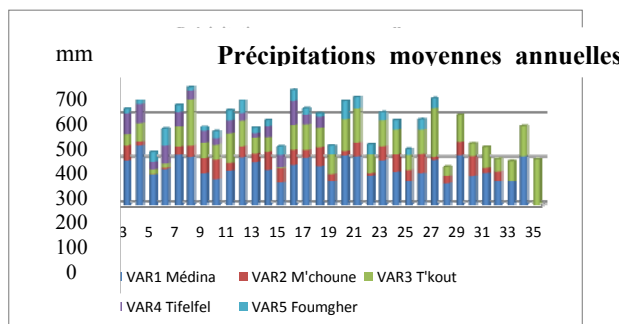
Code	Nom	Altitude (m)
061503	Médina	1450
061506	T'kout	998
061511	Tifelfel	740
061502	M'chounèche	390

Source : A.N.R.H

1.7. Les pluies annuelles moyennes :

On dispose des données concernant les 4 stations pluviométriques dont le fonctionnement date de 1969 ainsi que la station hydrométrique qui a fonctionné depuis 1947.

Les variations des pluies moyennes annuelles de ces stations sont représentées comme suit :



1.7.1-Calcul de la pluie moyenne annuelle sur l'ensemble du B.V:

1.7.1.1-La méthode arithmétique :

$$P = \sum P_i / N.$$

P : pluie moyenne sur l'ensemble du bassin versant (mm).

P_i : hauteur de pluie moyenne d'une station donnée (mm).

N : nombre de station.

$$P = \sum 416.82+238+195+120 / 4$$

$$P = 242 \text{ mm.}$$

1.7.1.2-La méthode de Thiessen :

$$P = \sum P_i \cdot S_i / S.$$

P : pluie moyenne sur l'ensemble du bassin versant (mm).

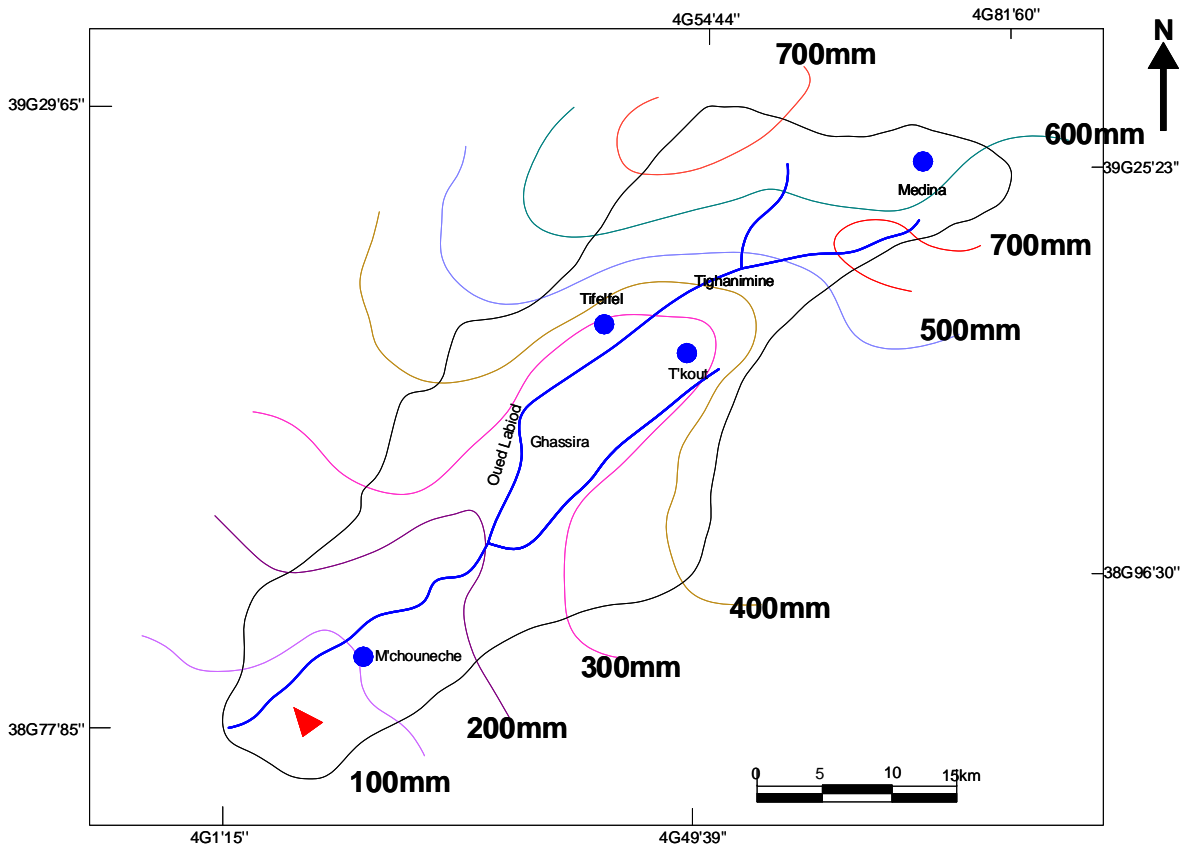
P_i : hauteur de pluie moyenne d'une station donnée (mm).

S_i : surface partielle couverte par la station (km²).

S : surface du bassin versant (km²).

Carte N° :

carte des isohyetes du bassin versant Oued Labiod














- | | |
|---|---|
|  Limite du bassin versant |  700mm |
|  réseau hydrographique principal |  600mm |
|  Station pluviometrique |  500mm |
|  station hydrometrique |  400mm |
| |  300mm |
| |  200mm |
| |  100mm |

Tableau 27 : Méthode de Thiessen

Station	Pi (mm)	Si (km ²)	PiSi
Médina	416.82	350	145887
T'kout	238	380	90440
Tifelfel	195	209.8	40911
M'chounèche	120.88	110.2	13320.7

$P = 290558.7 / 1050 = 276.7\text{mm.}$

1.7.1.3-Le bilan hydrique :

On applique la formule proposée par J.Ricard pour l'Est Algérien :

$RFU = 1/3. (Da.He.P).$

RFU : Réserve facilement utilisable (mm).

Da : Densité apparente du sol.

He : Humidité équivalente (%).

P : Profondeur du sol parcouru par les racines(m).

Tableau 28 : Les valeurs de la RFU

Station	Médina	M'chounèche
Da	1.45	1.5
He (%)	28	10
P (m)	1.5	1.5
RFU (mm)	203	75

Source : Baazi.H.2002

L'articulation des différents termes du bilan hydrique indiquent que ce dernier ne dégage aucun excédent (voir le tableau 29) certainement à cause de l'importance de l'évaporation d'une part et le pas de calcul du déficit en écoulement de l'autre.

En effet seule une estimation au pas journalier permettrait de dégager un éventuel excédent pour éviter le phénomène de compensation annuelle des valeurs.

Tableau 29 : Bilan hydrique selon Thornthwaite à Médina

Mois	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP	RFU (mm)	DA (mm)	EX (mm)	ETR (mm)
J	9.48	9.47	28.12	72.72	/	/	9.48
F	33.2	13.53	19.67	92.39	/	/	13.53
M	42.4	25.78	16.62	109.01	/	/	25.78
A	35	42.51	-7.51	101.5	/	/	42.51
Ma	38.2	79.5	-41.3	60.2	/	/	79.5
Jun	28.7	125.66	-96.96	/	36.76	/	88.9
Jul	15.6	158.1	-142.4	/	142.5	/	15.6
A	35.6	143.72	-108.12	/	108.2	/	35.6
S	43.9	96.5	-52.6	/	52.6	/	43.9
O	38.8	54.97	-16.17	/	16.17	/	38.8
N	43.9	24.65	19.25	19.25	/	/	24.65
D	38.4	13.05	25.35	44.6	/	/	13.05
Année	431.3	787.3	333.292		356.06	/	431.3

Source : Baazi.H.2002

$$P = ETR + Ex$$

$$431.3 = 356.06$$

$$ETP = ETR + DA$$

$$787.3 = 431.3 + 356.06$$

Tableau 30: **Bilan hydrique selon Thornthwaite à M'chounèche**

Mois	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP	RFU (mm)	DA (mm)	EX (mm)	ETR (mm)
J	12.5	14.153	-1.65	/	1.65	/	12.5
F	15.1	20.9	-5.8	/	5.8	/	15.1
M	17	35.09	-18.09	/	18.09	/	17
A	16	66.01	-50.01	/	50.01	/	16
Ma	14.1	124.59	-110.5	/	-110.5	/	14.1
Jun	9.1	190.46	-181.4	/	181.4	/	9.1
Jul	3.63	272.24	-269.6	/	269.6	/	3.63
A	10.4	245.64	-235.2	/	235.2	/	10.4
S	24.9	153.93	-129	/	129	/	24.9
O	16.9	78.9	-62	/	62	/	16.9
N	18.1	32.03	-13.1	/	13.1	/	18.1
D	13.1	14.73	-1.63	/	1.63	/	13.1
Année	170.83	1248.673			1078.57		170.83

Source : Baazi.H.2002

$$P = ETR + Ex$$

$$ETP = ETR + DA$$

$$1248.673 = 170.83 + 1078.57$$

Les résultats indiquent des valeurs élevées de l'évapotranspiration, ce qui se répercute directement sur le bilan hydrique de la région. Ce dernier est le plus souvent déficitaire en raison des faibles précipitations annuelles (transition entre climat semi-aride et aride). Il faut noter aussi que l'estimation au pas annuel de l'évapotranspiration ne permet pas de dégager le surplus d'eau en forme d'infiltration et ruissellement, seule une analyse au pas journalier permet de caractériser un bilan assez précis et dégager l'excédent réel en évitant la compensation annuelle.

1.7.2-Etude statistique (La loi de Gumbel) :

$$F(x) = e^{-e^{-U}}$$

Où : $\mu = \alpha (x-x_0)$, $x = 1/\alpha \mu + x_0$, $1/\alpha = 0.780.\delta$ et $x_0 = x - 0.577 / \alpha$

X : la moyenne de l'échantillon

δ : L'écart type

μ : la variable réduite de Gumbel

$$f = 1-0.5 / n$$

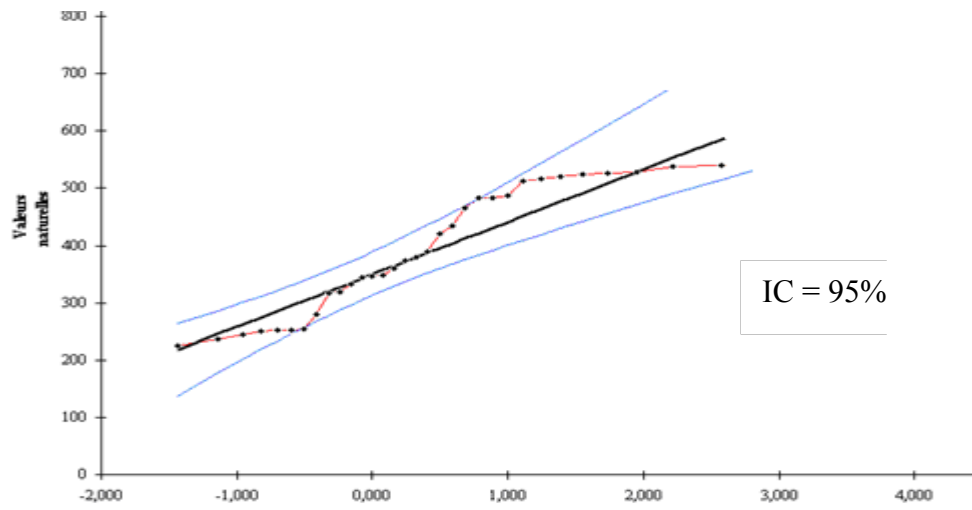
f : la fréquence

Tableau 31 : Les paramètres de la loi de Gumbel (Medina)

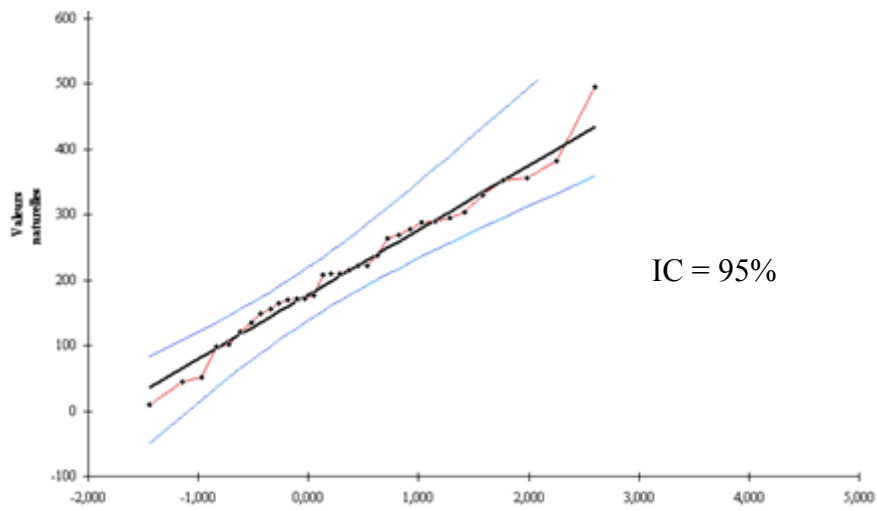
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique
Médina	225,1	1	0,015	-1,440	225,1	217,9539
523,6	236,4	2	0,044	-1,138	236,4	245,3852
244,6	244,6	3	0,074	-0,959	244,6	261,9609
482,9	251,3	4	0,103	-0,821	251,3	274,6051
658,7	251,6	5	0,132	-0,704	251,6	285,3367
331,7	252	6	0,162	-0,600	252	294,911
388,6	254,4	7	0,191	-0,504	254,4	303,7234
546,4	280,4	8	0,221	-0,413	280,4	312,011
521,3	316,6	9	0,250	-0,327	316,6	319,9303
345,2	318,7	10	0,279	-0,243	318,7	327,5925
280,4	331,7	11	0,309	-0,161	331,7	335,0816
373,6	345,2	12	0,338	-0,081	345,2	342,4645
517,2	347,1	13	0,368	-0,001	347,1	349,7973
465,3	348,7	14	0,397	0,079	348,7	357,1295
380,1	360,9	15	0,426	0,160	360,9	364,5064
236,4	373,6	16	0,456	0,241	373,6	371,9721
434,2	380,1	17	0,485	0,324	380,1	379,5705
512,4	388,6	18	0,515	0,409	388,6	387,3475
420	420	19	0,544	0,497	420	395,3527
251,3	434,2	20	0,574	0,587	434,2	403,6415
537,1	465,3	21	0,603	0,681	465,3	412,2774
527,2	482,9	22	0,632	0,780	482,9	421,3354
318,7	483,3	23	0,662	0,885	483,3	430,9063
483,3	487,7	24	0,691	0,996	487,7	441,1032
360,9	512,4	25	0,721	1,116	512,4	452,0708
251,6	517,2	26	0,750	1,246	517,2	463,9995
347,1	521,3	27	0,779	1,389	521,3	477,1498
487,7	523,6	28	0,809	1,550	523,6	491,8918
225,1	527,2	29	0,838	1,735	527,2	508,7798
540,7	527,4	30	0,868	1,952	527,4	528,7023
316,6	537,1	31	0,897	2,220	537,1	553,2219
348,7	540,7	32	0,926	2,572	540,7	585,9032
252	546,4	33	0,956	3,098	546,4	633,7201
254,4	658,7	34	0,985	4,212	658,7	735,7519

*Les tableaux des autres stations sont intégrés dans les annexes.

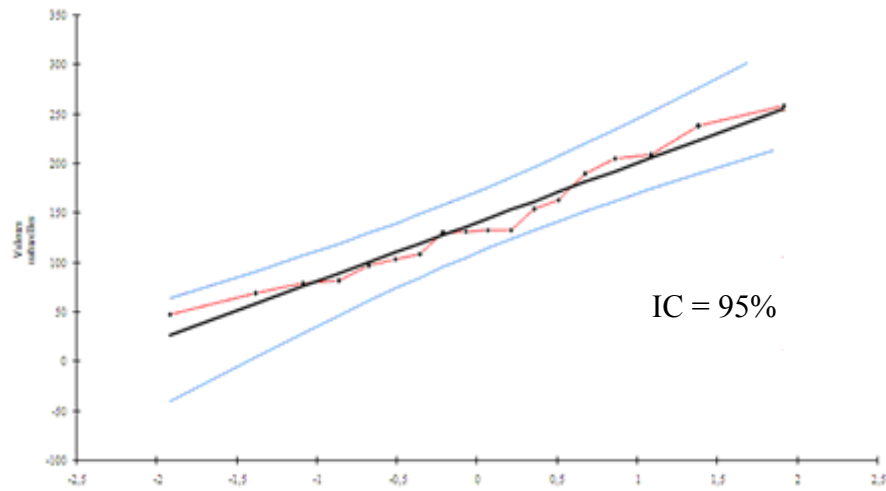
Ajustement à la loi Gumbel (Medina) : $X = 71.46 \mu + 308.65$

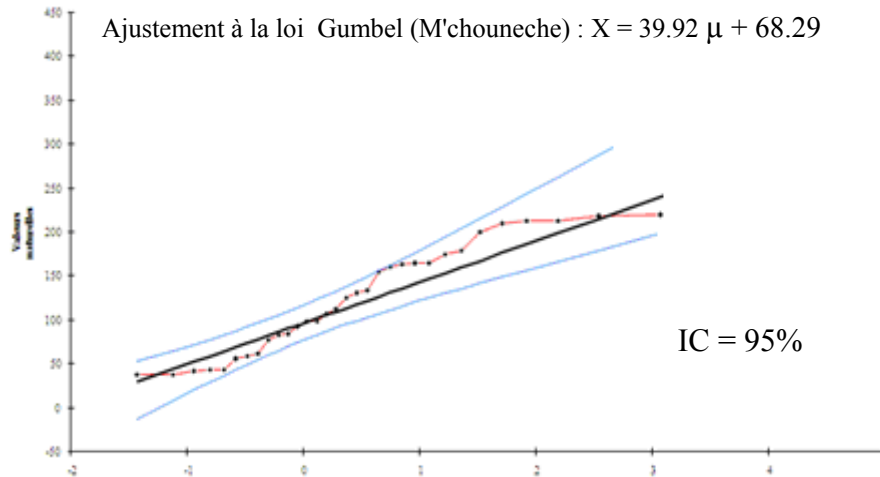


Ajustement à la loi Gumbel (T'kout) : $X = 73.86 \mu + 129.74$



Ajustement à la loi normale (Tifelfel) : $X = 36.43 \mu + 92.62$





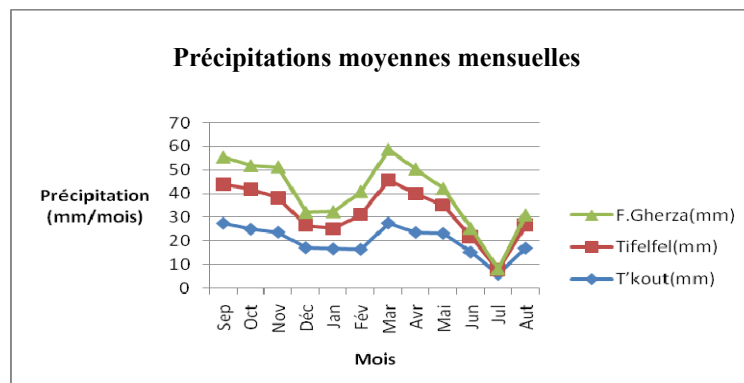
1.8. Les précipitations moyennes mensuelles :

On dispose des données concernant les trois stations (T'kout, Tifelfel et F.Gherza), avec une période allant de 1960 à 2005.

Tableau 32 : Les pluies moyennes mensuelles

Mois	T'kout (mm)	Tifelfel (mm)	F.Gherza (mm)
Sep	27.5	16.5	11.4
Oct	25	16.8	10
Nov	23.7	14.5	13.1
Déc	17.1	9.4	5.60
Jan	16.6	8.55	7.24
Fév	16.4	14.8	9.68
Mar	27.6	18.25	12.8
Avr	23.6	16.3	10.5
Mai	23.2	11.9	7.09
Jun	15.2	6.4	3.78
Jul	5.8	1.8	0.5
Aut	16.9	9.9	4.22

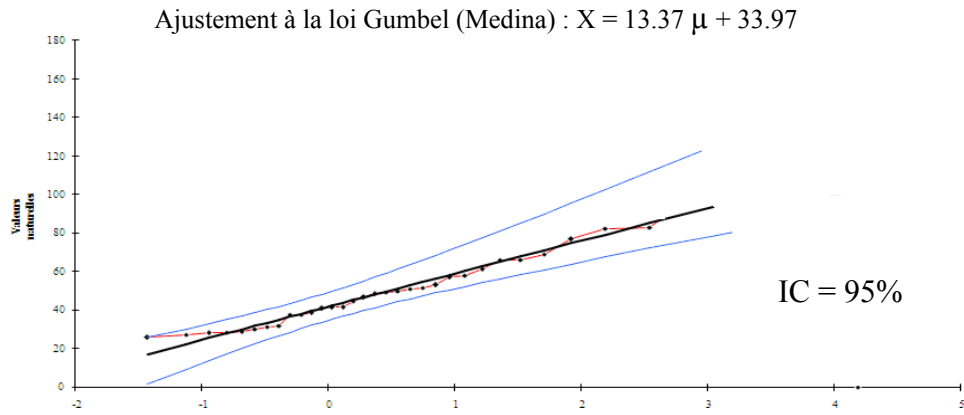
Source : A.N.R.H



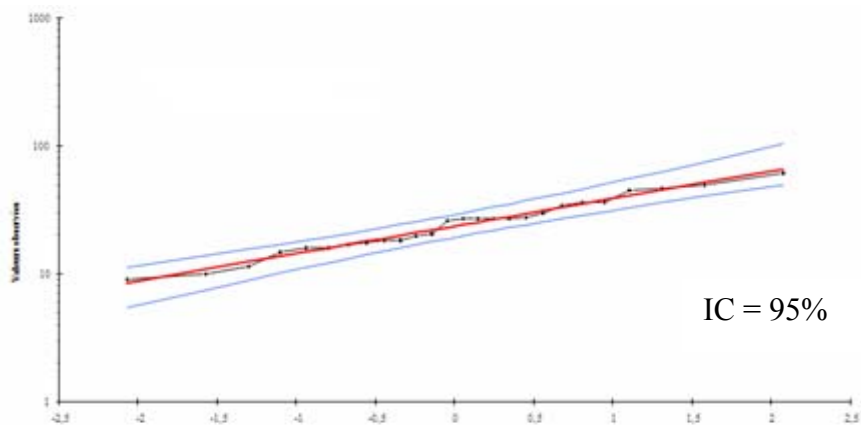
Le bassin objet d'étude est caractérisé par l'irrégularité et la diminution des précipitations qui s'affirment en allant de plus en plus vers le Sud (climat aride).

1.9. Les précipitations journalières maximales :

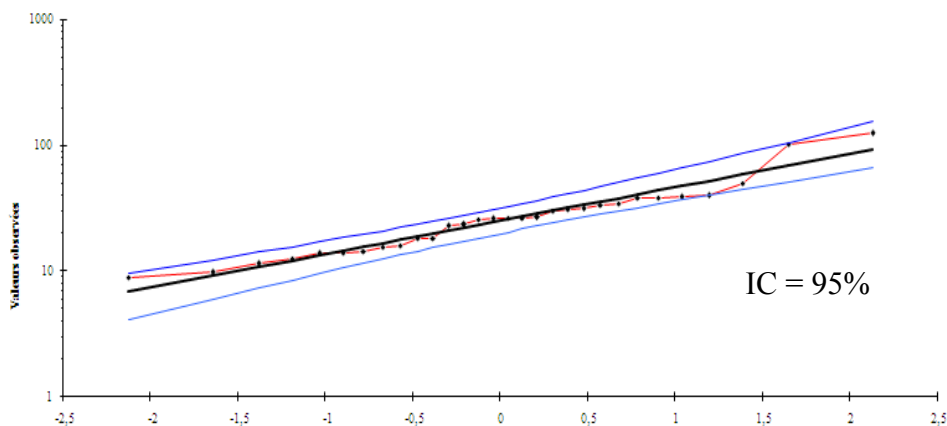
Les données qui nous ont été fournies sont celles des stations de Médina, Tifelfel et F.Gherza, pour voir l'influence des pluies journalières maximales sur le régime des écoulements ainsi que les périodes de crues et d'étiages, nous avons procédé à l'étude statistique de ces données et choisi la loi de distribution qui leurs convient le mieux (voir ci-contre).



Ajustement à la loi Gumbel (Tifelfel) : $X = 32.40 \mu + 4.60$



Ajustement à la loi Gumbel (F.Gherza) : $X = 25.42 \mu + 5.87$



1.9.1-Estimation des pluies journalières maximales et leur fréquence :

Les différents résultats issus de la loi de Gumbel des trois stations sont présentés ci-contre :

Tableau 33 : Estimation des pluies fréquentielles des trois stations

Station	Fréquence (%)	Temps de retour (ans)	Variable réduite (u)	Pj.max (mm)
Médina	0.8	5	1.5	63.87
	0.9	10	2.25	84.92
	0.99	100	4.99	161.83
	0.999	1000	6.9	215.45
Tifelfel	0.8	5	1.5	69.39
	0.9	10	2.25	83.81
	0.99	100	4.99	128.04
	0.999	1000	6.9	173.23
F.Gherza	0.8	5	1.5	40.41
	0.9	10	2.25	50.21
	0.99	100	4.99	86
	0.99	1000	6.9	110.93

Source: Baazi.H.2002

1.9.2-Estimation des pluies fréquentielles selon la saison (sèche-humide) :

Tableau 34 : Estimation des pluies fréquentielles

Fréquence	Saison humide					Saison sèche				
	f	u	Tifelfel	T'kout	Barrage	f	u	Tifelfel	T'kout	Barrage
0.5	0.5	0	152.65	252.7	102.7	0.5	0	152.65	252.7	102.7
0.9	0.10	1.28	240.5	399	158.5	0.10	-1.28	64.63	111.4	46.2
0.98	0.02	2.05	293.4	486.4	193.7	0.02	-2.05	11.91	18.3	12.3
0.99	0.01	2.32	312	518	205	0.01	-2.32	1.03	1.28	0.62

Source : Baazi.H. 2002

2. Etude hydrologique :

2.1. Etude des crues :

Pour l'étude de ce volet, nous disposons de deux séries d'observations acquises auprès des services de l'A.N.B. La première série date de 1938 / 1951 (ancienne) et la série récente qui date de 1975 / 2006. Pour la série ancienne, et malgré le manque d'informations sur les crues de l'Oued Labiod, il est à noter que ces dernières étaient nombreuses et catastrophiques d'après les témoignages. Quant à la série récente, nous disposons de relevés parsemés sur 30ans (1977/2006), avec des débits par fois considérables (237m³/s jusqu'à 3400³m/s).

C'est le cas de la crue du 03/04Mai 2006, qui a causé beaucoup de dégâts et ravagé de vastes terrains agricoles. Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques des crues observés à la station de M'chounèche et au site du barrage :

Tableau 35 : **Caractéristiques des crues**

Année	Date de la crue	Q journalier (m ³ /s)	Q max (m ³ /s)
1977/1978	26.08.78	28	237
1978/1979	03.09.79	73.40	283
1980/1981	25.06.81	53.9	297
1982/1983	11.09.82	49.3	305
1982/1983	03.11.82	94.2	222
1983/1984	29.08.84	28.3	247
2001	30.09.01	140.128	425.556
2004	29/ 30.03.04	155	1080
2004	15/16.04.04	144.5	510
2006	03/04.05.06	160 (6heures)	3400

Source : A.N.B

Les crues sont distinguées suivant deux périodes dans la vallée de l'Oued Labiod :

2.1.1-La période froide :

Au début de l'automne et selon l'état de surface du sol, une grande partie de la lame d'eau précipitée ruisselle brusquement suite aux averses génératrices de crues automnales (Novembre, Décembre), ce qui provoque la remontée rapide des eaux et à un degré moindre pendant les mois de Mars et Avril. Ces crues coïncident avec les mois les plus pluvieux de l'année.

2.1.2-La période chaude :

Dans cette période, les crues sont liées à des averses orageuses, brèves et leur extension spatiale est limitée. Elles sont de type torrentiel, ce qui provoque des inondations brutales avec des débits supérieurs à ceux enregistrés pendant la période froide. Ces crues se produisent fréquemment aux mois d'Aout, Septembre et Octobre.

2.2. Calcul du débit moyen journalier (volume de la crue) :

2.2.1-Formule de Sami :

$$Qj.max = Pj.max(\%).R.S.Ka.103 / 86400.$$

Qj.max : débit moyen journalier maximum (m³/s).

Pj.max : pluie journalière maximale (mm).

R : coefficient de corrélation compris entre 0.68 et 0.87.

S : surface du bassin versant (1050 km²).

K : coefficient d'amortissement de la crue (Ka = 0.8).

Tableau 36 : **Débits moyens journaliers maximum et volumes de crues**

fréquence	Cf. de corrélation	Pj.max (mm)	Surface (km ²)	Qj.max (m ³ /s)	Vj. (hm ³ /jour)
0.1	0.68	44	1050	314.16	32.98
0.2	0.79	52	1050	431.34	45.29
0.01	0.83	56	1050	488.04	51.24
0.001	0.87	66	1050	602.91	63.30

2.3. Calcul du débit maximum instantané (débit de pointe) :

2.3.1-Formule de Mallet et Gauthier :

Etablie sur la base d'observations faites au Nord de l'Algérie et en Tunisie, elle à été appliquée pour des périodes de retour de 50 ans.

$$Q_{\max} \text{ (m}^3\text{/s)} = 2K \cdot \log(1+AH) \cdot S / \sqrt{L} \cdot (1+4\log T \cdot \log S)^{1/2}$$

Q.max: débit max instantané (m³/s).

K et A : coefficients topographiques on prend K =1 et A =20.

H : pluie moyenne annuelle (mm).

S : surface du bassin versant (km²).

L : longueur du talweg principal (km).

T : période de retour (ans).

Tableau 37 : **Débit max calculé selon Mallet–Gaultier**

Période de retour (ans)	10	50	100	1000
Q.max (m ³ /s)	428.23	464.11	609.69	727.94

2.3.2-Formule de Turazza :

Cette formule établi une relation directe entre le débit max. instantané et l'intensité de pluie qui le provoque.

$$Q_{\max} \text{ (m}^3\text{/s)} = I/3.6 \cdot C_e \cdot P_{tc} / T_c \cdot S$$

Q.max: débit max instantané (m³/s).

Ce : coefficient d'écoulement instantané compris entre 0.70 et 0.90.

I : intensité de pluie maximale d'une durée égale au temps de

Concentration (mm/h).

Ptc : lame d'eau écoulée (mm).

Tc : temps de concentration (heures).

S : surface du bassin versant (km²).

Tableau 38 : Débit max calculé selon Turazza

Fréquence (%)	Période de retour	Ce	Ptc (mm)	I (mm/h)	Tc (h)	Q.max (m³/s)
0.1	10	0.70	37	3.11	9.5	634.95
0.2	50	0.75	43.5	43.43	9.5	805
0.01	100	0.80	47	46.92	9.5	926
0.001	1000	0.90	56	55.38	9.5	1231.125

2.3.3-Formule de Giandotti :

$$Q.\text{max} = C.S.h (H.\text{max}.H.\text{min})^{1/2} / 4(S)^{1/2} + 1.5L.$$

Q.max: débit max instantané (m³/s).

C : coefficient topographique (c=100).

S : surface du bassin versant (km²).

H : hauteur de pluie égale au temps de concentration à période de retour donnée.

H.max –H.min : altitude moyenne (m).

S : surface du bassin versant (km²).

L : longueur du talweg principal (km).

Tableau 39 : Débit max calculé selon Giandotti

Fréquence (%)	0.1	0.2	0.01	0.001
Période de retour (ans)	10	50	100	1000
Q.max (m³/s)	513.73	717.5	802.4	1083

2.3.4-Formule de Fuller :

$$Q.p (m³/s) = Q.j\text{max} (\%).(1 + (2.66/S^{1/4})).$$

Q.p: débit de pointe (m³/s).

Q.jmax : débit journalier maximum de fréquence donnée.

S : surface du bassin versant (km²).

Tableau 40 : Débit max calculé selon Fuller

Fréquence (%)	Q.jmax (m³/s)	Q.p (m³/s)
0.1	314.16	417.83
0.2	431.34	549.74
0.01	488.04	649.09
0.001	602.91	801.87

La prédétermination du débit probable d'un cours d'eau est d'intérêt économique, en raison de ses effets destructifs et parfois dangereux sur les vies humaines que sur leurs biens.

Sa prédétermination est nécessaire aussi pour le dimensionnement de certains ouvrages.

Certaines formules (précédemment décrites) sous-estimes ce débit max probable, c'est pourquoi, on a eu recours à celle de Turazza, jugée applicable pour un tel bassin.

-Pour une période de retour de 10ans, $Q_{max} = 635m^3/s$ calculé pour dimensionner la dérivation provisoire et pour une période de 100ans, $Q_{max} = 926m^3/s$ calculé pour dimensionner l'évacuateur de crue. Quand a une période de 1000ans, $Q_{max} = 1231m^3/s$ calculé pour le dimensionnement des grands ouvrages (barrages).

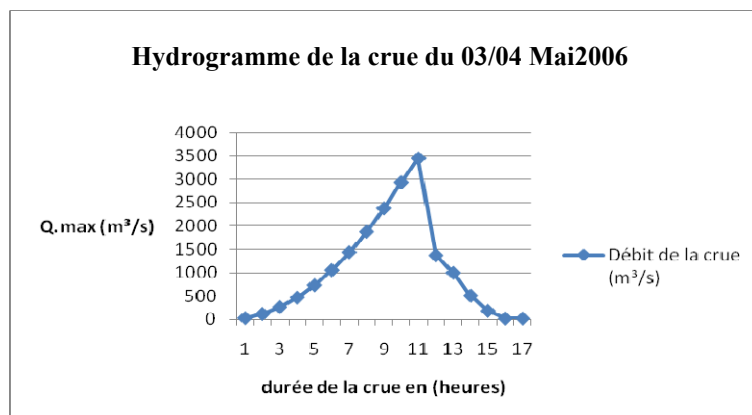
2.4. Hydrogramme de la crue du 03/04 Mai 2006 :

Les caractéristiques de la crue du 03/04 Mai 2006 sont représentées par un hydrogramme type dont les données de bases sont groupées dans le tableau suivant :

Tableau 41 : Les Caractéristiques de la crue du 03/04 Mai 2006

Date	Temps de la crue (h)	Durée de la crue (h)	Débit de la crue (m^3/s)
03 Mai 2006	22 :00	1	29.24
	23 :00	2	116.99
	24 :00	3	263.23
	01 :00	4	467.96
04 Mai 2006	02 :00	5	731.20
	03 :00	6	1052.92
	04 :00	7	1433.15
	05 :00	8	1871.87
	06 :00	9	2369.09
	07 :00	10	2924.80
	08 :00	10.84	3436.81
	09 :00	12	1367.40
	12 :00	15	996.47
	17 :00	20	508.40
	22 :00	25	183.02
	03 :00	30	20.33
	08 :00	35	20.33

D'après l'hydrogramme de la crue du 03 / 04 Mai, le débit est d'ordre croissant, il atteint son maximum pendant un court temps de concentration résultant de pluies torrentielles rapides, puis décroît pour atteindre sa simple expression pendant le temps de décrue (perte de la charge de la crue).



2.4.1-La fréquence de la crue du 03/04 Mai 2006 :

D'après les services de l'A.N.R.H, la station de Médina à enregistré 160 mm en 6 heures ce qui est énorme pour un événement pluvieux.

La fréquence de cette crue à été calculé à partir de la loi de Gumbel :

$$P_j.\max = 160\text{mm.}$$

$$U = 4.99 \text{ avec: } U = -\text{Ln} (-\text{Ln} (1/ F)).$$

$$F = 0.99 \text{ et } T = 1/ F_1. \text{ Donc : } T = 100 \text{ ans.}$$

C'est-à-dire que la crue à une fréquence centennale dont les conséquences ont des répercussions directes à l'amont, par des pertes de sols et des ravinements intenses, et à l'aval, par l'envasement du barrage.

2.4.2-Les conséquences de la crue du 03/04Mai 2006 :

Bien que la crue à causé beaucoup de dégâts matériels dans différents domaines, il n'en reste pas moins que certains ouvrages on complètement disparut.

Un inventaire des sites à été élaboré par les différents secteurs pour évaluer les dégâts causés par la crue. Les présentes conséquences ont été recueillies auprès des services de la D.S.A.

Tableau 42 : **Les conséquences de la crue**

Commune	Nature des dégâts	Evaluation physique	Observations
Arris	Pistes Seguia bétonnée Bassin. d'accu. V. en production Puits C. maraichères	80km 4km 2 3.5ha 100 6ha	Partiel Partiel 100% 80% Inondés 100%
Ichemoul	Pistes Seguia bétonnée Sources V. en production Puits C. maraichères Poulets chaines Apiculture	80.6km 4km 1 40ha 180 6ha 1500 10Rp	Partiel Partiel 100% 100% Inondés 100% 100% 100%
Inoughissen	Pistes Seguia bétonnée V. en production Puits C. maraichères	49.5km 9km 20ha 30 3ha	Partiel 100% Partiel Inondés 100%
Tighanimine	Pistes Seguia bétonnée V. en production Puits C. maraichères	10km 15km 3ha 100 4ha	Partiel Partiel 100% Inondés 100%

Source : D.S.A.

Tableau 43 : **Bilan provisoire de la crue au niveau des ponts du b.v.**

Date de construction	1925	1926	1986	/	/
Région	El Hadjaj	Bousaleh	M'chounèche	Medina	Inoughissen
L'Oued	El Hadjaj	Labioud	Labioud	Medina	Medina
Hauteur	5	6	6	3	3
Largeur	5	5	10	4	4
Longueur	25	60	150	10	15

Source : D.T.P.

Les photos prises sur place par des amateurs et des paysans sont le meilleur témoin des conséquences de la crue de Mai 2006.

Les dégâts sont évalués à plus de 35 Milliard de centimes, ce qui représente un chiffre énorme pour une éventuelle compensation surtout pour les ouvrages réalisés à long terme (ponts, routes,...) détruits pendant cette crue catastrophique de 24 à 48heures (voir les photos ci-contre).

Vergers de pommier avant la crue (Arris)



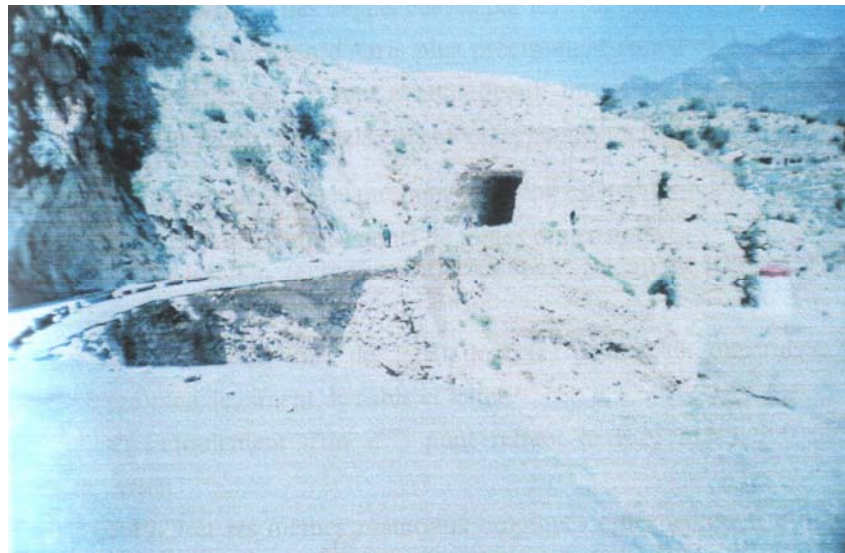
Dégradation totale des vergers de pommiers



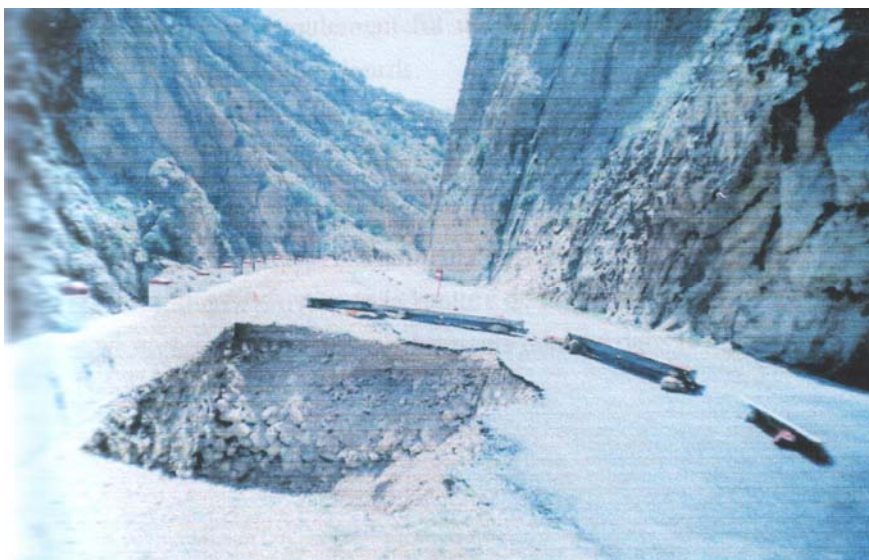
Effondrement de puits (Arris)



Affaissement et fissuration de la route (Tighanimine)



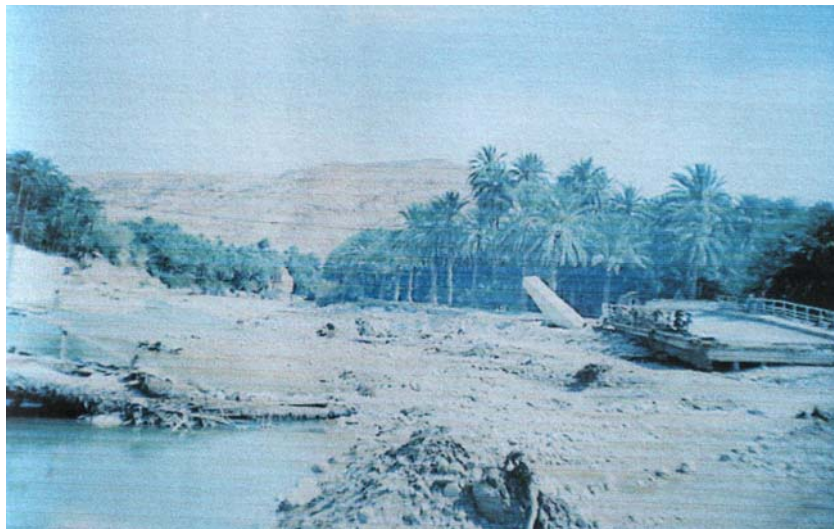
Dégradation de la chaussée (Tighanimine)



Destruction du pont de Bousaleh



Destruction du pont de M'chounèche



Destruction du pont d'El Hadjaj



3. Etude de l'apport liquide :

Cette étude sera basée uniquement sur les données hydrométriques acquises auprès des services de l'A.N.R.H d' Alger, la station est situé à l'exutoire du bassin versant et dispose d'une série d'observations de 23 ans.

Tableau 44 : Les données hydrométriques de M'chounèche

Année	Apport (hm ³)	Q.max (m ³ /s)	Coefficient d'hydraulicité	Lame d'eau écoulée (mm)
1971/1972	17.96	0.686	0.82	16.50
1972/1973	32.5	1.03	1.32	30.97
1973/1974	8.75	0.28	0.338	8.34
1974/1975	13.3	0.428	0.504	12.67
1975/1976	18	0.575	0.684	17.15
1976/1977	39.5	1.287	1.8	37.64
1977/1978	7.86	0.296	0.3	7.49
1978/1979	7.28	0.23	0.276	6.92
1979/1980	21	0.669	0.822	20.01
1980/1981	18	1.33	1.59	17.24
1981/1982	4.7	0.603	0.724	4.47
1982/1983	8.29	1.191	0.32	7.89
1983/1984	2.95	0.3	0.36	9.04
1984/1985	2.45	0.667	0.8	2.33
1985/1986	9.17	0.43	0.516	8.73
1986/1987	11	0.498	0.417	10.48
1987/1988	3.53	0.119	0.134	3.36
1988/1989	8.77	0.2799	0.335	8.36
1989/1990	19.8	0.64	0.758	18.86
1990/1991	5.5	0.1745	0.2094	5.24
1991/1992	3.55	0.1125	0.135	3.38
1992/1993	4.29	1.365	1.1632	4.08
1993/1994	3.09	0.0975	0.1164	2.94
La moyenne	11.7	0.58		11.5

Source : A.N.R.H.

3.1. Estimation de l'apport liquide et la lame d'eau écoulée :

Elle est déterminée comme suit :

$$A = Q.N.$$

A : apport annuel (hm³).

Q : débit moyen annuel (m³/s).

N : nombre de seconde dans l'année (31536000s).

$$D'où : Le = A / S.10^3.$$

Le : lame d'eau écoulée (mm).

A : apport annuel (hm³).

S : surface du bassin versant (km²).

D'après les données de l'A.N.R.H (voir le tableau), l'apport annuel est estimé à 11.7hm³ et la lame d'eau à 11.5mm.

Nous allons essayer d'estimer ces deux paramètres (apport et lame d'eau) sur la base de formules empiriques.

3.1.1-La formule de l'A.N.R.H :

$$A = 0.915.P^{2.684}.S.10^6.$$

A : apport annuel (hm³).

P : pluie moyenne du bassin versant (mm).

S : surface du bassin versant (km²).

A.N :

$$A = 11.47\text{hm}^3.$$

$$Le = 10.92\text{mm}.$$

3.1.2-La formule de Déri :

$$A = 0.513.P.2.683Dd.0.5.S^{0.842} / S.$$

Dd : densité de drainage (km/km²).

A.N :

$$A = 13.66\text{hm}^3.$$

$$Le = 13.04\text{mm}.$$

3.1.3-La formule de Saidi :

$$Le = 13.23(P/1000)^{2.27 \times 13.536}$$

A.N :

$$Le = 19.15\text{mm}.$$

$$A = 20.10\text{hm}^3.$$

3.1.4-La formule d'Adjel-Smail :

$$Le = (P/60)^{2.15}$$

A.N :

$Le = 26.74\text{mm}$ et $A = 28.032\text{hm}^3$.

3.1.5-La formule de Sogreah :

$$A = 720 \cdot (P \cdot Pa / 1000)^{1.85}$$

Pa : pluie moyenne d'un bassin semi-aride à subhumide (150mm).

A.N :

$$A = 23.69\text{hm}^3.$$

$$Le = 22.56\text{mm}.$$

On peut dire que les formules précédemment décrites, reflètent bien l'influence de la pluviométrie et la surface du bassin versant sur l'apport liquide tout en négligeant d'autres paramètres jugés indispensables pour une éventuelle estimation (la lithologie, le couvert végétal, la pente...). Il sera judicieux de prendre une moyenne ($A = 19.34\text{hm}^3$ et $Le = 18.48\text{mm}$).

4. Estimation de l'apport solide :

Les sédiments (apport solide) transportés par ruissellement direct résultent de l'action érosive. Ces apports à granulométrie variée (graviers jusqu'au limons), sont évalués comme suit :

4.1. La formule de Sami :

$$E = P^2 / (293.2 \cdot 2S^{0.5}).$$

E : apport solide (t/km²/an).

P : pluie moyenne sur le bassin versant (mm).

S : surface du bassin versant (km²).

A.N :

$$E = 345.32 \text{ t/km}^2/\text{an}.$$

4.2. La formule de Tixeront :

$$E = 92R^{0.21}$$

R : lame d'eau ruisselée (mm). On prend la moyenne enregistrée par l'A.N.R.H (11.5mm).

A.N:

$$E = 154 \text{ t/km}^2/\text{an}.$$

4.3. La formule Sogreah :

$$E = A \cdot R^{0.15}$$

A : coefficient de perméabilité, dans notre cas le bassin versant est à

Perméabilité Moyenne donc, $A = 350$.

A.N :

$$E = 504.86 \text{ t/km}^2/\text{an}.$$

4.4. La formule de l'A.N.R.H :

$$T_{ss} \text{ (t/km}^2/\text{an)} = 26.62 \cdot IL + 5.07 \cdot IP + 9.77 \cdot Tc \cdot 593.56.$$

Tss : transport solide spécifique (t/km²/an).

IL : indice lithologique égale à la surface des formations marneuses et argileuses du Crétacé supérieur et du tertiaire en (%). Dans le cas de notre bassin versant. On Prend IL=25%.

IP : indice d'érosivité (produit du (%) des averses >30mm par leurs fréquence). On prend IP =1.71.

Tc: temps de concentration de la crue (heure).

A.N:

Tss = 173.42 t/km²/an.

Les formules de transport solide précédemment décrites doivent être utilisées avec la plus grande prudence car elles sont établies à partir de mesures dans les Oueds ou en laboratoires et dans des conditions particulières. Des écarts importants apparaissent d'une méthode à l'autre. Il est vrai que Tixeront a fait des études sur des bassins Algériens mais les résultats restent nuancés du fait que la formule négligent les facteurs favorables à l'érosion notamment, une lithologie contrastée, une forte pente et un couvert végétal très réduit en aval, en plus du caractère irrégulier et brutal des précipitations et des écoulements.

Conclusion :

La présente étude a permis de mettre en évidence l'importance des crues dans la dynamique érosive et le transport de sédiments. En effet, elle met en évidence, deux périodes caractérisées chacune par une dynamique particulière : une période essentiellement érosive où se produisent, en même temps, l'érosion des versants sur des sols qui ne sont pas encore protégés par la végétation et la remobilisation des particules qui ont été sédimentées dans le lit du cours d'eau lors des basses eaux, et une période qui indique la fin de l'érosion des versants et le début à la fois du transport et de la sédimentation des sédiments érodés.

Ce sont les formations superficielles et les sols qui subiraient l'effet des principaux mouvements hydriques. En effet, les sols sur marnes imperméables constituent un sérieux obstacle à l'infiltration et les fortes averses automnales et hiverno-printanières ont fortement ruisselé à leur surface, provoquant un lessivage important des versants. L'examen de la valeur moyenne de la dégradation mécanique obtenue dans cette étude montre que le bassin versant de l'Oued Labiod peut livrer une charge solide importante. Les matériaux mobilisés par cette érosion et véhiculés par les crues qui proviennent essentiellement des formations marneuses; unités lithologiques les plus vulnérables à l'érosion mécanique. Le taux élevé de piégeage des sédiments dans la retenue du barrage entraîne une diminution des apports à l'aval de cet aménagement, ce qui réduit considérablement la durée de vie de ce barrage. Comparé à d'autres bassins versant Algériens, le bassin versant de l'Oued Labiod montre un taux de dégradation spécifique très élevé.

Chapitre 4

Evaluation du risque d'érosion

L'érosion est un processus naturel sur toutes les terres. Les agents de l'érosion sont l'eau et le vent, chacun provoquant une perte importante de sol chaque année. L'érosion peut être un processus lent et insoupçonné, ou encore prendre des proportions alarmantes, entraînant une perte énorme de sol arable. De nombreux modèles d'érosion existent déjà et le plus connu est l'équation universelle de perte en sol (Universel Soil Loss Equation ou USLE) développée par WISCHMEIER et SMITH en 1978 et révisée en 1997 par RENARD *et Al*, pour constituer le modèle RUSLE, concernant l'érosion dans les parcelles agricoles à partir de mesures in situ. De notre part, on va essayer à partir des formules (Fournier 1960), Arnoldus, et Wischmeier de développer un modèle applicable vis-à-vis des caractéristiques du bassin objet d'étude.

1. Evaluation numérique :

1.1. Calcul de l'érosivité :

Les différents indices d'érosivité (R), (IF), (IFA) et (E) ont été calculés pour les quatre stations traitées et sélectionnées dans le deuxième chapitre, sur une période de 30 ans. Les valeurs de chaque indice ont été additionnées et divisées par le nombre d'années auquel elles correspondaient, ce qui nous a permis d'obtenir un indice annuel moyen de l'érosivité des pluies de chaque station.

1.1.1-L'indice Fournier (IF):

$$IF = \frac{P^2}{P} \quad \text{avec}$$

P^2 : La pluviométrie du mois le plus pluvieux (humide) (mm).

P : Hauteur de la pluie annuelle (mm).

1.1.2-L'indice Fournier-Arnoldus (IFA) :

$$IFA = \frac{\sum_{i=1}^{n=12} P^2}{P} \quad \text{avec:}$$

P^2 : La pluviométrie de chaque mois de l'année (mm).

P : Hauteur de la pluie annuelle (mm).

1.1.3-Les formules de Fournier (1960) :

$E = 27.12 C - 475.4$. Applicable pour la station de M'chounèche.

Avec : E : La dégradation spécifique t / km²/an.

$$C = \frac{P^2}{P} \quad (\text{mm}).$$

$E = 52.49 C - 737.62$. Applicable pour les stations de Médina, T'kout et Tifelfel.

1.1.4-L'indice (R) de Wischmeier :

$$R = (k.c)^n$$

Avec :

$$C = h_1 \times h_{24} \times H \dots\dots\dots (1) \text{ avec :}$$

h_1 : Hauteur maximale de pluie tombée en 1 heure avec une période de Retour de 2 ans (cm).

h_{24} : Hauteur maximale de pluie tombée en 24 heures avec une période de retour de 2 ans (cm).

H : Hauteur moyenne annuelle de pluie (cm)

K et n sont des coefficients relatifs aux climats :

Pour le cas du bassin versant Oued Labiod, le domaine est subhumide et semi-aride à aride donc :

$$K = 0.751 \text{ et } n = 0.80.$$

En vue de déterminer les précipitations tombées pendant des averses de différentes durées (t) et de fréquence voulue, la formule suivante est appliquée :

$$P_{t\%} = \bar{P}_{j\%} (t/24)^b \dots\dots\dots(2). \text{IN Sarvary. I .1985}$$

Avec:

$P_{t\%}$ = Hauteur de pluie de fréquence et durée donnée.

—

$\bar{P}_{j\%}$ = La moyenne des pluies journalières maximum annuelles.

t = Le temps de concentration.

b = L'exposant climatique relatif à chaque station.

Les pluies journalières maximum d'une fréquence donnée sont déterminées grâce à la formule suivante :

$$P_{j\%} = \frac{\bar{P}_j}{\sqrt{Cv^2+1}} e^{\mu \sqrt{\ln(Cv^2+1)}} \dots\dots\dots(3). \text{IN Sarvary. I .1985}$$

$P_{j\%}$ = Pluie journalière maximum de fréquence voulue.

\bar{P}_j = La moyenne des pluies journalières maxima annuelles.

Cv = Le coefficient de variation.

μ = variable de Gauss dont les valeurs sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 45 : Variable de Gauss selon les fréquences

Fréquence au non dépassement	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss (μ)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Pour les pluies fréquentielles h_1 et h_2 la relation (3) devient alors :

$$P_j = \frac{\bar{P}_j}{\sqrt{Cv^2 + 1}} \dots\dots\dots(4)$$

\bar{P}_j peut être estimé à partir d'une régression faite avec les pluies annuelles. Pour le cas de l'Algérie, 3 relations ont été citées IN Sarvary, 1985. Déduites graphiquement par Booy.K, 1981.

$$P_j = 0.0525 \times P_{an} + 18.6 \quad (r = 0.97) \longrightarrow \text{relation (I)}$$

$$P_j = 0.088 \times P_{an} + 9.2 \quad (r = 0.92) \longrightarrow \text{relation (II)}$$

$$P_j = 0.233 \times P_{an} + 6.1 \quad (r = 0.86) \longrightarrow \text{relation (III)}$$

D'où : P_{an} = les pluies annuelles moyennes.

D'après Sarvary, il est judicieux de préciser que la deuxième relation s'applique uniquement sur la partie Ouest de l'Algérie (Macta, Tafna, Oran). Cependant tous les autres bassins appartiennent à la relation (I), sauf la partie centrale du Sahara. Donc, la relation (I) est certes la mieux appropriée à notre bassin d'étude.

Tableau 43 : Liste des stations disposant de l'exposant climatique (b)

Code	Station	Altitude (m)	(b)
061503	Medina	1450	0.32
061506	T'kout	998	0.29
061511	Tifelfel	740	0.29
061502	M'chounèche	390	0.16

Source A.N.R.H.

1.1.5-Calcul de l'indice (R) de Wischmeier :

Tableau 47 : Les paramètres qui ont servi au calcul de (R)

Code	Station	H (cm)	h ₂₄ (cm)	h ₁ (cm)	C (cm)	R(t/ha)
061503	Medina	41.682	4.9	3.5	714.84	144.21
061506	T'kout	23.8	3.3	3.1	243.47	60.92
061511	Tifelfel	19.5	3	3	175.5	46.88
061502	M'chounèche	12.088	2.65	2	64.06	20.93

2. Résultats et interprétations :

2.1. Calcul des indices (R), (IF), (IFA) et (E) à Médina :

2.1.1-Calcul de l'indice (R) :

$$R = (K.C)^n$$

$$K = 0.751 \quad n = 0.80$$

$$c = h_1 \times h_{24} \times H$$

h₁ : hauteur de pluie tombée en une heure (cm).

h₂₄ : hauteur de pluie tombée en 24 heures (cm).

H : hauteur annuelle moyenne de pluies (cm).

$$C = 3.5 \times 4.9 \times 41.682 = 714.84 \text{ cm.}$$

$$R = 0.0751 \times 714.84^{0.80} = 144.21 \text{ t /ha.}$$

2.1.2-Calcul de l'indice (IF) :

$$P^2$$

$$IF = \frac{P^2}{P}$$

$$P$$

P : la pluviométrie du mois le plus pluvieux de l'année (mm).

P² : hauteur de pluie annuelle (mm).

$$(186.4)^2$$

$$IF = \frac{(186.4)^2}{658.7} = 52.74 \text{ mm.}$$

$$658.7$$

2.1.3-Calcul de l'indice (IFA) :

$$\sum P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 + \dots + P_{12}^2$$

$$IFA = \frac{\sum P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 + \dots + P_{12}^2}{P}$$

$$P$$

P² = la pluviométrie de chaque mois de l'année (mm).

P = hauteur de pluie annuelle (mm).

65716.62

$$\text{IFA} = \frac{65716.62}{658.7} = 99.76 \text{ mm.}$$

2.1.4-Calcul de l'indice (E) :

$$E = 91.78 C - 737.62 \quad \text{Avec :}$$

$$P^2$$

$$C = \frac{P}{P} \quad \text{D'où : } E = 91.78 (52.74) - 737.62 = 4102.8 \text{ t/km}^2/\text{an.}$$

Les mêmes étapes sont suivies pour les autres stations, on a obtenu le tableau suivant:

Tableau 48 : Résultats du calcul des indices (R), (IF), (IFA) et (E)

Code	Station	R (t.m/ha)	IF (mm)	IFA (mm)	E (t/km ² /an)
061503	Medina	144.21	52.74	99.76	2030.7
061506	T'kout	60.92	49.64	85.59	1867.9
061511	Tifelfel	46.88	36.33	42.61	1169.3
061502	M'chounèche	20.93	12.43	29.58	-138.29

2.2. Interprétation :

Manifestement le bassin versant Oued Labiod semble arrosé et reçoit presque la même quantité de précipitations que celui de Chélif, mais avec une légère part comparé à ceux de Tafna et Isser.

Les résultats issus du calcul des différents indices évoquent une variation dans chaque station prise isolement (voir tableau 45), ceci est certainement due à la variation spatiale des éléments du climat.

En effet le bassin dans sa configuration et son étendue montre une variation suivant un gradient altitudinal et latitudinal qui influencent fortement sur le bilan hydrique. Cette variation spatiale à caractère climatique se représente forcément sur la valeur de l'érodibilité et son articulation dans l'espace (telle estimée par ces méthodes). En effet les secteurs septentrionaux des hautes altitudes de Medina bien arrosés sont le siège d'une dynamique érosive importante. Toute chose étant égale par ailleurs, la zone méridionale, située vers l'exutoire du barrage est caractérisée par un climat aride qui voit l'érodibilité réduite à sa plus simple expression.

2.2.1-L'indice (R) de Wischmeier :

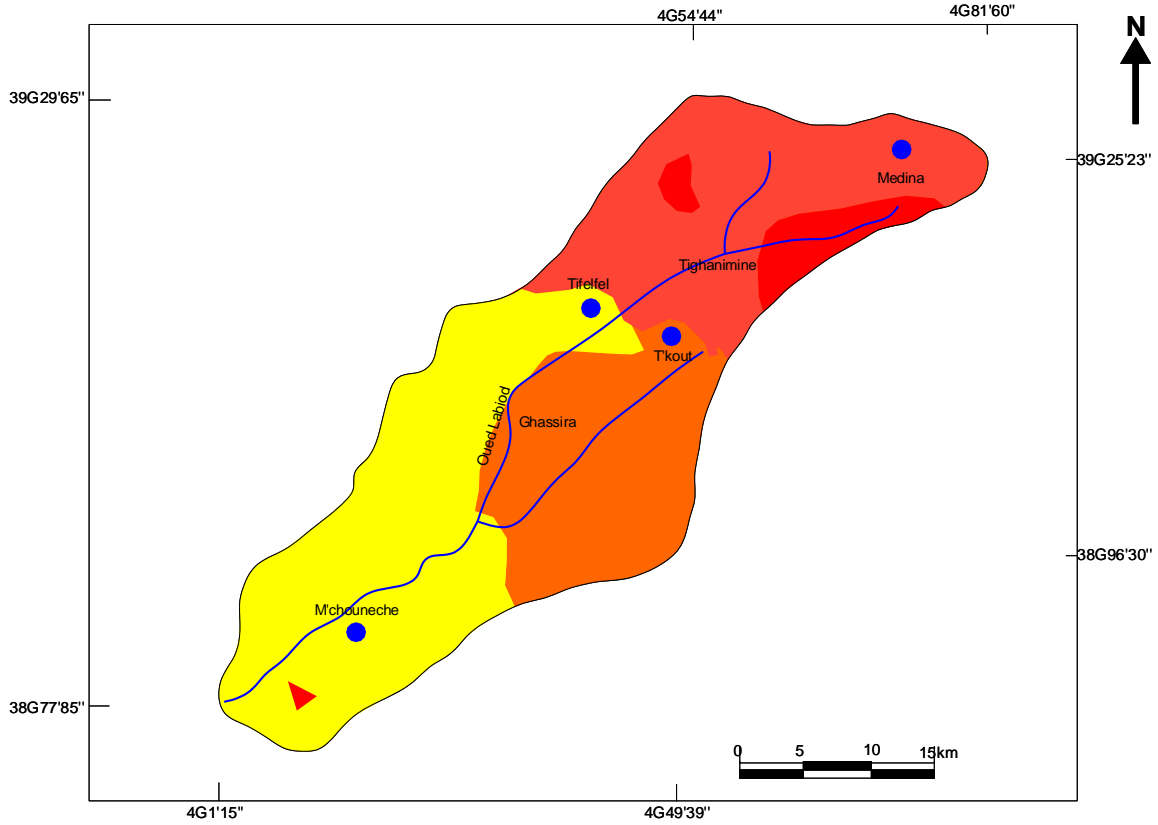
Il varie entre 20.93 t/ha et 144.21 t/ha respectivement pour les stations de M'chounèche et Médina, cette variation est proche de celle estimée dans le bassin versant de Chélif (20.64 à 120.92 t.m/ha).









2.2.2-L'indice (IF) de Fournier :

Il varie de 12.43 mm à la station M'chounèche et 52.74 mm, cet écart est considérable comparé à celui trouvé dans le bassin versant Chélif (3.26 à 28.15 mm).

Carte N° :

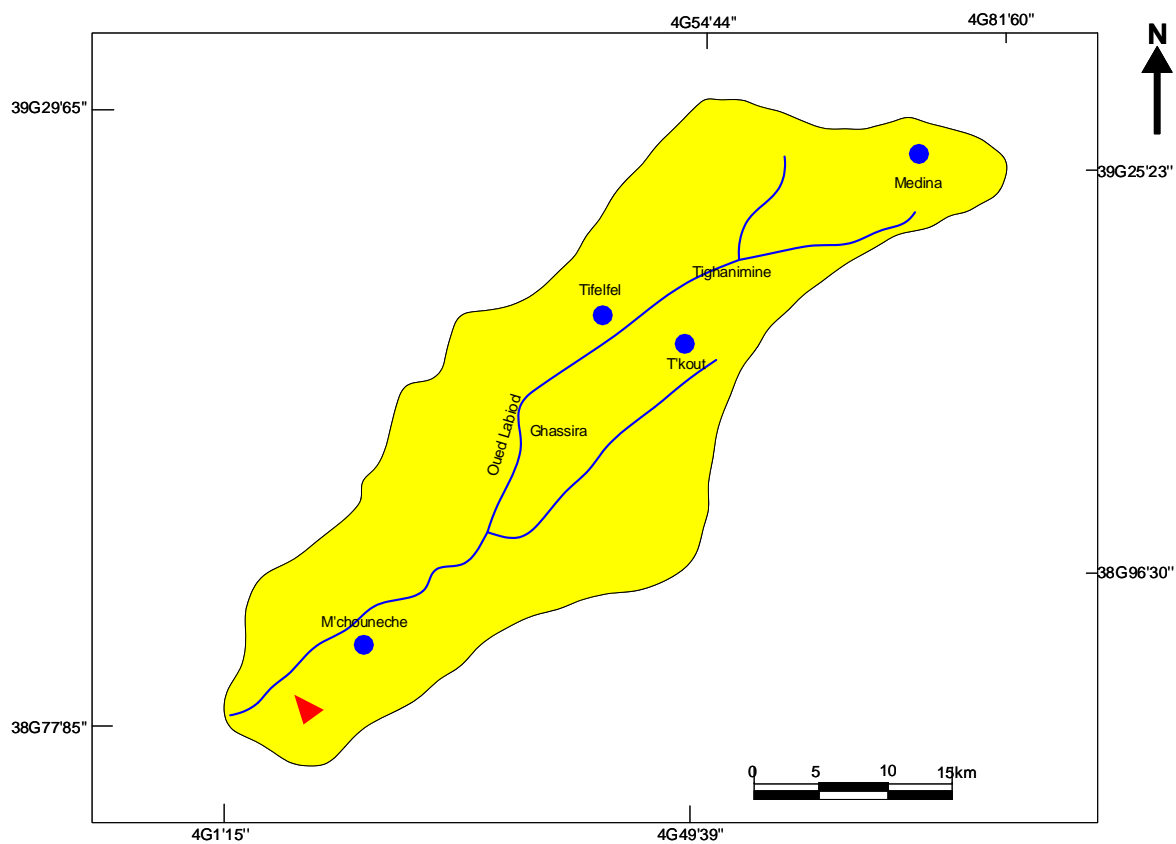
Carte érosion suivant l'indice (R) de wischmeier dans le bassin versant OUED LABIOD








-  réseau hydrographique
-  station pluviométrique
-  limite du bassin versant
-  station hydrométrique
-  $R > 160$ t/ha
-  $120 < R < 160$ t/ha
-  $60 < R < 90$ t/ha
-  $R < 60$ t/ha

Carte N° :

Carte d'érosion suivant le modèle de Fournier (IF) dans le bassin versant OUED LABIOD



-  réseau hydrographique
-  station pluviométrique
-  limite du bassin versant
-  station hydrométrique
-  IF < 60 mm

2.2.3-L'indice (IFA) de Fournier-Arnoldus :

Il fluctue entre 29.58 mm à la station M'chounèche et 99.76 à la station de Médina.

2.2.4-L'indice (E) de Fournier :

Il varie de -138.29 t/km²/an à la station de M'chounèche et 4102.8 t/km²/an à Médina, selon la répartition géographique et les altitudes ces valeurs indiquent une grande diversité de perte en sol.

Tableau 49 : Les caractéristiques de quelques bassins versants Algériens

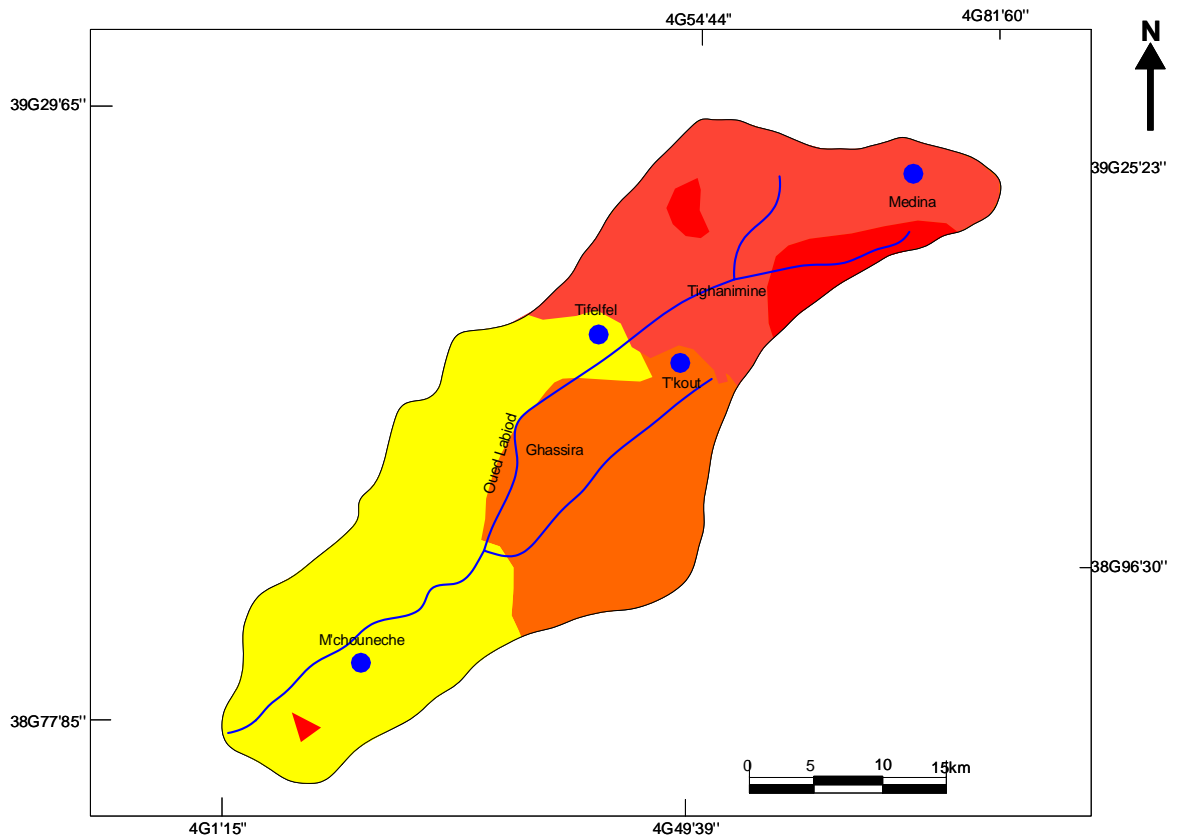
Bassin et code	Auteur	Pluviométrie (mm)	(R) t/ha	(IFA) mm	(IF) mm	(E) t/km ² /an
01 Chélif	Himrane. 91	100 - 50	20 - 120	14 - 88	3 - 28	/
02 Isser	Hamli. 91	360 - 830	35 - 80	26 - 62	/	/
05 Hodna	Boukhetache et Zerarka. 94	84 - 363	8 - 50	14 - 56	6 - 30	/
07 O.Labiod	Haoues.2007	120 - 650	20 - 144	29 - 99	12 - 53	-138 à 4102
11 Macta	Zabbar. 91	196 - 590	30 - 100	22 - 65	4 - 17	/
16 Tafna	Hafiane. 91	296 - 735	38 - 80	34 - 85	6 - 22	/









D'après les indices (R), (IF), (IFA) et (E), on constate que seul l'indice (IF) donne des résultats soupçonnés, pour la simple raison qu'il n'intègre que les précipitations d'une courte période (un mois pluvieux) sachant que l'année est soumise à plusieurs événements pluvieux avec un coefficient de corrélation $R = 0.62$. (Voir annexes).

Bien que les indices (R) et (IFA) donnent de bons résultats avec des coefficients de corrélation variant respectivement entre 0.95 et 0.81, seul l'indice (E) répond fidèlement aux caractéristiques du bassin versant objet d'étude avec un $R = 0.98$ Notamment, les parties amont des versants subissent toujours une érosion plus forte, la concavité aval est, contrairement aux sommets, une zone de dépôts de sédiments et non une zone d'érosion (Renard et al, 1997) expliquée par une valeur négative. Les indices (R) et (IFA) restent nuancés du fait qu'ils négligent certains paramètres jugés indispensables (relief, pente, couvert végétal,...).

Carte N° :

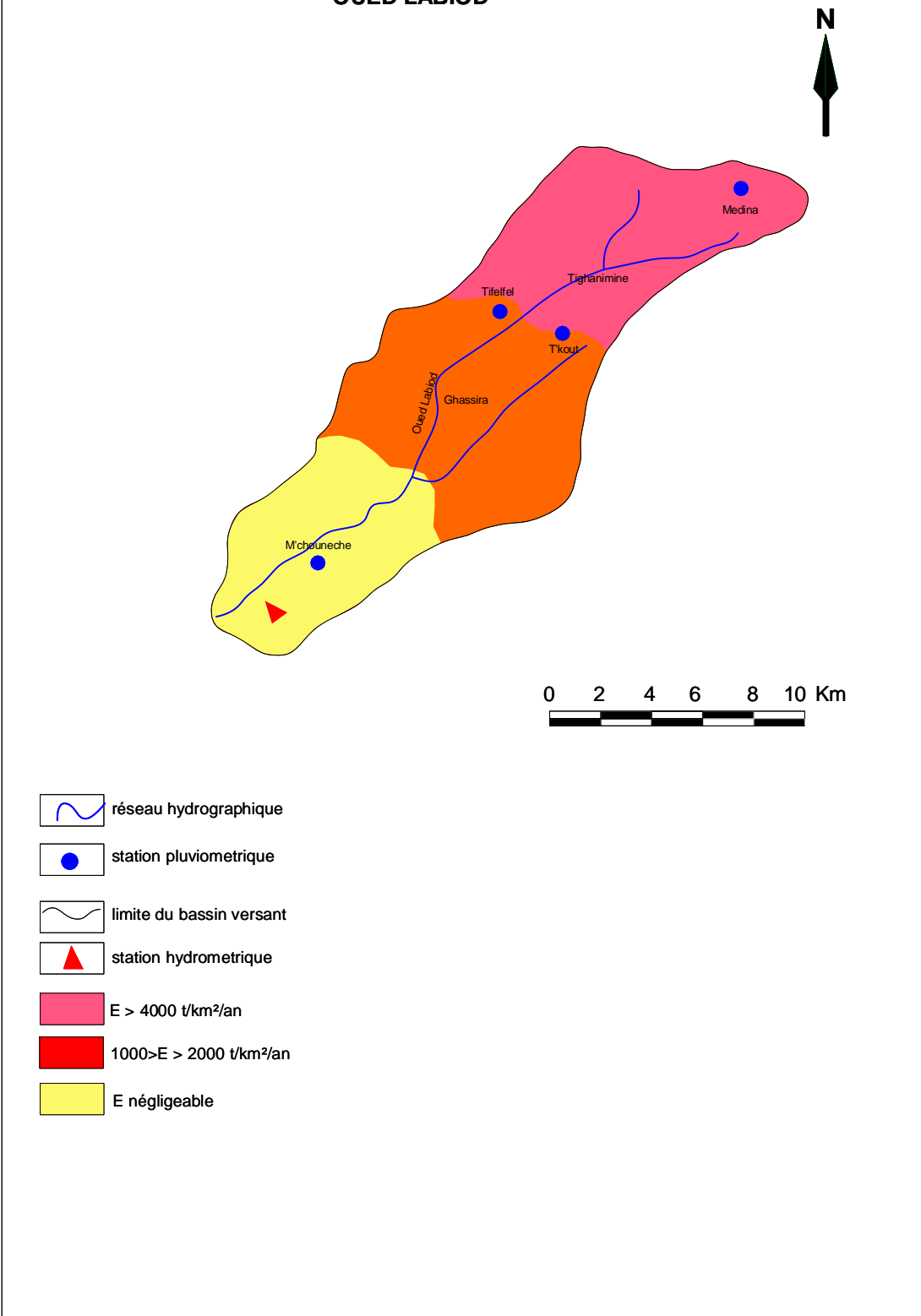
Carte érosion suivant l'indice (IFA) de Fournier dans le bassin versant OUED LABIOD



-  réseau hydrographique
-  station pluviométrique
-  limite du bassin versant
-  station hydrométrique
-  IFA > 120 mm
-  90 < IFA < 120 mm
-  60 < IFA < 90 mm
-  IFA < 60 mm

Carte N° :

Carte d'érosion suivant l'indice (E) de Fournier dans le bassin versant
OUED LABIOD



3. Applicabilité d'USLE de Wischmeier :

Avant d'adopter l'une ou l'autre des méthodes de lutte antiérosive, il est souhaitable de revenir aux causes de l'érosion et aux facteurs qui en modifient l'expression dans les conditions écologiques où ce travail a été effectué. L'analyse des résultats disponibles dans le cadre de l'équation de prévision de l'érosion, soit environ 560 parcelles/an, permet de passer en revue et de quantifier ces différents facteurs (Roose, 1975) : $A = R.K.LS.C.P.$

3.1. L'indice d'agressivité climatique (R) : est très élevé et croît au Nord, sa répartition au cours de l'année est très hétérogène : 75 % de la valeur de R annuel sont souvent concentrés en 2 ou 3 mois, au début de la saison culturale lorsque les sols cultivés sont peu couverts.

R : l'érosivité des pluies, varie de 15 à 144.

3.2. La résistance des sols à l'érosion (K) : Cependant il est difficile de réduire l'érodibilité d'un sol une fois qu'il est dégradé, qu'il a perdu sa matière organique, son argile, sa structure et sa perméabilité: K augmente de 0,10 à 0,20 ou 0,35 avec la dégradation des sols sous culture

K : l'érodibilité est comprise entre 0.4 et 0.6

3.3. Le facteur topographique (LS) : regroupe les effets de la longueur (L) et de l'inclinaison (S) de la pente. L'influence de la longueur de la pente n'est ni constante, ni très élevée : pour des raisons pratiques, une équipe de chercheurs américains a estimé que l'érosion croît comme la racine carrée de la longueur de pente. Par contre, l'influence de l'inclinaison de la pente est déterminante. Les transports solides croissent de façon exponentielle (l'exposant = $\pm 1,4$ à 2) avec le pourcentage de pente (Zingg, 1940 ; Hudson, 1973 ; Roose, 1975) ou encore selon une équation du second degré très voisine (Wischmeier et Smith, 1960). Sur les pentes les plus courantes (0,1 à 15 %) d'une longueur de 60 m, la variabilité de SL se situe dans une gamme de 0,1 à 5. **SL :** l'indice topographique, varie de 0,1 à 5 et peut aller jusqu'à 20.

3.4. La couverture du sol (C) : assurée par les végétaux (et les cailloux) a une importance qui l'emporte sur celle de tous les autres facteurs qui conditionnent l'érosion. En effet, quels que soient l'agressivité du climat, la pente, le type de sol, les phénomènes d'érosion seront médiocres si le sol est couvert à plus de 90 %. A noter cependant que les techniques culturales vont intervenir puissamment durant la phase de croissance des végétaux.

C : l'interaction entre la couverture végétale et les techniques culturales, varie entre 1 et 0.001
Maintenant qu'on dispose d'un nombre relativement important de mesures de l'érosion en parcelles expérimentales (plus de 560) en Afrique de l'ouest, du nord et du centre, on peut se poser des questions sur l'applicabilité de "l'équation universelle" de pertes en terre (Wischmeier et Smith, 1978) en Afrique (Roose, 1978). Ce modèle ne s'applique qu'à l'érosion en nappe et rigole (donc à l'érosion naissante), il n'aborde ni le problème du mode de ruissellement, ni des transports en solution.

A la limite, on peut modifier chaque sous-modèle pour tenir compte de l'énergie du ruissellement sur les fortes pentes. Ce modèle empirique doit être basé sur un grand nombre de résultats répétés dans le temps et dans l'espace car il vise le comportement moyen à long terme (20 ans) des terres cultivées. L'usage de simulateurs de pluies (données ponctuelles pour chaque situation) peut compenser le manque de données sur parcelles sous pluies naturelles, mais ne peut pas les remplacer. Il est toujours difficile de comparer des résultats particuliers obtenus en simulation avec des données moyennes sur plusieurs années sur parcelles. Or, les expérimentations en station sont longues et coûteuses. En pratique, en l'absence de résultats localement bien représentés, on peut s'appuyer sur les tables donnant les coefficients correspondants en Afrique ou aux Etats-Unis (voir Wischmeier et Smith, 1978). Ce modèle est basé sur des données provenant de petites parcelles (100 m²), des champs ou des bassins versants de surface très limitée (quelques hectares): il se pose donc des problèmes d'échelle lorsqu'on tente de prévoir des valeurs régionales d'érosion et surtout, de transport solides sur de vastes bassins versants concernés par des aménagements hydrauliques craignant l'envasement. La valeur de l'érosion tolérée est difficile à préciser car le modèle néglige l'aspect qualitatif des matériaux érodés. Or, la richesse de nombreux sols se trouve stockée dans les 20 premiers centimètres (surtout sous forêt) et l'érosion en nappe arrache sélectivement les colloïdes organiques et minéraux ainsi que les nutriments qui assurent le réservoir hydrique et chimique du sol (Roose, 1967-73-80). Le modèle semble s'appliquer assez bien à des sols riches en kaolinite, des sols bruns lessivés, des sols ferrallitiques et ferrugineux, à l'exclusion des sols riches en argiles gonflantes (vertisols, sols bruns, sols salés) qui manifestent très rapidement un ravinement important dû à leur faible capacité d'infiltration une fois qu'ils sont mouillés.

Enfin, ce modèle néglige les interactions entre les différents facteurs. Or, ces interactions se sont avérées très nombreuses à l'analyse des résultats. Ainsi, on a observé une grande différence de réaction de sol à l'agressivité des pluies en fonction de la pente, selon que le sol est argileux (rigoles) ou sableux (nappes) et selon l'état de surface du sol (rugosité due aux façons culturales, humidité préalable du sol, gestion des résidus de culture). Ceci étant admis, il faut reconnaître non seulement l'utilité pratique de cette équation sur le terrain pour rationaliser l'aménagement de l'espace rural, mais aussi son intérêt scientifique pour définir l'influence relative de chacun des facteurs en cause. Cette équation répond donc bien à sa vocation qui est de déterminer les techniques antiérosives à mettre en œuvre dans chaque situation. Sur le vieux continent africain l'utilisation de l'équation de Wischmeier semble justifiée par une masse de résultats (560) se rapportant aux sols, aux plantes et aux pentes les plus couramment cultivées.

3.5. L'indice d'agressivité climatique : tient fort bien compte des interactions entre la hauteur, l'intensité et la durée des pluies sur les transports solides; il pourrait cependant lui être ajouté un indice d'humidité du sol exprimant l'état de ce dernier avant la pluie. Le dépouillement fastidieux de

milliers de pluviogrammes a permis de présenter une première esquisse de la répartition spatiale de l'indice d'agressivité annuel moyen et de constater qu'en dehors des zones de montagne, les pluies ont des caractéristiques (hauteur, intensité, durée, fréquence) voisines sur les basses régions d'Afrique du Nord. Cependant, il faut se poser la question de savoir s'il convient de fonder la lutte antiérosive sur des valeurs moyennes de l'agressivité des pluies ou bien sur des risques décennaux ou centennaux provenant des averses exceptionnelles. Cette approche fréquentielle reste à faire.

3.5.1- La couverture du sol assurée par les végétaux (et les cailloux) : a une importance qui dépasse celle de tous les autres facteurs conditionnant l'érosion. L'architecture des plantes ainsi que les techniques culturales ne jouent qu'un rôle secondaire une fois que le sol est couvert à 90 %. Cependant les techniques culturales peuvent intervenir durant la phase de croissance des végétaux. L'indice C permet par ailleurs de sélectionner les techniques et les plantes les mieux adaptées aux conditions écologiques locales.

3.5.2- L'érodibilité des sols : contrairement à une opinion largement répandue parmi les agronomes, les sols ferralitiques, et dans une moindre mesure, les sols ferrugineux surtout s'ils sont gravillonnaires, semblent moins fragiles que bon nombre des sols lessivés des régions. C'est l'agressivité particulière des pluies qui entraîne les dégâts impressionnants que l'on observe dans la zone d'étude. L'analyse du mode d'apparition très particulier du ruissellement reste à faire.

3.5.3- Le facteur topographique : et en particulier la longueur de la pente, constitue certainement un point faible de cette équation puisqu'il devrait varier avec le type de sol, avec la texture et le type de couverture végétale. Mais en attendant de rassembler suffisamment de données sous pluies naturelles ou simulées, il peut être utilisé dans la plupart des cas pratiques.

Cette réserve est cependant importante pour le choix des techniques antiérosives qui font trop souvent appel à la limitation de la longueur de pente, laquelle n'est efficace que pour l'érosion en rigole et rarement pour l'érosion en nappe. Ces réserves sont encore plus graves lorsque l'influence de la position topographique dépasse celle de la pente comme par exemple, dans le cas où l'érosion régressive a pour origine le réseau de drainage ou le fond de vallée. En conséquence, les techniques antiérosives du type biologique, c'est à dire favorisant la couverture du sol, sont à la fois les plus efficaces, les moins onéreuses et les mieux adaptées aux conditions des plaines et des plateaux largement ondulés du vieux continent africain. En conclusion, on ne peut attribuer le terme d'universel à l'équation de Wischmeier et Smith puisqu'elle ne s'applique ni aux sols à argile gonflante, ni aux sols volcaniques, ni aux régions montagneuses à relief jeune où l'érosion ravinante linéaire domine, ni aux zones sahariennes et méditerranéenne où la pluie exceptionnelle a une importance décisive. Cependant cette équation de prévision de l'érosion semble bien adaptée à la majorité des terrains cultivés en Afrique et en particulier aux pentes moyennes à faible, sur les sols ferralitiques et ferrugineux et argilo-sableux.

4. La pratique du modèle de Wischmeier sur le bassin objet d'étude :

L'étude qui suit vise à créer, par la spatialisation de l'équation empirique *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), établie par *Renard et al.* (1997), une carte du risque érosif pour le bassin versant de l'Oued Labiod

4.1. Calcul de l'indice (R) :

$R = (k.c)^n$. Avec : $K = 0.751 / c = h1.h24.H$ et $n = 0.80$.

$h1$: Pluie tombée en une heure avec une fréquence de 2 ans.

$h24$: Pluie tombée en 24 heures avec une fréquence de 2 ans.

H : est la pluie moyenne annuelle (mm).

Tableau 50 : *Caractéristiques de l'indice (R)*

Station	k	c	n	(R)
Médina	0.751	714.84	0.80	144.21
T'kout	0.751	243.47	0.80	60.92
Tifelfel	0.751	157.41	0.80	46.88
M'chounèche	0.751	45.98	0.80	20.93

4.2. L'indice (K) :

Sur la base des données expérimentales établie par *Renard et al.* (1997), on a pu constater que les zones aval sont les plus défavorables donc, les plus susceptibles à l'érosion avec des valeurs minimales en amont et des valeurs maximales en aval : est fonction de la texture des sols, de la teneur en matières organiques (mo), de la structure du profil ($1 < b < 4$) et de la capacité d'infiltration ($1 < c < 6$) Avec :

$M = (\% \text{ limons} + \% \text{ sables}) (100 - \% \text{ argiles})$.

$100K = 2.2 M.10^{1.14} \cdot (10^{-4}) \cdot (12-a) + 3.25 \cdot (b-2) + 2.5 \cdot (c-3)$. Etablie par Wischmeier.

$K = 2.8 \times 10^{-7} \times M^{1.14} (12.Mo) + 4.3 \times 10^{-3} (b-2) + 3.3 \times 10^{-3} (c-3)$. Etablie par *Renard et al.* (1997).

Tableau 51 : Caractéristiques des stations

Station	argiles%	limons%	sables%	mo%	b	c	K _w	K _{R.al}
Médina	35	37.7	27.3	1.51	2	4	0.34	0.43
T'kout	33.7	38.1	28.2	1.36	2	4	0.31	0.46
Tifelfel	34.2	35	30.8	1.25	2	4	0.30	0.45
M'chounèche	17	41	42	1.05	2	4	0.36	0.56

4.3. L'indice (LS) :

$LS = L^{1/2} / 100 \cdot (0.76 + 0.53 S + 0.076 S^2)$. Etablie par Wischmeier.

A Medina: $L = 120m / S = 24\%$

—————→ $LS = 6.29$

Pour (Renard et al. 1997), S est traité à partir de la carte des pentes. Il est estimé grâce à deux régressions simples appliquées en fonction de l'angle d'inclinaison de la pente (θ).

* $S = 10.8 \sin \theta + 0.03$ si la pente est inférieure à 9%.

* $S = 16.8 \sin \theta - 0.50$ si la pente est supérieure ou égale à 9%.

Théoriquement, les longueurs d'écoulement sont intégrées dans le modèle en rapportant la longueur λ (m), calculée entre le sommet du versant et le début de la zone concave (Renard et al. 1997), à la longueur de la parcelle expérimentale de RUSLE (22,1m). L'ensemble est élevé à l'exposant m sans dimension, intégrant l'inclinaison de la pente (θ) et la rugosité du sol ($0,5 < \xi < 2$) aux calculs du facteur: $L = \lambda (m) / 22.1$ avec : $m = \xi \beta / (1+\beta)$. Et : $\beta = (\sin (\theta / 0.0896)) / 3(\sin (\theta) 0.8 + 0.56)$

Tableau 52 : L'indice topographique des stations

Station	LS _w	LS _{R.al}
Médina	6.29	7.99
T'kout	4.59	6.08
Tifelfel	4.02	5.38
M'chounèche	1.31	4.31

4.4. L'indice (C) :

Pour faire figurer ce facteur dans l'étude, une carte du couvert végétal est créée à partir de photographies aériennes et cartes topographiques (1/50 000). Cette couche d'information ne comporte que deux éléments : les espaces boisés et les zones agricoles (du secteur d'étude). En ce qui concerne les zones agricoles, elles sont considérées dans le modèle comme protégées si elles sont occupées par des cultures d'hiver et nues lorsque l'espace est occupé par des cultures d'été. Les observations des itinéraires techniques des cultures montrent que, pour une parcelle donnée, l'alternance des cultures se fait en moyenne une année sur deux. Roose (in Roose 1977) estime que $C = 1$ pour les sols nus. Afin de prendre en compte la rotation interannuelle des cultures, la valeur attribuée au facteur C pour les espaces agricoles est donc de 0.5

4.5. L'indice (P) :

Le calcul montre que l'introduction de structures antiérosives n'est pas suffisante: il faut modifier les pratiques culturales et/ou les rotations. Dans le meilleur des cas, avec un système intensif, des cordons de pierres tous les 25 mètres et le labour en courbe de niveau, les risques d'érosion sont encore doubles de la tolérance ($E = 1 \text{ t/ha/an}$).

Si on introduit le billonnage isohypse cloisonné, l'érosion varie de 0,4 à 0,8 si on adopte les structures de dissipation ou de diversion du ruissellement. Voilà une deuxième solution, mais mécanique et donc plus coûteuse, mais plus facile à réaliser en zone semi-aride où la biomasse est consommée par le bétail et où la saison des pluies n'est pas assez longue pour produire une légumineuse semée en dérobée sous la céréaliculture. On prend $P = 0.5$.

Tableau 53: Les paramètres de l'équation universelle de Wischmeier

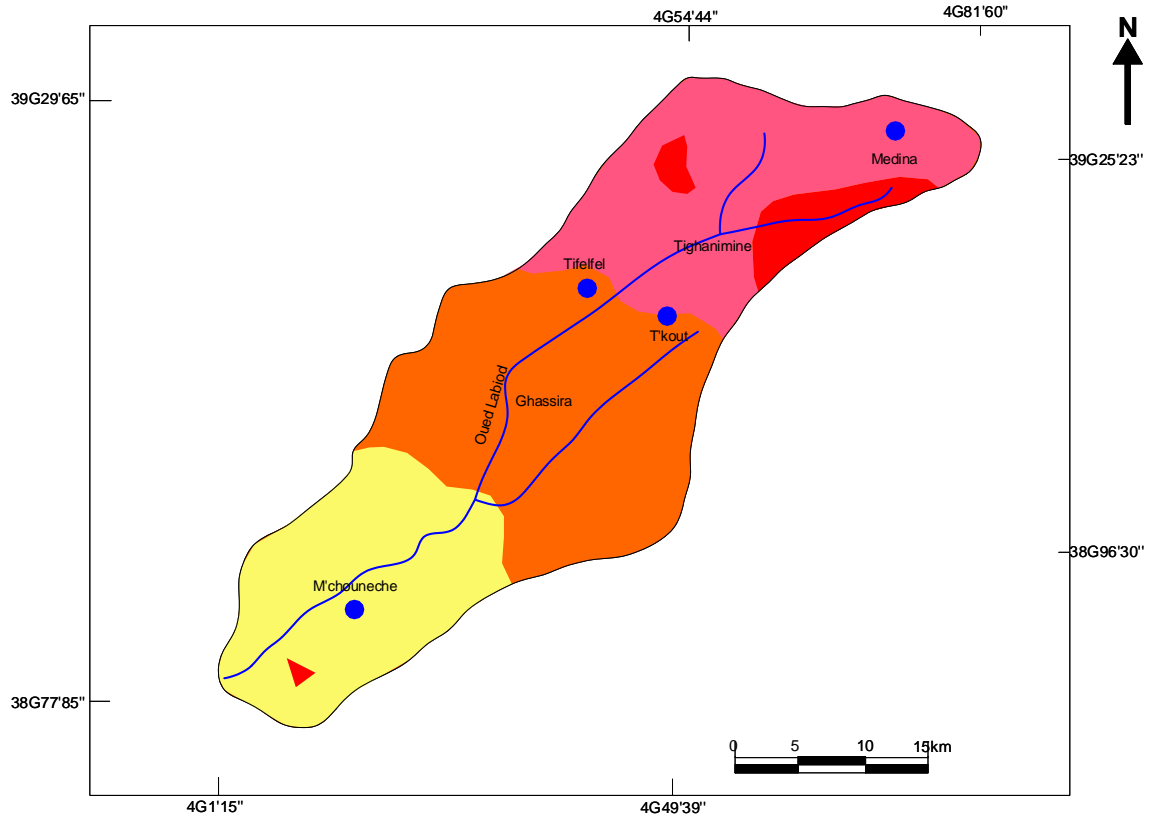
Station	R	K	LS	C	P	A(t/ha/an)
Médina	144.21	0.43	7.99	0.5	0.5	123.86
T'kout	60.92	0.46	6.08	0.5	0.5	41.66
Tifelfel	46.88	0.45	5.38	0.5	0.5	28.37
M'chounèche	20.93	0.56	4.31	0.5	0.5	12.62









5. Interprétation :

La carte du risque érosif fournit donc de nombreuses informations concernant le risque de départ de sédiment. Ces informations sont à la fois quantitatives puisque les résultats donnent des mesures d'érosion, exprimées en $\text{t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ pour chacune des cellules de la carte, qualitatives du fait de l'attribution d'une classe de sévérité de risque et spatiales du fait de la connaissance de la répartition du risque de détachement des sédiments sur le secteur étudié. La carte du risque érosif a été élaborée à partir d'une classification des taux d'érosion. L'érosion, pour ce secteur, varie entre 12.62 et 123.86 $\text{t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$. Les valeurs obtenues, malgré leur apparente hétérogénéité, présentent une structure spatiale définie par la localisation topo-paysagère dans laquelle elles s'inscrivent. Les parties amont des versants subissent toujours une érosion plus forte : des valeurs moyennes s'observent pour les versants; les valeurs les moins élevées se trouvent sur les replats, dans les concavités aval et dans les vallées alluviales. Ce dernier élément doit être nuancé : la concavité aval est contrairement aux sommets, une zone de dépôts de sédiments et non une zone d'érosion (Renard et al, 1997) comme en témoigne le comblement des ravines de versants (Revel et al, 1990) et la plus forte épaisseur des sols dans ces secteurs (Brunet, 1957). La carte du risque érosif devrait donc fournir en ces lieux des «valeurs négatives d'érosion» pour figurer le fait que les sédiments s'y déposent. La méthode employée ne permet pas de réaliser ce type de distinctions ni de quantifier la proportion de sol susceptible de se déposer dans ces secteurs. Cependant, puisqu'ils apparaissent sur la carte comme présentant de faibles risques de détachement des sédiments, l'erreur introduite n'affecte pas l'identification des zones à fort risque.

Carte N° :

**Carte d'érosion suivant le modèle de Wischmeier dans le bassin versant
OUED LABIOD**



-  réseau hydrographique
-  station pluviométrique
-  limite du bassin versant
-  station hydrométrique
-  érosion très forte
-  érosion forte
-  érosion modérée
-  érosion faible

Conclusion :

La modélisation distribuée par les méthodes précédemment décrites à base physique, permet de fournir une estimation de la dégradation des sols à n'importe quel endroit du bassin versant, mais, les résultats ont montré que les écarts entre les données observées et ceux simulées étaient significatifs et ne pouvaient être dus seulement aux incertitudes du modèle ainsi, ces approches se sont révélées inefficaces pour estimer correctement les pertes en sol «Jetten et al. 1999, 2003». Une des raisons invoquées est la mauvaise représentation des processus d'érosion sur les versants et la mauvaise estimation des flux de sédiments qui quittent les versants pour entrer dans le réseau hydrographique.

Dans la réalité, la topographie et le microrelief influencent fortement la nature des écoulements et l'évolution de la surface du sol. Les écoulements de surface se concentrent dans des chenaux qui constituent des zones d'érosion préférentielle et assurent aussi le transport des sédiments.

A ce jour, aucun modèle n'est capable de représenter avec beaucoup de détails les interactions entre les écoulements de surface et les processus d'érosion sur une parcelle comportant un microrelief.

D'autre part les paramétrisations existantes des processus d'érosion n'ont jamais été testées dans des conditions d'écoulement variées spatialement et transitoires dans le temps dues à la présence d'un microrelief et à l'évolution de la topographie sous l'action de l'érosion et du dépôt.

Chapitre 5

Analyse multicritères et propositions d'aménagements

Les unités sont codées de 0 à 5 suivant le degré de vulnérabilité et le paramètre d'évaluation.

Tableau 55 : Les classes de vulnérabilité

Classe (X)	Vulnérabilité
1	Très faible
2	Faible
3	Moyenne
4	Forte
5	Très forte

Seules les valeurs du plus grand ordre sont présent en considération dans cette évaluation pour mieux localiser l'aléa.

Tableau 56 : Classification des paramètres selon leur influence sur la vulnérabilité

Couvert végétal	Classe (X)	lithologie	Classe (X)	Pluviométrie (mm)	Classe (X)	Pente %	Classe (X)
Forêt dense	1	Calcaire	1	100-200	1	4 / 8	1
Forêt claire	2	Dolomie	1	200-300	2	9 / 12.5	2
Maquis	3	Grès	1	300-400	3	13 / 20	3
Céréalicultures	4	Calcaire-gréseux	2	400-500	4	20 / 25	4
Parcours / sol nu	5	Calcaire-marneux	2	>500	5	> 25	5
/	/	Marne-calcaire	3	/	/	/	/
/	/	Marne	4	/	/	/	/
/	/	Gypse	4	/	/	/	/
/	/	Formations quaternaire	4	/	/	/	/

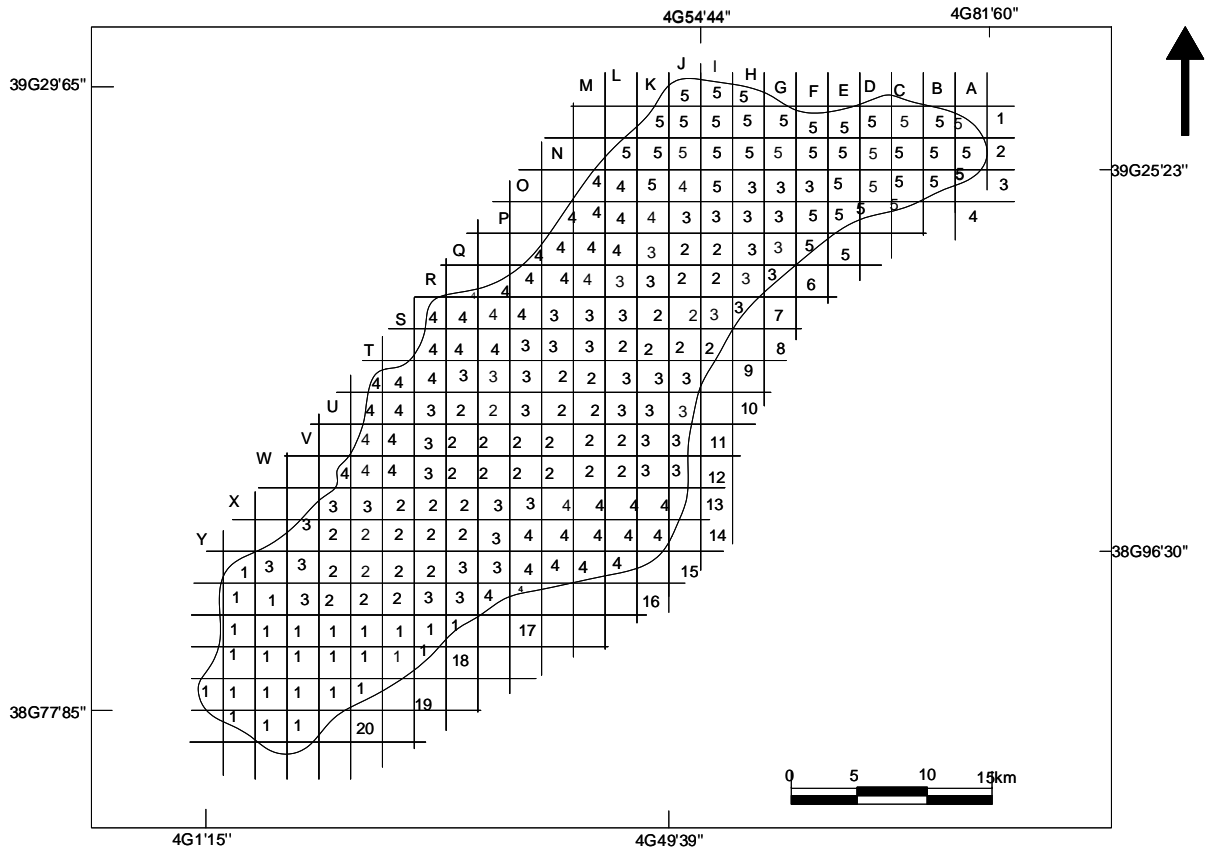
Les paramètres qui serviront dans cette approche sont classés selon leur poids d'impact sur l'aléa (PI) codé de 1 à 4, et la vulnérabilité (X) codée de 1 à 5.

Le produit du poids d'impact et la vulnérabilité n'est tout autre que l'indice de vulnérabilité systémique (IVS).

Tableau 57 : Les caractéristiques de l'indice IVS

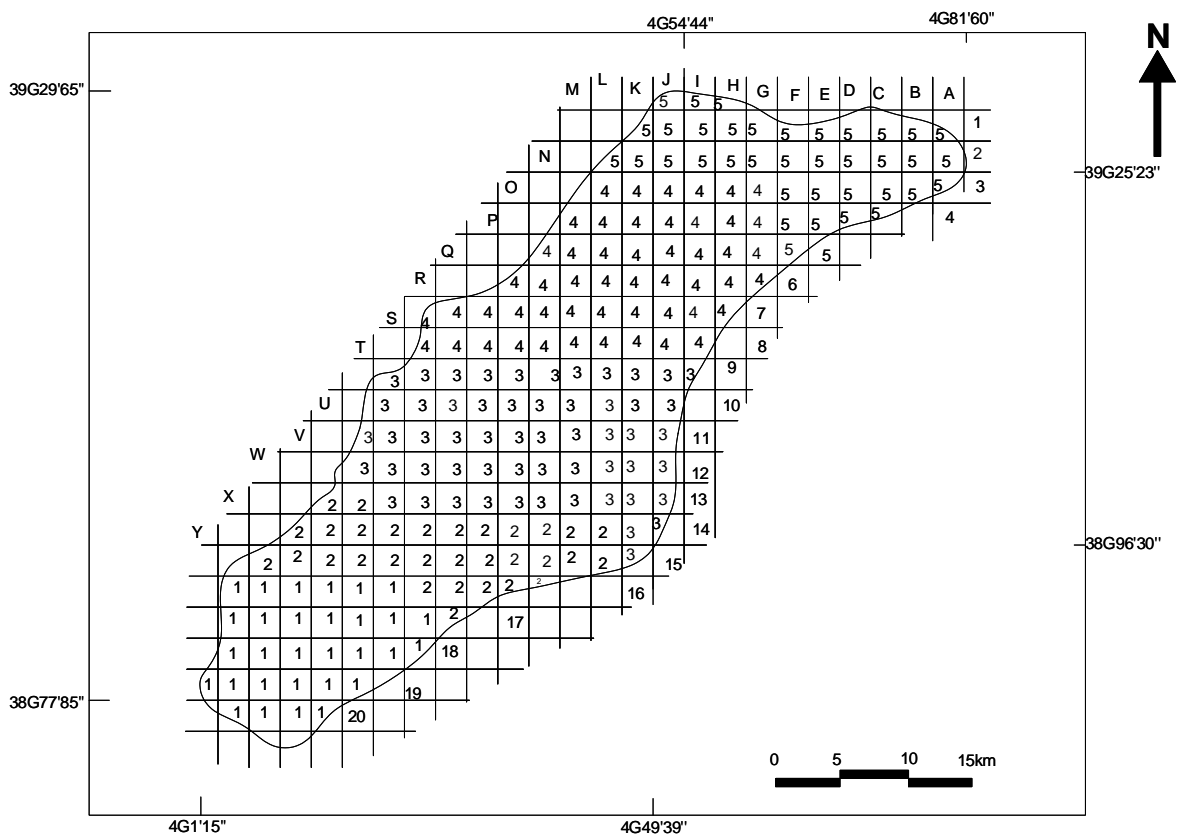
Paramètre	Poids d'impact (PI)	Classe (X)	Indice de vulnérabilité systémique (IVS)
Couvert végétal	4	X	IVS = 4X
Pluviométrie	3	X	IVS = 3X
Lithologie	2	X	IVS = 2X
Pente	1	X	IVS = X

Carte indicielle liée au couvert végétal



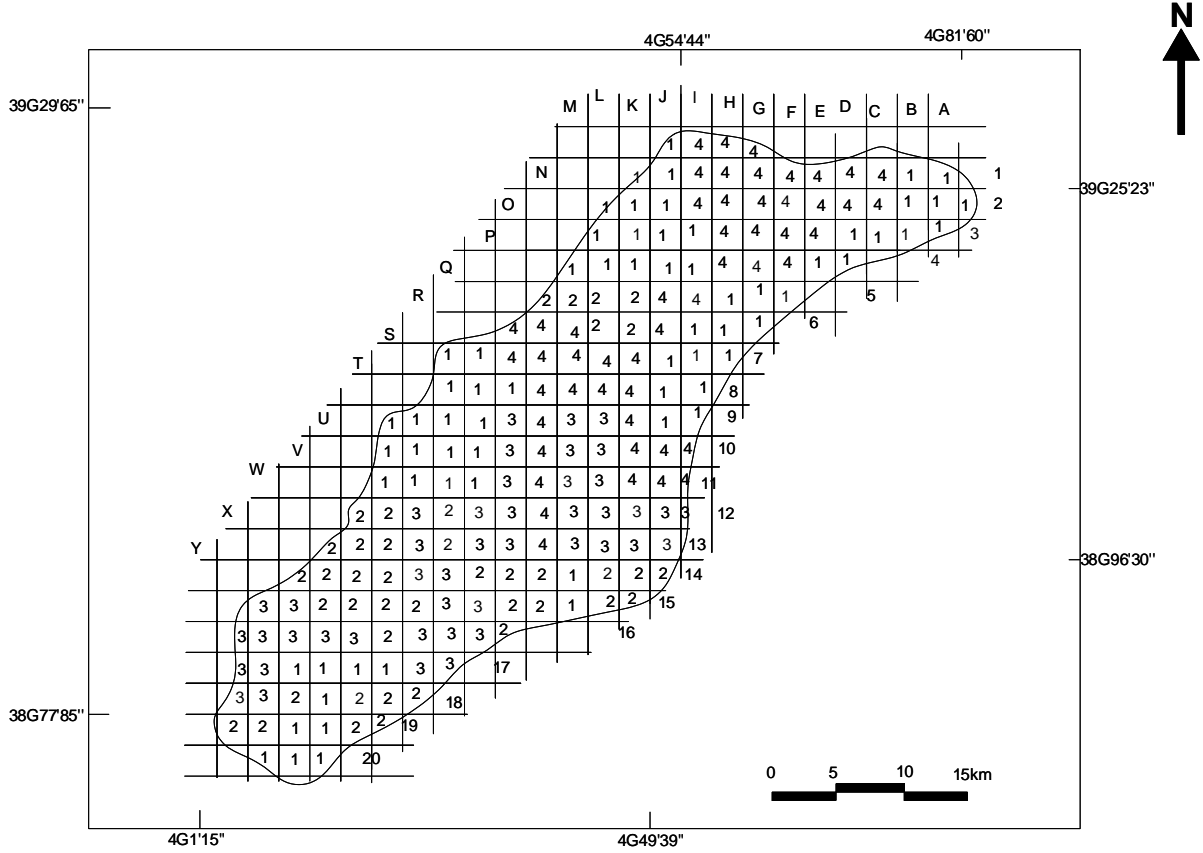
- 1 couvert végétal très faible
- 2 couvert végétal faible
- 3 couvert végétal moyen
- 4 couvert végétal fort
- 5 couvert végétal très fort

Carte indicielle liée à la pluviométrie



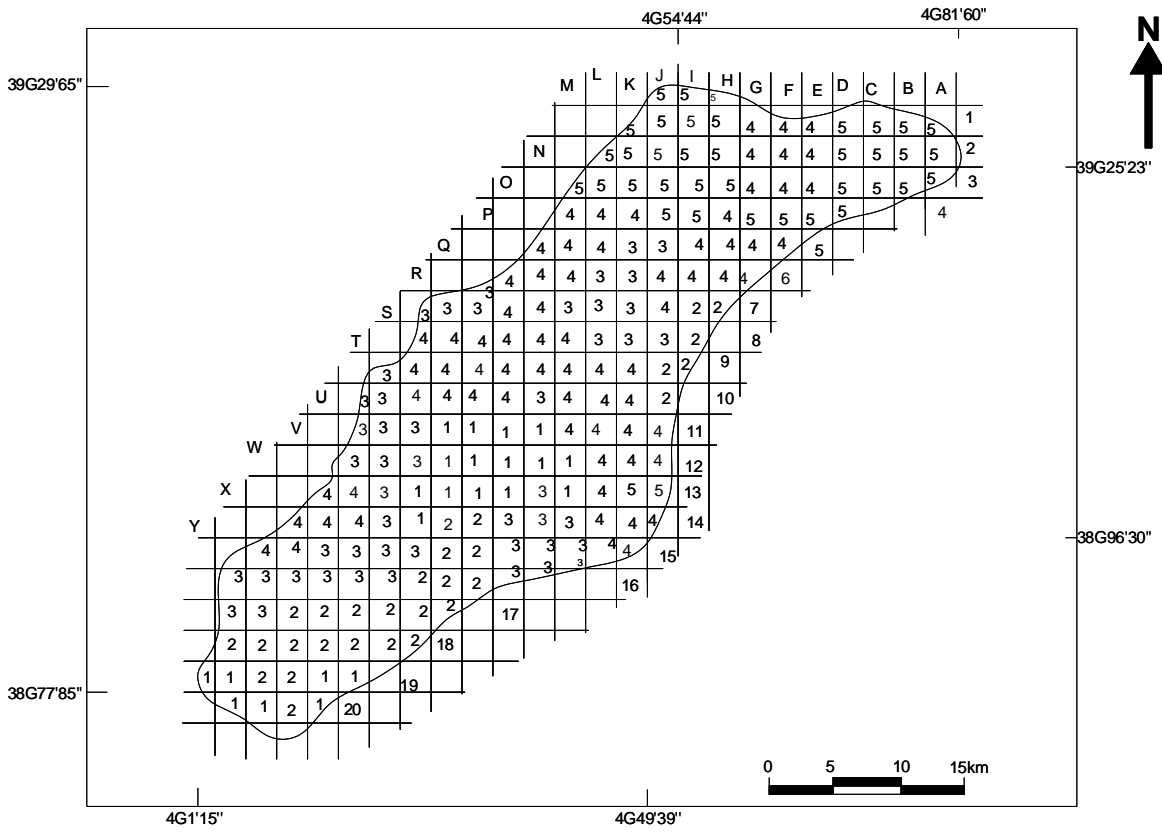
- 1 érosivité très faible
- 2 érosivité faible
- 3 érosivité moyenne
- 4 érosivité forte
- 5 érosivité très forte

Carte indicielle liée à la lithologie



- 1 matériau trèsrésistant
- 2 matériau résistant
- 3 matériau moyennement résistant
- 4 matériau non résistant

Carte indicielle liée aux pentes



- 1 pente très faible
- 2 pente faible
- 3 pente moyenne
- 4 pente forte
- 5 pente très forte

Une fois le codage des unités systémiques est fini, on passe au triage par ordre à fin de dresser une carte avec des zones homogènes.

Le résultat final de cette évaluation est représenté dans le tableau ci-contre :

Tableau 58 : Les valeurs de l'indice IVS

Y	X	W	V	U	T	S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
															42	48	48								1
															42	48	48	47	47	47	48	48	42	42	2
													42	42	42	48	48	47	47	47	48	42	42	42	3
													35	35	35	39	37	36	39	47	42	42	42	42	4
												34	30	34	35	39	37	37	48	42	42				5
											36	36	36	31	31	32	30	30	41						6
									33	39	40	40	31	31	32	26	30	30							7
								33	33	39	35	35	35	31	26	28	28								8
								34	34	30	36	36	32	31	31	25	24								9
						30	30	31	31	31	33	26	27	33	27	25									10
						30	30	26	20	24	30	24	27	33	33	33									11
						30	30	26	20	24	30	24	27	33	33	33									12
					32	32	28	24	22	24	26	24	27	31	31										13
				26	26	26	30	26	28	28	30	28	31	32	36										14
			26	26	26	26	23	20	20	24	25	27	29	33											15
		28	28	28	21	21	21	21	22	26	29	29													16
		20	23	20	20	18	22	26	13																17
	16	11	11	11	11	11	15	18																	18
15	15	15	13	11	13	13																			19
		11	11	12	12																				20

2. Résultats :

Le résultat est un document qui constitue un outil d'aide à la décision en termes de gestion et de protection des ressources naturelle, où IVS est classé comme suit :

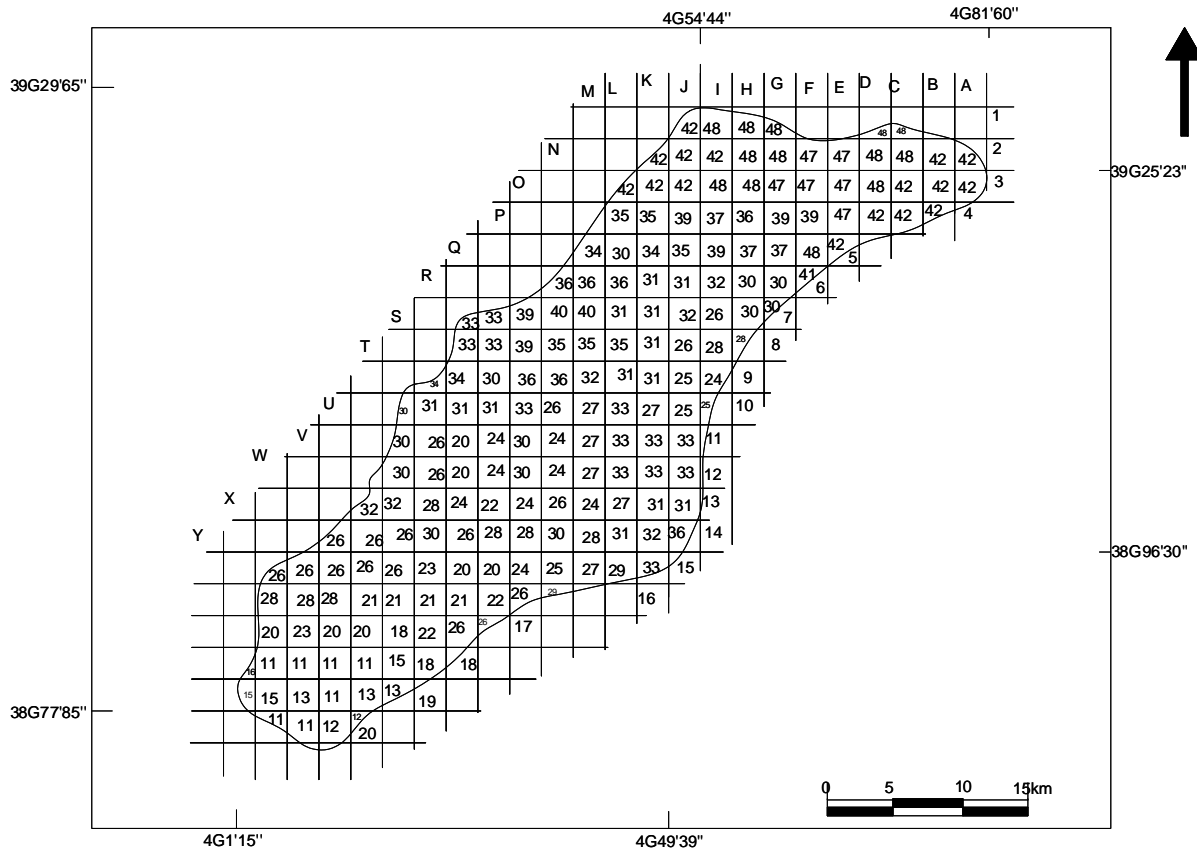
- IVS > 40 (aléa très fort).
- 30 < IVS < 40 (aléa fort).
- 20 < IVS < 30 (aléa moyen).
- 10 < IVS < 20 (aléa faible).

Donc, il est possible, pour un lieu donné du b.v d'obtenir une estimation du risque d'érosion.

Tableau 59 : Ordre et surface de l'aléa érosion

Ordre	Surface %	Aléa
1	négligeable	très faible
2	15.28	faible
3	35.46	moyen
4	37.93	fort
5	11.33	très fort

carte indicielle IVS



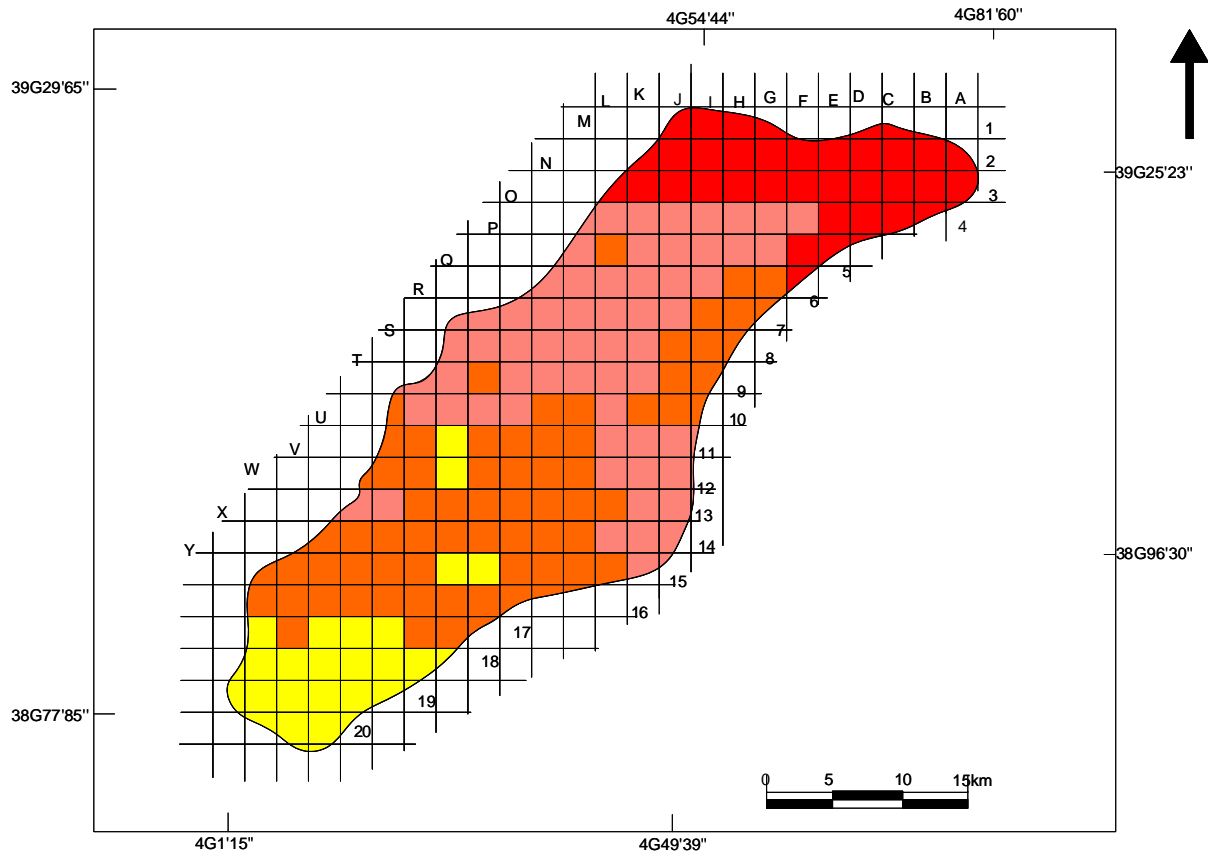
IVS > 41 aléa très fort

31 < IVS < 40 aléa fort

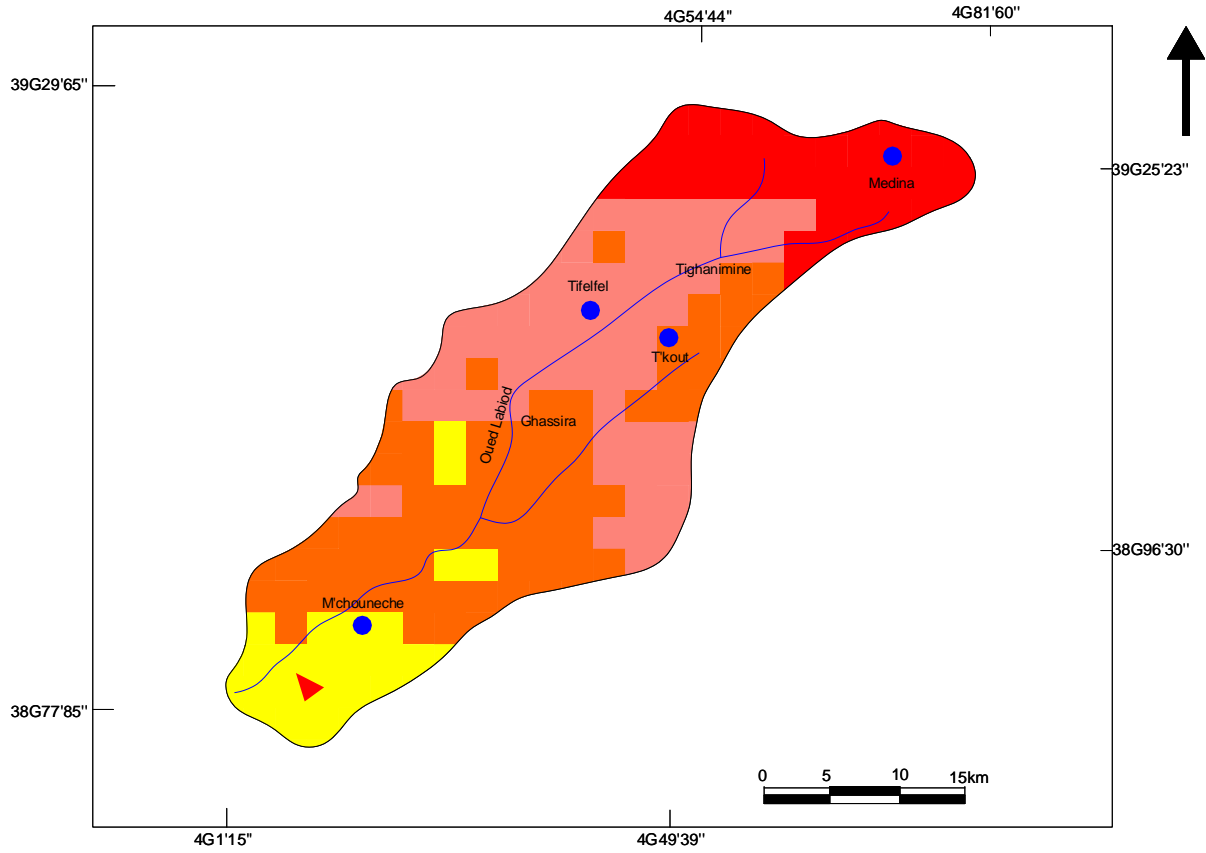
21 < IVS < 30 aléa moyen





10 < IVS < 20 aléa faible

carte de synthèse IVS



carte de vulnérabilité



-  érosibilité très forte
-  érosibilité forte
-  érosibilité moyenne
-  érosibilité faible

3. Discussion :

Le présent modèle a été élaboré à partir d'une classification de la vulnérabilité à l'érosion. Celle-ci varie entre faible et très forte. Les valeurs obtenues, malgré leur apparente hétérogénéité, présentent une structure spatiale définie par la localisation topo-paysagère dans laquelle elles s'inscrivent. En effet les sommets subissent toujours une érosion plus forte : des valeurs moyennes s'observent sur les versants; les valeurs les moins élevées se localisent vers l'aval.

Ces résultats s'expliquent par le fait que l'indice IVS est influencé par les paramètres précédemment décrits sans tenir compte d'autres paramètres tels que l'exposition et l'anthropisation difficilement chiffrables. Les fortes valeurs enregistrées en amont du bassin versant (théoriquement bien couvert) sont d'une part dues essentiellement à la dégradation de la forêt qui a connu des changements significatifs du fait des défrichements et des incendies ces dernières années, et de l'autre au maintien des espèces forestières résistantes. Par ailleurs les fluctuations pluviométriques souvent soumises au gradient altitudinal et l'exposition qui prennent toute leurs significations conditionnant ainsi les exigences écologiques des espèces.

On notera par ailleurs que le rôle des pentes raides n'est pas à négliger car il conditionne la vitesse des écoulements et l'énergie de déplacement des particules issues de matériaux meubles.

Il est clair que la sensibilité et l'érodibilité du bassin obéit à l'interaction de ces différents facteurs et leurs articulation dans l'espace et le temps. Le modèle cartographique élaboré a été testé et il reflète la réalité du terrain.

4. Propositions d'aménagements :

L'analyse des problèmes d'érosion hydrique, réalisée sur une superficie de plus de 1050km² a fait ressortir que près de la moitié de cette superficie présente des risques majeurs d'érosion.

Cette situation résulte de l'exploitation inadéquate des terres agricoles, de parcours et de forêts, conjuguée à des conditions physiographiques et climatiques particulièrement favorables à l'érosion.

Ainsi, les surfaces forestières, subissent une régression d'au moins 31.000 ha/an du fait :

- D'une péjoration climatique qui s'affirme de plus en plus.
- Des défrichements opérés sous la pression démographique à la recherche de nouvelles terres de cultures .
- Des parcours qui dépassent les possibilités fourragères ce qui compromet gravement la régénération des formations forestières .
- Des prélèvements excessifs de bois de feu, opérés directement par les populations rurales pour la satisfaction de leurs besoins énergétiques .

Toutes ces formes de dégradations sont génératrices, de problèmes sérieux d'érosion, car s'effectuant en zones de montagnes à pentes fortes et sols superficiels. C'est pourquoi, Il est

primordial d'intensifier les programmes d'aménagements des bassins versants pour rattraper le retard cumulé et assurer une protection adéquate des sols contre les phénomènes d'érosion.

Ces actions peuvent prendre la forme : techniques ou biologiques.

4.1. Les mesures techniques :

Elles se concentrent sur la correction torrentielle, vu l'importance de cette dernière, soit la construction de barrages de tous types et tailles. Ces ouvrages purement techniques ont tout d'abord pour but de diminuer la pente et par conséquent la vitesse d'écoulement le long du talweg.

La rétention d'eau et de sédiments engendre une augmentation de l'humidité du sol à l'amont des ouvrages .

Les mesures biologiques peuvent être réalisées sur les sédiments retenus car l'humidité élevée facilite la croissance des plantes, qui, sans ces interventions techniques, ne pourraient résister aux vitesses d'écoulement trop importantes dans les ravins.

4.1.1-Stabilisation des ravines:

Deux types de ravines sont reconnaissables : les ravines en V dues au ruissellement, les ravines en U dues au sapement de berges. Pour l'aménagement hydraulique des ravines, différents types d'ouvrages sont à distinguer :

- Le seuil en gabion : ce type d'ouvrage n'est pas nouveau dans la région, il a fait l'objet d'un traitement des ravines du sous-bassin versant du fait de sa robustesse, il est placé en tête de ravine.
- Le seuil en pierres sèches : ouvrage simple, sa construction consiste à utiliser des matériaux non poreux, non friables, de préférence des roches éruptives, sédimentaires.
- Le seuil en sac plastique : le principe est la superposition de sacs en plastique remplis de sable filtrant ou de terre avec une teneur nulle ou faible en argile.
- Le seuil en traverses de bois, en grillage métallique et les digues en terres .

Ces différents ouvrages doivent s'adapter aux différents types de ravines.

La correction des ravines profondes passe d'abord par la stabilisation mécanique du fond et des berges avant de réimplanter la végétation, sauf en milieu marneux trop souple, trop mobile pour supporter des barrages rigides. On fait alors appel à une correction biologique qui fait intervenir à la fois des lignes d'arbres très serrées et des graminées à croissance rapide supportant d'être couvertes par des séries de sédiments.

Ces seuils doivent être efficaces, moins coûteux et réalisables avec les populations locales car la prise en compte des expériences des populations locales en matière d'aménagement antiérosives du milieu constitue à la fois un gage de réussite et une manière de rendre hommage au savoir-faire paysan souvent ignoré par les aménagements modernes importants et coûteux mais éphémères. Dans une seconde étape, il faut réfléchir à la stabilisation des sédiments retenus par une fixation biologique. Les espèces à fort enracinement et à fort pouvoir recouvrant sont envisagées ; leur rôle

est d'améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol et de dissiper l'énergie du ruissellement et sa capacité de transport. Du fait également du comblement des seuils, les atterrissements sont constitués de terre meuble et fertile. Ils accumulent tout au long de l'année des quantités d'eau relativement importantes. Les plantations d'espèces à développement racinaire dense et profond peuvent contribuer à les stabiliser. Elles doivent être aussi économiquement valorisantes, afin de retenir l'intérêt des paysans qui auront par la suite la charge de les entretenir.

4.1.2-Amélioration des systèmes de production:

La conservation des sols dans les zones dégradées du BV de l'oued Labiod, ne doit pas se limiter aux seuls ouvrages de lutte antiérosives mais doit allier aussi différentes pratiques et techniques agricoles qui permettent d'accroître la production et les revenus des paysans, tout en protégeant le sol et en maintenant sa fertilité. Si, dans le passé, des techniques ont été généralisées, d'autres pratiques qui pourraient être efficaces et rentables n'ont jamais été testées .

Aujourd'hui, les savoir-faire devraient être repensés dans un sens d'efficacité, de rentabilité et de durabilité. Il s'agit de certaines pratiques rentables, moins coûteuses et facilement reproduites par les paysans, et qui consistent à éviter toutes les actions favorisant le développement de l'érosion hydrique telles que l'abandon des terres, le surpâturage, les travaux du sol inadaptés, le labour suivant la ligne de pente et l'inadaptation de l'arboriculture fruitière.

4.1.3-Les murettes :

Se sont des ouvrages adoptés aux fortes pentes (12.5 à 25%) en pierres sèches selon les courbes de niveau ; d'une hauteur de 50cm et 60cm pour la largeur avec une présentation en contre pente de 10% environ. Cette méthode concerne les zones à forte érosion (El Hamra, Ichemoul).

Leur densité suit la loi de Saccardy:

$$N = L (P - I) / H.$$

N : nombre de murettes.

L : Largeur du versant (m).

P : pente du terrain (%).

I : pente de compensation (1à2%).

H : hauteur des murettes (50cm).

L'espacement entre ces murettes peut être calculé comme suit:

$$E = L / N.$$

E : espacement moyen (m).

L : longueur du versant (m).

N : nombre de seuils.

4.1.4-Rideaux:

Un rideau se forme à la limite d'un champ en pente quand le labour est fait parallèlement à cette limite. Des broussailles, puis des arbres y poussent et s'opposent au ruissellement et à l'entraînement du sol.

4.1.5-Les banquettes:

Ces ouvrages concernent les zones à dominance de formations meubles (Arris, El Hamra, T'kout et Oued Attrous).

La dénivelée entre banquettes est calculée comme suit:

a)-les pentes < 25% : $10 \pm H^3 / P. 260.$

b)-les pentes > 25% : $H^3 / P = 64.$

H : dénivelée (m.)

P : pente.(%)

Les banquettes doivent assurer l'évacuation des eaux vers l'exutoire sans risque de débordement, leur section est définie comme suit :

$$S = Q / V \dots \dots \dots (1).$$

S : section des banquettes (m²).

Q : débit drainant (m³/s).

V : vitesse d'écoulement (m/s).

La vitesse d'écoulement est définie par Bazin comme suit:

$$V = 87R\sqrt{P} / \sqrt{R + G}.$$

R = section mouillée (m²).

P : pente des banquettes (0.005).

G : coefficient de rugosité (1.5).

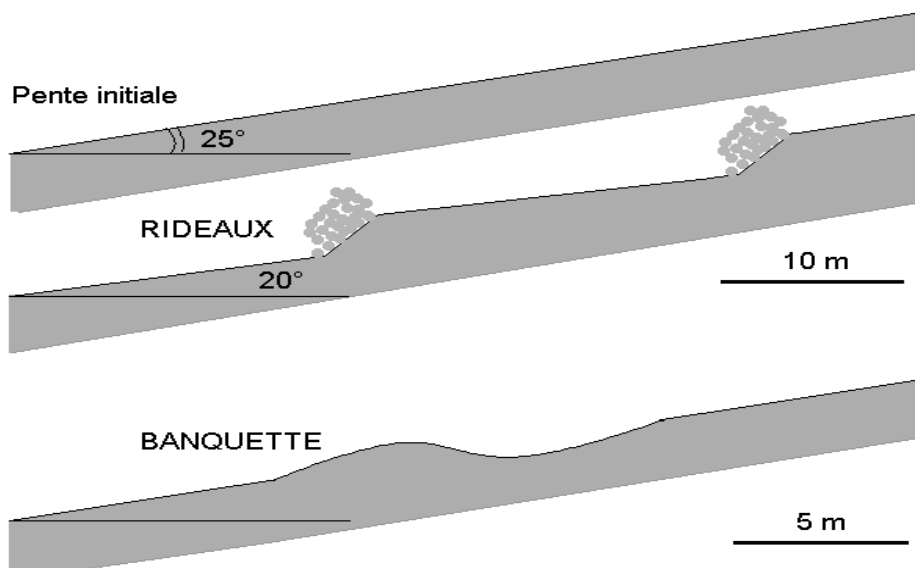
Le débit (Q) dépend de la surface (S) de l'impluvium (m²), l'intensité des pluies (I) mm/s et du coefficient d'infiltration (K) selon la formule suivante : $Q = S / 6 (I - K).$

Dans les conditions maximales d'écoulement (K = 0) alors : $Q = S I / 6$

Dans des cas particuliers : I = 3mm/s ce qui implique que : $Q = 0.5.S.$

En remplaçant dans (1) on aura : $Sm^2 = 0.5.S / V$

Fig.27 : Rideaux et banquette



4.1.6-La correction torrentielle :

Un torrent est corrigé par des seuils transversaux de l'amont vers l'aval.

Le rôle des seuils contribue à casser l'énergie des écoulements et atténue ainsi leur capacité érosive a fin de :

- Protéger le barrage de Foum El Gherza de l'envasement.
- Réduire la vitesse des écoulements à l'intérieur des tributaires des Oueds.
- Organiser le réseau hydrographique.
- Améliorer le drainage.

Les secteurs concernés par cette opération sont : Baniene, O.Hammam et Afra.

Le nombre de seuils est défini comme suit :

$$N = (P \cdot I) / H.$$

N : nombre de seuils.

P : pente du ravin (%).

I : pente de compensation (1 à 2%).

H : hauteur des seuils (1 à 4m).

L'espacement entre ces seuils peut être calculé comme suit :

$$E = L / N.$$

E : espacement moyen (m).

L : longueur du torrent (m).

N : nombre de seuils.

4.1.7-Fondation des seuils:

Les seuils doivent être profondément encastrés le long des berges avec des largeurs variant entre 0.20 et 0.30m. Au pied du barrage l'ouvrage peut être déchaussé par l'eau donc, on a affaire soit à une élévation du seuil ou bien la construction d'un contre barrage. Il existe dans ce cas deux types de barrage:

- Rectiligne : quand les berges sont peu consolidées.
- Curviligne : quand les berges sont consolidées.

Les Différents types de seuils perméables, peu coûteux, souples et faciles à monter avec des matériaux produits localement sont mentionnés ci-contre :

- Seuil en grillage de fer galva (Maille 0,5cm) tendu sur des fers cornières (45mm) enfoncés dans le sol sur 50 cm .
- Seuil en pneus de > 1 m de récupération fixé par des fers corniers enfoncés de 50 cm dans le sol. Les vieux pneus sont ligaturés en place et remplis de terre locale.
- En sac plastique 100 de long, 60 large, épaisseur 1 mm
- Seuils en sacs plastiques épais remplis de terre locale ; déversoir renforcé par quelques sacs de sable mélangés au ciment.

4.1.8-La fixation des berges :

Elle entre dans le programme de réanimation économique de l'année 2001 concernant le traitement du bassin versant Oued Labiod. Elle touche les régions de M'chounèche et Ichemoul ainsi que les points de confluences de l'Oued Labiod, O.Attrous et vise à :

- Protéger les Oueds des débordements.
- Protéger les sols contre l'érosion.
- Lutter contre la désertification.

4.1.9-Le gabionnage :

Se sont des cages de grillages métalliques, préfabriquées, remplies de grosses pierres (F.A.O, 1986). Elles sont disposées en forme d'escaliers de sorte que la vitesse des eaux de ruissellement soit amortie et conduite vers le déversoir. Les gabions réalisés ne dépassent guère 2m de hauteur, elles sont conçues pour protéger les routes des crues de l'Oued Labiod.

A noter que cette opération est coûteuse (transport de pierres, achat de grillages métalliques, main d'œuvre...) donc seul les endroits nécessitant une intervention prioritaires sont concernés à savoir les Oueds, près des routes et les zones à forte érosion (Inoughissen, T'kout et M'chouneche).

4.2. Mesures biologiques :

4.2.1-Reboisement :

Le reboisement devrait porter sur le choix d'espèces forestières xériques s'adaptant aux conditions édapho-climatiques de la zone. Les essences utilisées sont : Le Cèdre d'Atlas (*Cedrus atlantica*), Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), Le chêne vert (*Quercus ilex*), Le cyprès vert (*Cupressus sempervirens*) et le Frêne dimorphe (*Fraxinus xanthoxyloides*). Par contre, le peuplier noir, Thuya de barbarie (*Tetraclunis articulata*), Eucalyptus camaldulensis et l'Acacia (*Cynophylla*), sont utilisées pour la protection. Cela s'explique essentiellement de deux façons : la facilité de production de ces plantes en pépinières (disponibilité facilitant l'approvisionnement des chantiers) et la bonne reprise de ces essences dans la zone de l'oued Labiod.

Cependant une diversification des espèces à introduire est souhaitable car le pin d'Alep présente au moins deux inconvénients: sa sensibilité à la chenille processionnaire (*Thaumetopea pytiocampa Schiff*), et sa sensibilité à l'incendie. Cet aspect donne toute son importance au travail de recherche forestière en matière de diversification. Ces interventions toucheront les zones de Medina, Ichemoul, Baniene, et M'chouneche.

4.2.2-Plantations fruitières :

L'introduction d'arbres fruitiers est recommandée. Ils jouent un rôle de protection du sol contre l'érosion tout en apportant un revenu à la population riveraine. La plantation et le développement d'arbres fruitiers (pommiers, oliviers, amandiers, figuier...) permettent d'apporter un soutien aux structures d'aménagement et une plus-value économique. Le choix des essences fruitières doit se faire en fonction des exigences agroclimatiques des espèces et des vœux des riverains. Les espèces proposées en priorité sont les espèces rustiques telles que l'olivier, le figuier, l'amandier, le prunier, le grenadier. Les espèces non rustiques comme l'abricotier, le pommier, le pêcher et le poirier doivent être localisées dans les zones où l'irrigation est possible.

4.2.3-Amélioration des parcours:

La protection des sols contre l'érosion ne peut se faire qu'à condition d'entretenir les plantations qui se trouvent au niveau des talwegs et des versants, au moins pendant les premières années et cela dans le but d'assurer la réussite des plantations et d'atteindre une densité et même de diminuer le débit solide.

L'élevage étant la ressource principale pour les riverains, il est donc indispensable d'améliorer les terres de parcours tout en veillant à éviter le surpâturage. Le cheptel pâture les céréales en cas d'années à faible production agricole et les chaumes ou les parcelles en jachère en années normales. Les forêts et les matorrals, malgré les interdictions de pâturage, fournissent un complément très important pour les troupeaux. C'est la commercialisation des animaux qui fournit les revenus monétaires des paysans. Le choix des espèces fourragères doit tenir compte de leurs exigences

écologiques. L'Atriplex est une espèce fourragère à enracinement très profond, utilisée pour la protection des berges et des talwegs.

Pour les berges, la méthode de fixation biologique est la plus efficace, mais les mesures techniques (procédures mécaniques) sont indispensables afin de réduire la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement.

Le bassin objet d'étude a été intégré dans le programme globale prévu par le schéma directeur d'aménagement 2004/2005 résumé dans le tableau ci-contre :

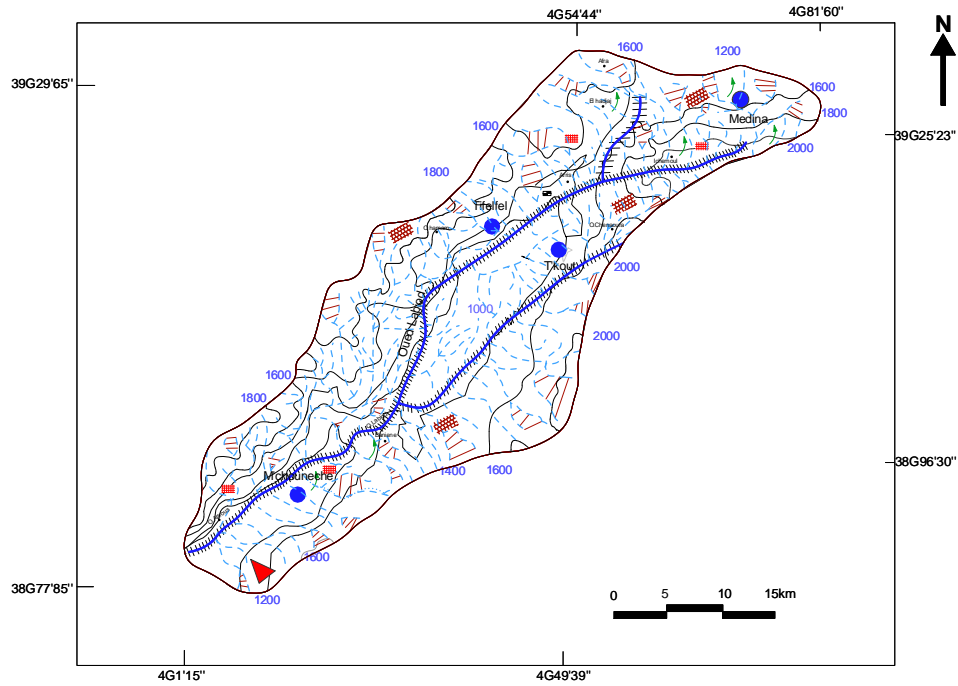
Tableau 60 : Le programme global prévu par le schéma directeur d'aménagement













Action	Surface (ha)
Reboisement	8200
Correction torrentielle	7500
Fixation des berges	29
Murettes	2500
Points d'eau	70
Aménagement de piste	230
Arboriculture	1040
Amélioration pastorale	2200
Brise vent	85
Amélioration foncière	1050

Source : D.S.A.2004/2005

Carte N° :20

carte des aménagements du bassin versant Oued Labiod



- | | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------------------------|
|  | Limite du bassin versant |  | Fixation de berges |
|  | réseau hydrographique principal |  | Reboisement |
|  | Station pluviométrique |  | Correction torrentielle |
|  | station hydrométrique |  | Canal collecteur des eaux usées |
|  | réseau hydrographique secondaire |  | Station d'épuration |
|  | Banquette |  | Gabionnage |

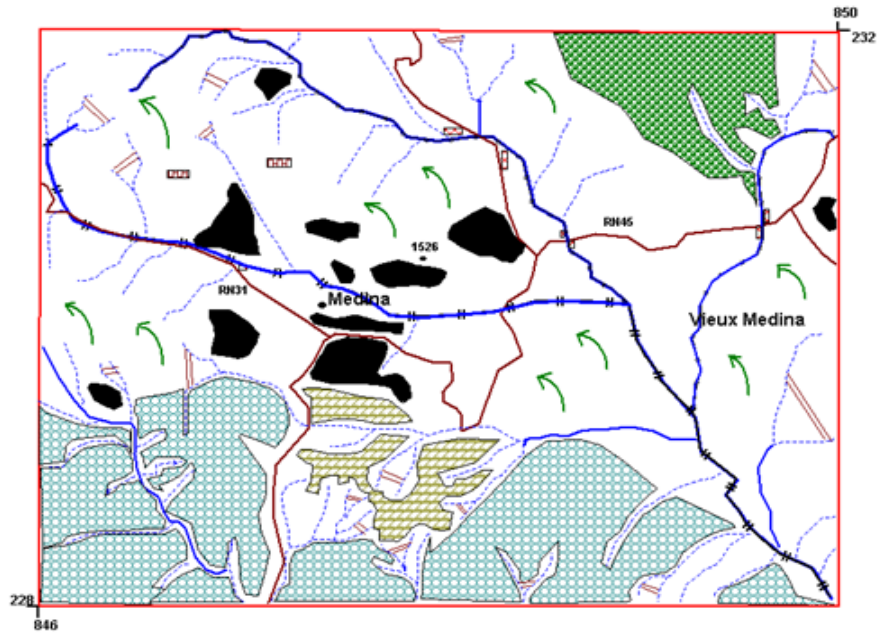
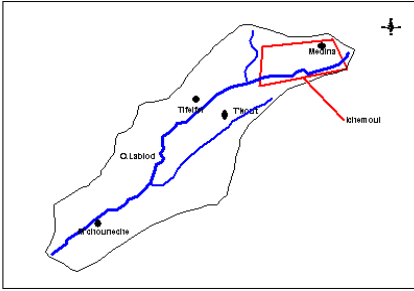
5. Exemple de cas type :

Vu l'étendue du bassin versant de l'Oued Labiod (1050km²), on a opté pour une schématisation de secteurs type avec des aménagements appropriés et qui n'ont pas été cités dans le programme du schéma directeur. Ces aménagements concernent les secteurs dont l'enjeu socio-économique et environnementales et grand; Ichemoul (très vulnérable à l'érosion), Arris (inondable) et M'chouneche (inondable et vulnérable à l'érosion).

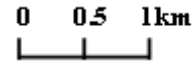
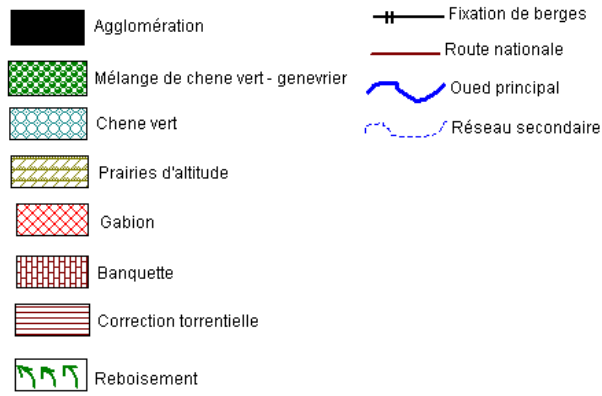
L'ensemble de ces aménagements est présentés dans les cartes schématiques 21, 22 et 23.

Carte n 21 :

Carte schématique du secteur d'Ichemoul

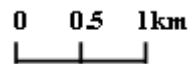
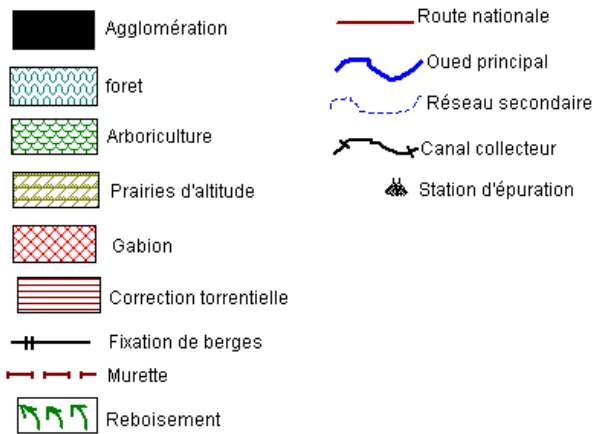
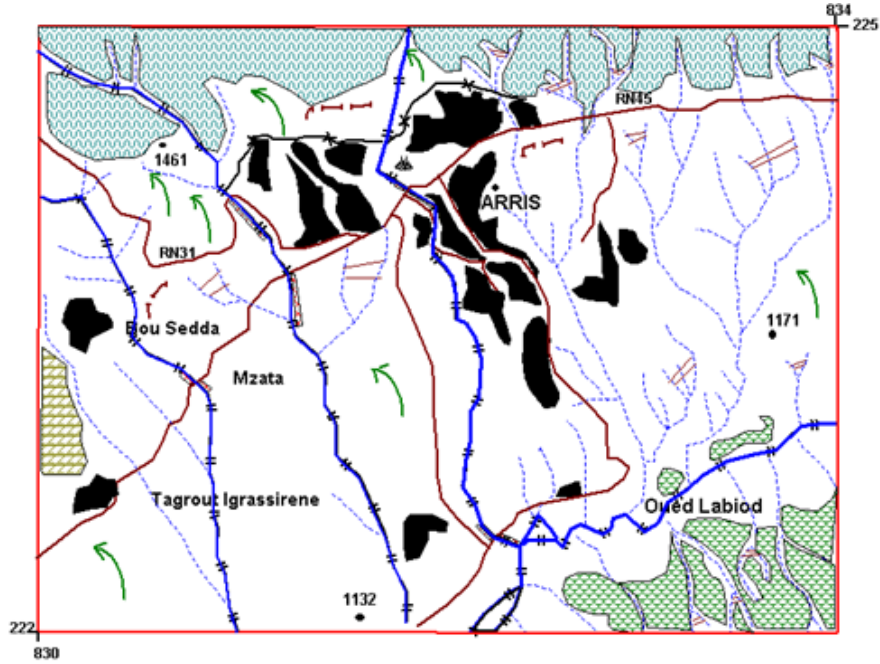
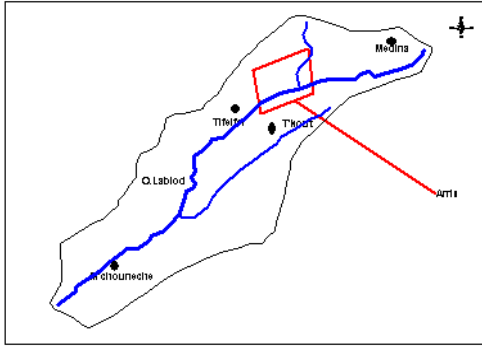


Chapitre 5 : Analyse multicritères et propositions d'aménagements



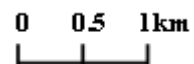
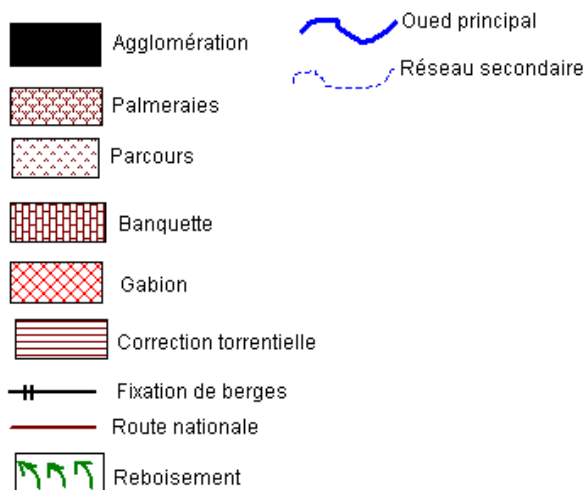
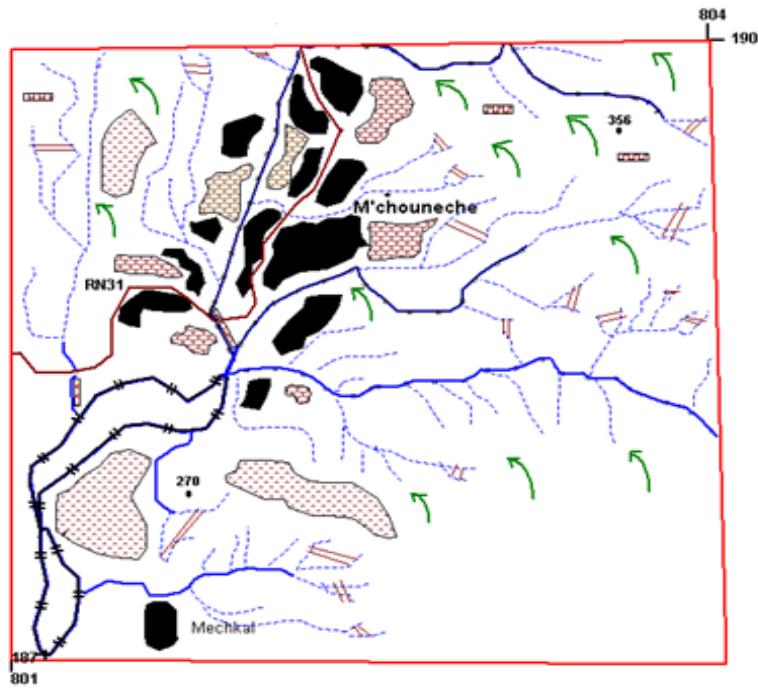
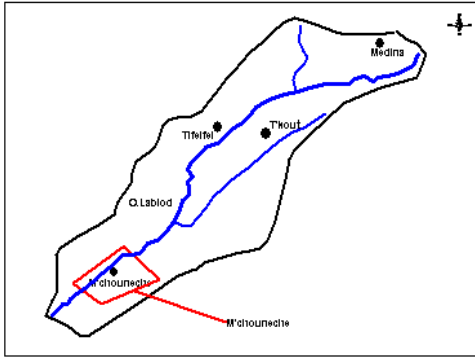
Carte n 22 :

Carte schématique du secteur d'Arris



Carte n 23:

Carte schématique du secteur de M'chouneche



Conclusion :

L'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Labiod résulte de la conjonction de différents facteurs : érodibilité des sols, érosivité des pluies, raideur du relief et faiblesse du couvert végétal. Les facteurs analysés montrent bien la sensibilité du bassin versant de l'oued Labiod à l'érosion. Cette sensibilité est particulièrement aggravée par le ruissellement provenant des versants, durant les averses exceptionnelles tombant sur des terres battues et compactes. Cette érosion a des conséquences socio-économiques et environnementales désastreuses.

A partir des enseignements tirés, une approche multicritères s'est imposée permettant une spatialisation de l'érodibilité de l'ensemble du bassin. L'objectif est de mettre en évidence les facteurs qui animent la sensibilité à l'érosion, et d'examiner la spatialisation des pertes en sol.

L'analyse des résultats montre que le couvert végétal, la lithologie, la pluviométrie, la pente et leur articulation dans l'espace sont les facteurs qui influencent le phénomène érosion.

Il est vrais que l'intégration d'autres paramètres comme le facteur anthropique aurait pu apporter une meilleure précision, cependant la difficulté liée à l'évaluation numérique de ce paramètre nous astreint à l'envisager ultérieurement.

Le modèle multicritères testé sur ce bassin versant à microclimats (subhumide, semi-aride et aride) a permis d'estimer la répartition spatiale de la sensibilité à l'érosion et sa cartographie qui pourrait servir d'outils d'aide à la décision en termes de gestion et de protection des ressources naturelles. Enfin, ce modèle doit faire l'objet de tests sur d'autres bassins versants pour nous garantir que ce dernier restitue convenablement la réalité du terrain.

Conclusion générale :

Malgré les interventions techniques successives, les sols continuent à s'éroder et la présente contribution permet de régler deux des aspects de l'amélioration de la gestion raisonnée et efficace du phénomène :

- La localisation des zones à risque.

- La détermination des zones nécessitant une action prioritaire.

Par ailleurs, un certain nombre d'aménagements ont été proposés visant à la fois le développement rural et l'amélioration de la production grâce à une meilleure gestion de la biomasse et de la fertilité des sols par une diversification des espèces végétales. L'ampleur du phénomène appelle une approche méthodique et une stratégie d'intervention tenant compte du facteur anthropique. L'homme se situe, en effet, au centre de toute action d'aménagement ou de mise en valeur dont il constitue à la fois l'indispensable artisan et le principal bénéficiaire. Dans ces conditions, il s'agit d'abandonner les approches dirigistes et technicistes et d'adopter une approche résolument participative. Celle-ci offre l'avantage d'intégrer le facteur anthropique en associant l'homme avec son savoir local, ses attentes et ses besoins. Les appuis multiformes apportés à ceux qui adaptent leurs systèmes de production aux conditions du milieu physique et adoptent une approche participative, constituent autant de facteurs porteurs d'espoir. Il est important d'évaluer l'exactitude des estimations de l'aléa érosion des sols, provenant de n'importe quel modèle, qui pourraient être employées dans le contexte de la protection des sols. Cependant, il est très difficile, si non impossible, d'acquérir des mesures directes de ce phénomène pour de grandes superficies (à l'échelle régionale) afin de valider les résultats des modèles. Par conséquent une méthode d'approche multicritères, fondée sur des données disponibles, a été adoptée.

La fiabilité du modèle: USLE, a été évaluée et les résultats présentés ci-avant montrent que le modèle utilisé précédemment n'estime pas avec fiabilité l'érosion des sols pour l'ensemble du bassin versant. Cependant, le modèle multicritères est relativement bon en ce qui concerne les zones menacées par le phénomène. Toutefois, aucun modèle n'estime avec exactitude les tendances de l'aléa érosion à grande échelle, pour les raisons suivantes :

- Les incertitudes impliquées par la méthode indirecte de validation.

- La faible résolution des données utilisées pour l'application du modèle à grande échelle.

- La structure simplifiée du modèle qui ne tient pas compte de tous les processus de production et de transport de sédiments. En outre, notre étude montre que le modèle proposé donne des performances meilleures quand des données d'entrée de haute qualité sont disponibles et utilisées (Van Rompaey et al, 2000). Par exemple, les images satellites et le système d'information géographique. Dans beaucoup de cas, ces données d'entrée de haute résolution existent dans les établissements nationaux cartographiques, météorologiques et pédologiques, bien qu'ils ne soient

pas, actuellement, aisément disponibles au niveau national. Un rôle futur important des décideurs politiques, pourrait donc être d'harmoniser, agréger et faciliter l'accès à ces données au niveau national.

L'approche multicritère a été élaborée à partir d'une classification de la vulnérabilité à l'érosion où IVS varie entre faible et très fort. Les valeurs obtenues, malgré leur apparente hétérogénéité, présentent une structure spatiale définie par la localisation topo-paysagère dans laquelle elles s'inscrivent vis-à-vis des paramètres précédemment décrits. Ce ci s'explique par le fait que l'indice IVS est influencé par les paramètres précédemment décrits (couvert végétal, pluviométrie, lithologie, pente) sans tenir compte d'autres paramètres tels que l'exposition et l'anthropisation difficilement chiffrables dans ce travail.

Il est clair que la sensibilité et l'érodibilité du bassin obéi à l'interaction de ces différents facteurs et leurs articulation dans l'espace et le temps et l'intégration d'autres paramètres comme le facteur anthropique aurait pue apporter une meilleure précision, cependant la difficulté liée à l'évaluation numérique de ce paramètre nous astreint à l'envisager ultérieurement.

Enfin, l'étude décrite ci-dessus présente la première carte des risques d'érosion dans la vallée de l'Oued Labiod, où les enjeux agricoles et environnementaux sont élevés. L'adaptation du modèle multicritères a permis d'identifier les secteurs les plus affectés et la méthode peut facilement être adaptée à l'ensemble du bassin versant. Malgré ses limites, la méthode de cartographie du risque érosif est donc un nouvel outil de gestion permettant aux décideurs de mieux cibler leurs stratégies d'interventions préventives.

Bibliographie :

Abdelwahab.B et Sari.A., (2002) : Hydrologie de surface.

Abdelwahab.H., (2002) : Mémoire (Contribution à l'étude de la dynamique de l'érosion et aménagement du bassin versant de l'Oued Labiod).

Aguni.F., (1999) : Mémoire (Contribution à l'étude de la vallée de l'Oued Labiod).

ARNOLDUS.H.M., (1977) : Aménagement des bassins versant N°1.Rome, Italie, 356 P.

AUZET.V.LILIN., (1987) : L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grandes cultures; aspect agronomique. Paris : Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, P 60.

Baazi.H., 2002 : L'étude de faisabilité d'un ouvrage hydraulique.

Ballais.J.I.; 1982 : Thèse de doctorat (Géomorphologie des Aurès).

Benzeroual.B., 2006 : Tourisme responsable, environnement et Développement.

Etude du cas des Aurès.

BODY.K., (1981) : Analyse fréquentielle des pluies de l'Algérie, Synthèse régionale (complétée et corrigée par SARVARY, 1985).

BOLLINE.A., (1982) : Etude des prévisions de l'érosion des sols limoneux cultivés en moyenne Belgique thèse de Doct.science. Belgique 365 P.

BONN.F., (1998) : La spatialisation des modèles d'érosion des sols à l'aide de la télédétection et des SIG; possibilités, erreurs et limites. Cahier sécheresse, vol 9 N°3, P 185.192.

BRUNET.R., (1957) : L'érosion accélérée dans le Terrefort toulousain. Revue de géomorphologie dynamique, N03.4, P 33.40.

BRUNO.F.FOX.D., (2004) : Erosion en rigoles dans les coteaux du Sud-ouest. Organisation spatiale des activités agricoles et processus environnementaux Paris. INRA .P 13.26.

CHARRUYER S. (1996) : Érosion hydrique et pratiques culturales: le cas des coteaux du Sud-ouest. Mémoire de fin d'études. Toulouse: INRA, 57 p. + annexes.

CORINE (1992) : Corine soil erosion risk and important land resources in the southern region of the European community, Final report EUR 13233.EN. Official publication of the European communities.

DE MARSILY G. (1981) : Hydrogéologie quantitative. Masson.

DERRVAU.M., (1974) : Précis de géomorphologie, Masson et Ci-éditeur. Paris.442 P.

DUCHAUFOR P. (1991) : Pédologie. Masson.

FOURNIER.F., (1960) : Climat et érosion, P.U.F.France 198 P.

F.A.O. (1979) : Conservation des sols, N04.Italie.104 P.

Greco., 1969 : L'érosion, la défense, la restauration des sols et le reboisement en Algérie.

Goubaa.R., 1982 : Mémoire (Etude bathymétrique du barrage Fom El Gherza).

GUETTOUCHE.M.S (1988) : Perspective de l'application de l'équation dite "Universelle" de perte de sol Wischmeier en Algérie. Analyse théorique TST.USTHB, Alger, 49 P.

Hala.A., 2003 : Mémoire (Contribution à l'étude de la dynamique érosive et l'aménagement du b.v.Oued Labiod).

Hadj.R., 2005 : Mémoire (détermination du coefficient de ruissellement du bassin de L'Oued Labiod).

- Hamzaoui.I., 1992** : Mémoire (Etude sur l'envasement du barrage de Foug El Gherza).
- I.N.R.A., 2001** : L'Harmattan, Paris, France.
- Khatab.A., 2006** : Mémoire (La dynamique fluviale et les risques associés dans le bassin versant de l'Oued Labiod).
- KLEIN E., 1997** : *Les processus de l'érosion hydrique dans les coteaux du Sud-Ouest*. Mémoire de fin d'études. Toulouse: ENSA-INRA, 50 p. + annexes.
- LEBRUN P. (2000)** : Évaluation technico-économique des mesures anti-érosives installées sur un versant du Lauragais. *Rapport de stage*. Toulouse: INRA-SAD, 25 p. + annexes.
- Maystre L.Y., Pictet J., Simos J., 1994** : Méthodes multicritères ELECTRE. Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse.
- NEBOIT.R., (1983)** : L'homme et l'érosion .Edition association des publications de la faculté des lettres et sciences humaines de Clermont Fernand. France, 183.
- P.D.A.U:** Plan directeur d'aménagement urbain (Arris-Batna).
- RENARD K.G. et al. (1997)** : Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *USDA agricultural research service, Agriculture handbook number 703, 384 p.*
- ROOSE.E., (1977)** : Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. 20ans de mesure en petites parcelles expérimentales .DRSTOM. 108 P.
- ROOSE E. (1994)** : «Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)». *Bulletin pédologique de la FAO 70*. Première consultation: décembre 2001,
- Rossier D., 1999** : L'écobilan, outil de gestion écologique de l'exploitation agricole ? *Revue suisse Agric.*, 31(4), 179.185.
- SARY.M., (1976)** : Géographie Physique d'une haute plaine steppique Algérienne : Le Hodna. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, université de Louis Pasteur, France, 284 P.
- Schärliig A., 1985** : Décider sur plusieurs critères. Panorama de l'aide à la décision multicritère. Presses Polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse.
- ZEBBAR.HH., (1991)** : Caractérisation de l'agressivité climatique du bassin versant de la Macta, thèse, Ing, INA, El-Harrach. 53 P.

Annexes

Tableaux de l'étude statistique de M'chouneche

<u>Valeurs de départ</u>	<u>Valeurs classées</u>	<u>Ordre de classement</u>	<u>Fréquence expérimentale</u>	<u>Variable réduite</u>	<u>Valeur expérimentale</u>	<u>Valeur théorique</u>
M'choune	3,2	1	0,016	-1,425	3,2	18,43199
39,6	18,5	2	0,047	-1,119	18,5	34,1297
78,1	28,3	3	0,078	-0,936	28,3	43,47575
175,4	33,6	4	0,109	-0,794	33,6	50,71906
41,6	39,6	5	0,141	-0,674	39,6	56,88808
3,2	41,6	6	0,172	-0,566	41,6	62,4107
18,5	55,7	7	0,203	-0,466	55,7	67,51135
98,9	61,9	8	0,234	-0,372	61,9	72,32528
134,3	78,1	9	0,266	-0,282	78,1	76,94233
164,6	83,8	10	0,297	-0,194	83,8	81,4269
213,13	84,2	11	0,328	-0,108	84,2	85,82827
84,2	92,9	12	0,359	-0,023	92,9	90,18644
130,7	98,6	13	0,391	0,062	98,6	94,53569
106,7	98,9	14	0,422	0,147	98,9	98,90707
209,8	106,7	15	0,453	0,234	106,7	103,3301
163,9	112,7	16	0,484	0,322	112,7	107,8341
179,1	126,1	17	0,516	0,412	126,1	112,4499
98,6	130,7	18	0,547	0,505	130,7	117,2107
218,5	134,3	19	0,578	0,602	134,3	122,1538
83,8	155,4	20	0,609	0,703	155,4	127,3228
61,9	161,1	21	0,641	0,809	161,1	132,7696
161,1	163,9	22	0,672	0,922	163,9	138,5585
28,3	164,6	23	0,703	1,043	164,6	144,771
165,3	165,3	24	0,734	1,175	165,3	151,5146
200,6	175,4	25	0,766	1,320	175,4	158,9351
126,1	179,1	26	0,797	1,483	179,1	167,2398
219,5	200,6	27	0,828	1,668	200,6	176,7391
33,6	209,8	28	0,859	1,887	209,8	187,9295
92,9	213	29	0,891	2,156	213	201,6842
155,4	213,13	30	0,922	2,509	213,13	219,7712
213	218,5	31	0,953	3,036	218,5	246,7567
55,7	219,5	32	0,984	4,151	219,5	303,7998

Tableaux de l'étude statistique de Tifelfel

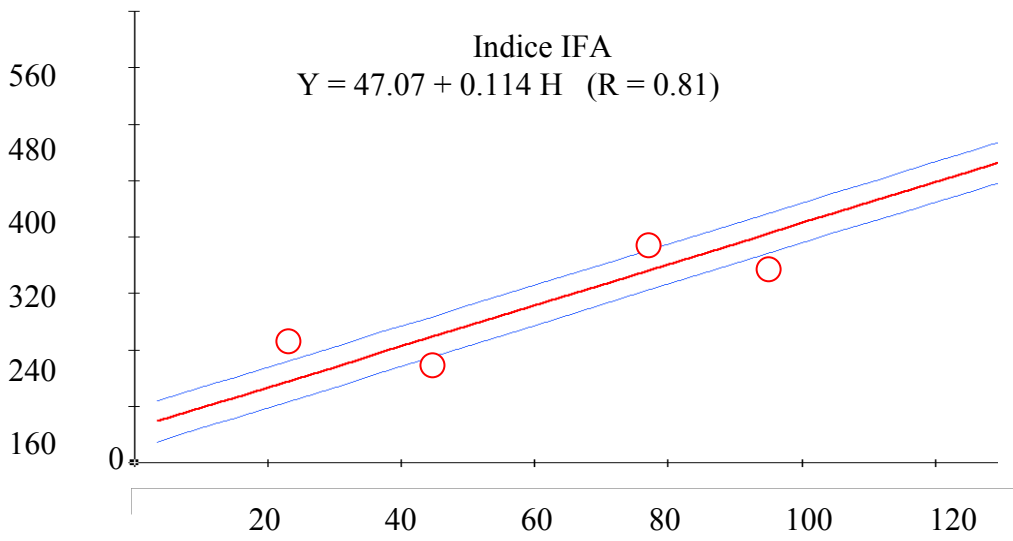
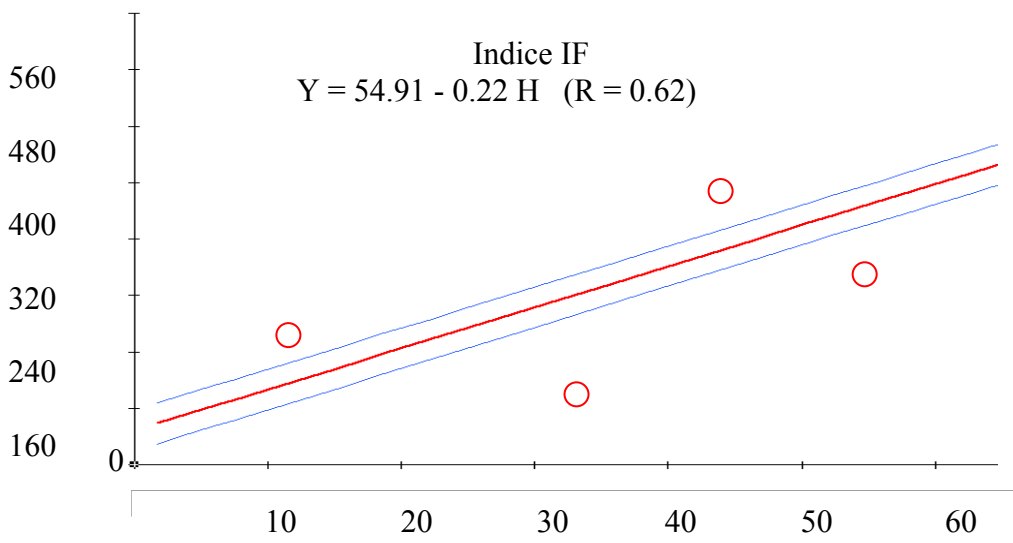
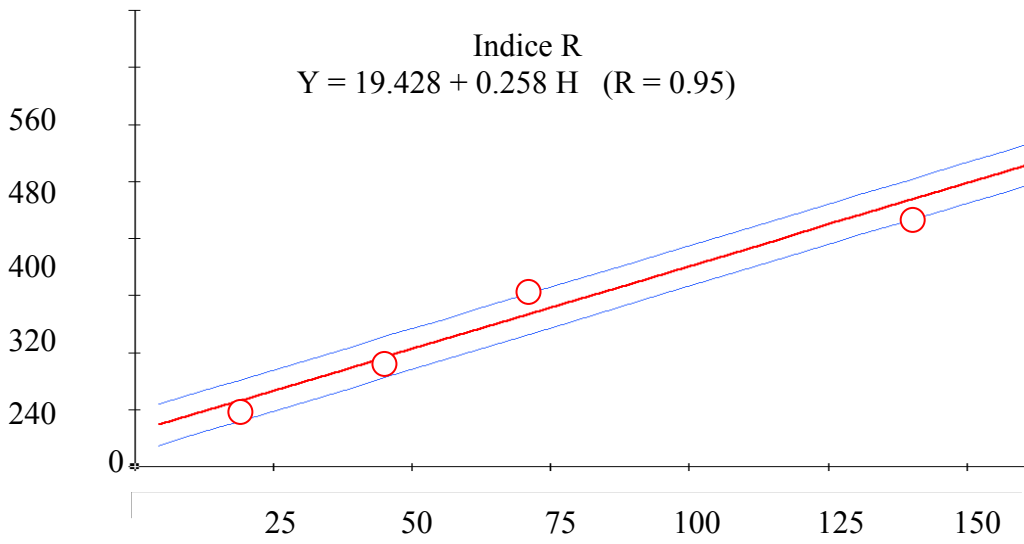
<u>Valeurs de départ</u>	<u>Valeurs classées</u>	<u>Ordre de classement</u>	<u>Fréquence expérimentale</u>	<u>Variable réduite</u>	<u>Valeur expérimentale</u>	<u>Valeur théorique</u>
Tifelfel	48	1	0,028	-1,276	48	54,36751
109	69	2	0,083	-0,910	69	71,46994
190	80	3	0,139	-0,680	80	82,2203
238	82	4	0,194	-0,493	82	90,94953
209	97	5	0,250	-0,327	97	98,73219
82	104	6	0,306	-0,170	104	106,0366
206	109	7	0,361	-0,018	109	113,131
164	130	8	0,417	0,133	130	120,2033
97	132	9	0,472	0,287	132	127,4103
130	133	10	0,528	0,448	133	134,9055
69	133	11	0,583	0,618	133	142,8619
154	154	12	0,639	0,803	154	151,4974
80	164	13	0,694	1,009	164	161,1172
48	190	14	0,750	1,246	190	172,1913
132	206	15	0,806	1,531	206	185,5302
133	209	16	0,861	1,900	209	202,7584
259	238	17	0,917	2,442	238	228,0526
104	259	18	0,972	3,569	259	280,7341

Tableaux de l'étude statistique de T'kout

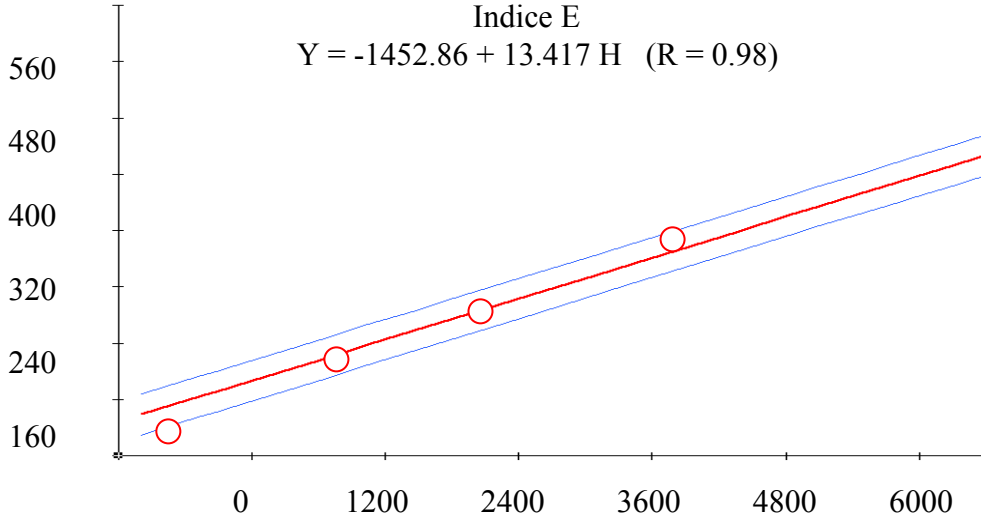
<u>Valeurs de départ</u>	<u>Valeurs classées</u>	<u>Ordre de classement</u>	<u>Fréquence expérimentale</u>	<u>Variable réduite</u>	<u>Valeur expérimentale</u>	<u>Valeur théorique</u>
101	10	1	0,015	-1,433	10	38,45284
121	44	2	0,045	-1,129	44	67,25113
209	52	3	0,076	-0,948	52	84,35671
52	98	4	0,106	-0,808	98	97,58845
44	101	5	0,136	-0,689	101	108,8376
222	121	6	0,167	-0,583	121	118,8904
522	134	7	0,197	-0,485	134	128,1585
177	149	8	0,227	-0,393	149	136,8896
172	156	9	0,258	-0,305	156	145,2477
330	165	10	0,288	-0,219	165	153,3496
290	170	11	0,318	-0,136	170	161,2841
170	172	12	0,348	-0,053	172	169,1227
156	177	13	0,379	0,030	177	176,9258
10	208	14	0,409	0,112	208	184,7475
278	209	15	0,439	0,196	209	192,6381
287	209	16	0,470	0,280	209	200,6471
209	215	17	0,500	0,367	215	208,8251
215	222	18	0,530	0,455	222	217,2256
356	222	19	0,561	0,547	222	225,9079
382	237	20	0,591	0,642	237	234,9391
208	263	21	0,621	0,742	263	244,3981
294	268	22	0,652	0,848	268	254,3798
268	278	23	0,682	0,960	278	265,0019
165	287	24	0,712	1,080	287	276,4148
263	290	25	0,742	1,211	290	288,816
552	294	26	0,773	1,355	294	302,4752
98	304	27	0,803	1,517	304	317,7754
304	330	28	0,833	1,702	330	335,2901
149	352	29	0,864	1,920	352	355,9378
237	356	30	0,894	2,188	356	381,3342
134	382	31	0,924	2,541	382	414,7504

Tableaux de l'étude statistique de F.Gherza

<u>Valeurs de départ</u>	<u>Valeurs classées</u>	<u>Ordre de classement</u>	<u>Fréquence expérimentale</u>	<u>Variable réduite</u>	<u>Valeur expérimentale</u>	<u>Valeur théorique</u>
<u>Foungher</u>	24,6	1	0,019	-1,384	24,6	28,22921
24,6	35,4	2	0,056	-1,061	35,4	39,27814
134,4	35,7	3	0,093	-0,867	35,7	45,94812
49,6	44,6	4	0,130	-0,714	44,6	51,1769
44,6	49,6	5	0,167	-0,583	49,6	55,67868
118,5	50	6	0,204	-0,464	50	59,7525
182,5	59	7	0,241	-0,353	59	63,55691
74,6	65,3	8	0,278	-0,248	65,3	67,18916
35,7	69	9	0,315	-0,145	69	70,71568
50	74,6	10	0,352	-0,044	74,6	74,18609
76	76	11	0,389	0,057	76	77,64057
109,1	76,4	12	0,426	0,158	76,4	81,11425
142,4	86,2	13	0,463	0,261	86,2	84,64011
59	105	14	0,500	0,367	105	88,25123
65,3	106,7	15	0,537	0,475	106,7	91,9829
105	109,1	16	0,574	0,589	109,1	95,87483
131	114,5	17	0,611	0,708	114,5	99,9739
69	114,5	18	0,648	0,836	114,5	104,3379
35,4	118,5	19	0,685	0,973	118,5	109,0413
106,7	119,2	20	0,722	1,123	119,2	114,1841
195,5	123	21	0,759	1,289	123	119,9068
135	131	22	0,796	1,479	131	126,4188
114,5	134,4	23	0,833	1,702	134,4	134,0543
86,2	135	24	0,870	1,974	135	143,3995
114,5	142,4	25	0,907	2,331	142,4	155,6401
76,4	182,5	26	0,944	2,862	182,5	173,8373
123	195,5	27	0,981	3,980	195,5	212,1723



Indice E
 $Y = -1452.86 + 13.417 H \quad (R = 0.98)$



Liste des tableaux

Titre du tableau	page
La répartition altimétrique	10
La classification de l'ORSTOM	16
Classification et nombre de cours d'eau	18
Les caractéristiques des matériaux	22
Les différentes caractéristiques du bassin versant	22
Les types de sols	25
Tableau récapitulatif	30
Répartition des surfaces sur les communes	32
Répartition et densité de population	33
Evolution de la population	36
Population active et population occupée	39
Répartition de l'élevage selon les communes	40
Répartition de la S.A.U par commune	41
Répartition des cultures	41
Les équipements hydrauliques	39
La répartition des entreprises	41
La répartition des artisanats	43
Les températures moyennes mensuelles	46
Le régime des vents	47
L'humidité relative	48
L'évaporation	49
L'ETP mensuelle selon Thornthwaite	49
L'ETP mensuelle selon Turc	50
L'ETP mensuelle selon Thornthwaite	51
L'ETP mensuelle selon Turc	51
Caractéristiques des stations pluviométriques	54
Méthode de Thiessen	56
La loi de Gumbel	58
Estimation des pluies fréquentielles	60
Les pluies moyennes mensuelles	63
Caractéristiques des crues	64
Débits journaliers maximum et volumes de crues	64
Débit max calculé selon Mallet–Gaultier	65
Débit max calculé selon Turazza	65
Débit max calculé selon Giandotti	65
Débit max calculé selon Fuller	66
Caractéristique de la crue	67
Les conséquences de la crue	67
Bilan provisoire de la crue	69
Les données hydrométriques de M'chounèche	71
Liste des stations	78
Calcul de l'indice(R)	79
Résultats du calcul des indices	81
Caractéristiques de quelques bassins Algériens	83
Caractéristiques de l'indice (R)	89
Caractéristiques des stations	90
L'indice topographique des stations	94
Les paramètres de l'équation de Wischmeier	94
Division du bassin versant	95
Classification de la vulnérabilité	96
La classification des paramètres	96
Les valeurs de l'indice (IVS)	101
Ordre et surface de l'aléa érosion	101
Le programme du schéma directeur	112

Liste des cartes et figures

Carte / Figure	page
Le profil en long	9
La carte hypsométrique	11
Le rectangle équivalent	14
La courbe hypsométrique	14
La carte des pentes	17
La carte du réseau hydrographique	20
Coupe géologique	21
La carte lithologique	23
La carte d'occupation du sol	27
La carte de répartition de la population	35
La carte des isohyètes	55
Album photos (conséquences de la crue)	68
La carte de l'indice (R)	81
La carte de l'indice (IF)	82
La carte de l'indice (IFA)	84
La carte de l'indice (E)	85
La carte du modèle de Wischmeier	92
La carte indicielle du couvert végétal	97
La carte indicielle lithologique	98
La carte indicielle pluviométrique	99
La carte indicielle des pentes	100
La carte indicielle (IVS)	102
La carte de synthèse de l'indice (IVS)	103
La carte de vulnérabilité	104
Rideaux et banquettes	109
La carte des aménagements	113
Schéma 1	115
Schéma 2	116
Schéma 3	117

Résumé :

Le problème d'érosion est une thématique qui s'impose de jour en jour au niveau des politiques environnementales. Le phénomène par son ampleur est aujourd'hui appréhendé en termes de risque naturel. C'est un phénomène fortement spatialisé car sa prévisibilité temporelle demeure un exercice difficile et surtout hasardeux dans l'état actuel des connaissances. En revanche la prévisibilité spatiale objet de ce travail peut être établie avec beaucoup de précision. Ce travail a été mené dans la vallée d'Oued Labiod qui représente l'une des plus grandes vallées du massif des Aurès (Est Algérien) sur un impluvium de près de 1050 km². De par ses dimensions, ses composantes physiques et l'importance des enjeux socio-économiques qui s'y localisent, ce bassin est soumis à une dynamique érosive particulièrement animée qui à terme peut basculer dans une situation irréversible de désertification. Cette étude a pour objet l'analyse et la cartographie de la vulnérabilité à l'érosion. Il s'agit d'une approche systémique basée sur une méthode multicritères permettant de dresser des cartes indicielles numérisées basées sur la relation entre les différents paramètres ayant une influence sur le phénomène d'érosion (lithologie, pluviométrie, topographie, couvert végétal...) permettant d'exprimer le niveau de vulnérabilité dans cette région semi-aride.

Le résultat est un document qui constitue un outil d'aide à la décision en termes de gestion et de protection des ressources naturelles.

Mots clés :

Vallée d'Oued Labiod, érosion des sols, vulnérabilité, érodibilité, approche multicritères, cartes indicielles.

ملخص:

تعتبر ظاهرة التعرية من المواضيع التي تفرض نفسها اليوم على مستوى السياسات البيئية. على غرار الحجم والرهانات التي تطرحها، بدأت الظاهرة حاليا تأخذ مفهوم الخطر الطبيعي لأن توقع حدوثها في وقت معين يبقى اختبارا صعبا في حين توقع الأماكن التي تستهدفها الظاهرة يمكن إثباته بدقة وهو هدف الدراسة التي أجريت على حوض واد الأبيض (الشرق الجزائري) بالاعتماد على الطريقة متعددة المعايير .