

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° d'ordre :

Université d'Oran 2

**Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire**

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade
de Master

Spécialité : "**Changement climatique & adaptation**"

Thème

**Diagnostic de la vulnérabilité et actions d'adaptation face aux inondations & projections
en contexte de changement climatique : cas du bassin versant de l'Oued Mekerra (NW
Algérie)**

Présenté par:

Mr. BESSEGARI ahmed

Soutenu le : 2016 devant la commission d'examen :

**Mr. CHACHOUA. M
Mr. AZIZ KOUTI
Mr. HASSANI M.I.**

Docteur
Docteur
Professeur

Président
Encadreur
Examineur

Oran 2016

Dédicace

« Avant tout c'est grâce à dieu que je suis là »

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail à :

A Ma chère maman (الله يرحمها) le guide affectueux et attentif en reconnaissance pour son soutien moral et pour toutes les charges assurées au cours de ma vie.

A toi mon cher père, qui a guidée mes pas d'enfance et qui m'a toujours donné l'espoir et la volonté de réussir.

A mes frères.

En un mot, toute ma famille et mes amies ainsi que toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin dans la réalisation de mon travail.

Remerciements

Comme le veut la tradition, je vais commencer ce manuscrit de mémoire par la plus passionnante page d'un mémoire : les remerciements . من لايشكر الناس لايشكر الله .

Mon premier remerciement pour Allah tout puissant pour avoir m'aider à accomplir mon travail.

A l'issue de ce travail, je tiens tout particulièrement à remercier Mr. AZIZ KOUTI, pour avoir dirigé avec beaucoup d'attention et de soin ce travail. Je lui suis très reconnaissant pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent. Je lui dois beaucoup pour le contenu du travail présenté, pour ses critiques constructives et son aide aux différentes entraves rencontrées, pour sa gentillesse et ses qualités humaines.

Je remercie vivement monsieur Mr. CACHOUA. M, de présider le jury d'examinations.

Mes sincères remerciements vont également à Mr. HASSANI M.I, qui a accepté d'examiner et juger ce mémoire. Sa participation me fait un grand honneur.

Par cette occasion je voudrais rendre hommage à tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre.

Merci

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE :	1
-------------------------------	---

Chapitre I :

Cadre d'étude et concepts généraux sur les événements extrêmes et le changement climatique

1-CADRE D'ETUDE :	3
1.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT :	3
1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ORGANISATION ADMINISTRATIVE :	3
1.3. ASPECTS HUMAINS DE LA WILAYA DE SIDI BEL ABBES :	7
1.4. HISTORIQUE DES CRUES SUR LES INONDATIONS DE LA WILAYA DE SIDI BEL ABBES :	9
2- CONCEPTS GENERAUX SUR LES EVENEMENTS EXTREMES ET SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE :	12

Chapitre II :

Analyse des caractéristiques physiques du bassin versant de l'Oued Mekerra

1-ANALYSE DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN VERSANT DE L'OUED MEKERRA :	18
2-LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU BASSIN VERSANT DE L'OUED MEKERRA	20
1-La surface du bassin versant (S) :	20
2-Le périmètre du bassin versant (P) :	20
3-La longueur du bassin versant (l) :	20
4-Les paramètres de forme.....	20
Coefficient de forme	20
3-ÉTUDE MORPHOLOGIQUE :	2121
1. Les altitudes :	24
2. Les Indices De Pente Et Relief :	26
a. Indice de pente (Ip)	26
b. Indice de pente globale (L).....	26
c. Le dénivelé spécifique :	27
4-ETUDE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE :	29
L'ETUDE DES ECOULEMENTS	35
1. Caractéristiques de l'écoulement :	35
2. Débit moyen annuel brut	36
3. Les Apports moyens et la lame d'eau écoulée :	37
4. Débit moyen annuel spécifique :	38
5. Coefficient de débit :	39
5-ETUDE GEOLOGIQUE :	48
6-OCCUPATION DU SOL :	50

CHAPITRE III :

DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE ET ZONAGE DES INONDATIONS

1-ZONES DES PRODUCTIONS, TRANSFERTS, ET D'EXPANSION DES CRUES :	73
2-LES INONDATIONS DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MEKERRA ET METHODES D'IDENTIFICATION DES ZONES INONDABLES.....	74
4-LES TRAVAUX D'AMENAGEMENTS ET LES ETUDES DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS :	81
A - PROTECTION INDIRECTE :	81
1.A LES CANAUX PERIPHERIQUES :	81
2.A LA REALISATION DES BARRAGES OU SEUILS :	81
3.A LES RETENUES COLLINAIRES :	82
4.A LES BARRAGES D'ECRETEMENT :	82
5.A L'AMENAGEMENT DES BASSINS VERSANTS :	82
6.A REBOISEMENT :	82
7.A BANQUETTES ET RIDEAUX :	83
8.A CORRECTION TORRENTIELLE :	83
9.A FIXATION DES BERGES :	83
10.A PROTECTION DIRECTE :	84
B- LA PROTECTION DIRECTE :	84
1.B LE CURAGE DE L'OUED :	84
2.B LE RECALIBRAGE DE L'OUED :	84
3.B LE RENFORCEMENT DES OUVRAGES :	84
4.B LA REALISATION DES CANAUX :	84
5.B LES MURS DE SOUTÈNEMENTS ET L'EXHAUSSEMENT DU SOL :	84
LES RESULTATS :	85

Chapitre IV :

Les projections futures du paramètre climatique sur le bassin versant de l'oued mekerra

1-CARACTERISATION DES PROJECTIONS CLIMATIQUES.....	88
2-PROJECTION DES MODELES REGIONAL MEDCORDEXAPPLICATION SUR LA ZONE D'ETUDE :	90
3-LES CONSEQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE A L'ECHELLE DU TERRITOIRE SERONT MULTIPLES ET INTERDEPENDANTES.....	93
CONCLUSION GENERALE :	98
REFERENCES BIBLIOGRAPHIE :	99

Liste des tableaux

Tableau 1: Evolution de la population de la wilaya de SIDI BEL ABBES (1966-2011).....	8
Tableau 2: La répartition de la population selon la dispersion, par strate.....	9
Tableau 3: Représentation de la fréquence des crues dans le Bassin de la Mekerra (Protection civile, SBA, 2009).....	9
Tableau 4: Répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued Mekerra.....	23
Tableau 5: Altitudes moyennes et surface Partille	25
Tableau 6: présentation des paramètres (surface partielle (km ²), Xi (km)).....	26
Tableau 7: Classification des reliefs d'après l'ORSTOM.....	27
Tableau 8 : illustre le classement du réseau hydrographique de l'Oued Mekerra obtenu à partir des cartes topographiques au 1 / 50 000 qui ont servi de base pour reproduire fidèlement lechevelu.....	30
Tableau 9: Rapport de confluence.....	31
Tableau 10: Rapport de longueur	32
Tableau 11 : Présentation des stations hydrométriques :	35
Tableau 12 : La collecte des données a été effectuée auprès de l'A.N.R.H d'ORAN. Nous disposons de trois séries hydrométriques d'une période de 25ans d'observation (1975-1999).36	36
Tableau 13: Les Apports moyens et la lame d'eau écoulée.....	38
Tableau 14: Présentation des débits spécifiques	38
Tableau 15: Présentation des coefficients des débits de la station de Haçaiba	39
Tableau 16: Présentation des coefficients des débits de la station de S.B.A	40
Tableau 17: Présentation des coefficients des débits de la station de S.A.B	41
Tableau 18: Fréquences des débits moyens annuels (S.B.A).....	43
Tableau 19: Fréquences des débits moyens annuels (S.A.B).....	43
Tableau 20: Fréquences des débits moyens annuels (Haçaiba)	44
Tableau 21 : Présentation des coefficients mensuels des débits	46
Tableau 22 : Présentation des débits moyens saisonniers	46
Tableau 23: Occupation des sols des bassins amont et moyen de la Mekerra	51
Tableau 24: résume les caractéristiques physiques du bassin versant de l'Oued Mekerra.....	54
Tableau 25: caractéristiques des stations utilisées	55
Tableau 26: Présentation des pluies annuelles des trois stations (mm).....	55
Tableau 27: Fréquence au non dépassement de la série de données de station de S.A.B.....	57
Tableau 28: périodes de retour des précipitations pour la station de Haçaiba	57
Tableau 29 : Les précipitations moyennes mensuelles des trois stations.....	57
Tableau 30: précipitations moyennes saisonnières	60
Tableau 31: caractéristiques des différentes stations	61
Tableau 32: présentations des températures mensuelles pour la station de S.A.B.....	62
Tableau 33: Présentation des températures mensuelles pour la station de Haçaiba.....	62
Tableau 34: Présentation des températures mensuelles pour la station de Ras El Ma.....	63
Tableau 35: La vitesse moyenne mensuelle des vents de la station de Haçaiba	63
Tableau 36: Evaporation (mm)	64
Tableau 37: Répartition mensuelle de l'évapotranspiration potentielle	64
Tableau 38 : Les tableaux suivants présentent les températures moyennes et les précipitations moyennes mensuelles des stations de Ras El Ma et SAB.	65
Tableau 39: Station S.A.B.....	65
Tableau 40: Station Sidi Ali Benyoub.....	66
Tableau 41: Station de Ras El Ma.....	67
Tableau 42 : Indice de DEMORAL	69
Tableau 43 : Valeur de l'indice d'aridité mensuel	69

Tableau 44: Le déficit d'écoulement d'après P_VERDEIL.....	70
Tableau 45 : tableau d'alea et risque	95
Tableau 46 : tableau des acteurs et des actions qui fai.....	97

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbés et communes du bassin de la Mekerra.	4
Figure 2 : Carte de population du bassin de la Mekerra.....	7
Figure 3 : Evolution de la population de la wilaya de SIDI BEL ABBES (1966-2011)	8
Figure 4: les différents éléments d'adaptation.	16
Figure 5: la carte de bassin versant de l'Oued Mekerra.	19
Figure 6 : la carte des altitudes du Bassin versant de l'Oued Mekerra (Model numérique de terrain MNT30m résolution).	21
Figure 7: Rectangle équivalent du BV. Source : DHW	23
Figure 8: Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Mekerra.	24
Figure 9: la carte Réseaux hydrographiques du Bassin versant de l'Oued Mekerra.....	29
Figure 10: Rapport de confluence	32
Figure 11: Rapport de longueur	33
Figure 12 : Variation des débits moyens annuels.....	37
Figure 13: L'ajustement des débits moyens annuels à la loi normale (S.A.B)	44
Figure 14: L'ajustement des débits moyens annuels à la loi normale (Haçaiba).....	45
Figure 15: Variation des débits moyens mensuels	45
Figure 16 : Histogramme des débits moyens saisonniers.	46
Figure 17 : la carte géologique du bassin-versant de l'Oued Mekerra.....	49
Figure 18: la carte d'occupation du soldu bassin-versant de l'Oued Mekerra	53
Figure 19:Présentation des pluies annuelles des trois stations (mm).....	56
Figure 20: Histogramme des pluies moyennes mensuelles (station Haçaiba).	58
Figure 21 : Histogramme des pluies moyennes mensuelles (station S.A.B).....	59
Figure 22 : Histogramme des pluies moyennes mensuelles (station Ras El Ma).	59
Figure 23 : Histogrammes de précipitations moyennes saisonnières.....	60
Figure 24: Variation de F humidité moyen mensuelle (Station S.A.B).	63
Figure 25: la Courbe pluviothermique de station Ras El Mas	65
Figure 26:la Courbe pluvieotermeique de station (S.A.B).....	66
Figure 27: la courbes ombrothermiques de station Ras El Mas.....	67
Figure 28 : courbes ombrothermiques de station (SAB).....	67
Figure 29: Abaque de l'indice d'aridité de DEMARTONNE.....	71
Figure 30 : Calcul du déficit d'écoulement en Algérie (p.Verdeil09/1988).	71
Figure 31: Classification des différentes zones inondables du bassin versant.	77
Figure 32 : Source Quatrième rapport du GIEC, Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse, contribution des groupes de travail 1, 2 et 3 au quatrième rapport d'évaluation,.....	89
Figure 33: Représentation du domaine de MedCordex(source site officiel de Medcordex.....	91
Figure 34 :la simulation température max des station (haciba,SAB,Ras El Mas)	92
Figure 35 :la simulation température min des station (haciba,SAB,Ras El Mas).....	92
Figure 36 :la simulation de précipitation de station (Haciba,SAB,Ras El Mas).....	93

Introduction générale :

Le changement climatique est aujourd'hui non seulement inévitable mais ses effets se font déjà ressentir. On ne peut plus nous 'limiter' aux efforts d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, On doit également nous préparer aux impacts territoriaux du changement climatique.

Par rapport à notre contexte national, le Plan Climat National propose de décliner localement les actions en matière de lutte contre le changement climatique, intégrant deux volets : l'atténuation et l'adaptation. Ces deux volets sont indissociables pour une stratégie efficace. Néanmoins on constate un décalage de nature. Si l'atténuation vise à réduire les causes des impacts du changement climatique, l'adaptation se concentre sur ses conséquences. Au regard de l'analyse des démarches Plan Climat Énergie Territoriaux initiées à ce jour au niveau des territoires, force est de constater que l'adaptation au changement climatique reste le « parent pauvre des politiques climatiques locales ». Dans la lignée du Plan Climat National, le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) a adopté le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) en 2011. Plus de 200 mesures d'adaptation au changement climatique ont été identifiées, traitant de sujets aussi divers que les inondations et l'adaptation des zones littorales, l'évolution des forêts, la question de l'eau et l'adaptation de l'économie. Si ces mesures ont été élaborées en concertation à l'échelle nationale, leur traduction à l'échelle des territoires reste à définir.

Les inondations constituent un problème essentiel dans notre secteur d'étude, car elles provoquent des risques aux habitants plus qu'aux urbanismes. Dans notre étude on va faire un diagnostic de la vulnérabilité de ce risque.

Chapitre I :

Cadre d'étude et concepts généraux sur les événements extrêmes et le changement climatique

1-Cadre d'étude :

1.1. Contexte géographique du bassin versant :

La zone d'étude Le bassin versant de l'Oued Mekerra s'étend de la source Ras El Ma à SBA au niveau de la wilaya de SIDI BEL ABBES. Il occupe une position de carrefour sur l'ouest Algérien située à environ 450 km à l'ouest de la capitale ALGER, à 85 km au sud d'ORAN et à près de 90 km à l'est de TLEMCEN. Elle s'étend sur une grande superficie avoisinant 9150 km².

La diversité du milieu dans la wilaya de SIDI BEL ABBES où l'on passe aisément d'un milieu steppique à de grands ensembles forestiers, à des plaines agricoles et fertiles, à des zones urbanisées et industrialisées et la multiple disposition des équipements et des infrastructures plus la forte concentration de la population dans le tissu urbain fait que les risques se démultiplient et peuvent se conjuguer.

1.2. Situation géographique et organisation administrative :

La wilaya de SIDI BEL ABBES occupe une position stratégique dans la partie occidentale du pays.

Elle est délimitée par :

- La wilaya d'ORAN au Nord.
- La wilaya d'AIN TEMOUCHENT au Nord-Ouest.
- La wilaya de MASCARA au Nord-est.
- La wilaya de TLEMCEN à l'Ouest.
- La wilaya de SAIDA à l'Est.
- La wilaya de NAAMA et EL BAYADH au sud, ces dernières sont en fait limitées par une zone humide, celle de CHOTT ECHERGUI.

Le découpage administratif conformément à la loi n°84-09 du 01/02/84 relative à la réorganisation du territoire national a amené une nouvelle restructuration de la wilaya de SIDI BEL ABBES. Celle-ci comprend actuellement 52 communes regroupées en 15 daïras, soit une moyenne de 3 communes par daïra.

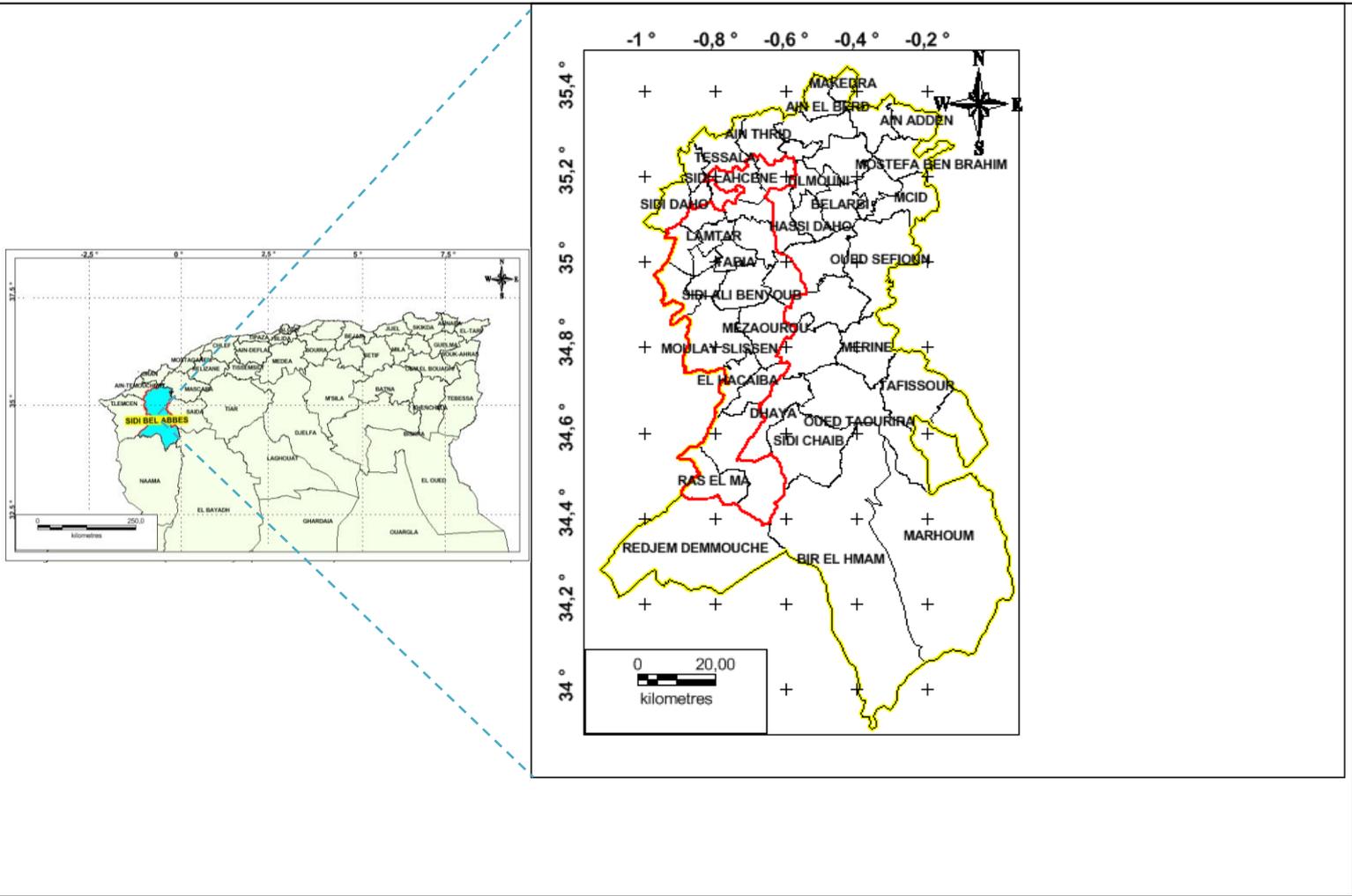


Figure 1 : Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbès et communes du bassin de la Mekerra.

Milieu physique :

Topographie :

La wilaya de Sidi Bel Abbés s'inscrit dans un espace géographique constitué de trois (03) grands ensembles naturels distincts à savoir :

1. La zone montagneuse :

Elle occupe une superficie totale de 2250,37 Km² soit 24,59 % de la superficie de la wilaya.

Au nord, nous trouvons les monts de TESSALA – BENI CHOUGRANE, qui occupent une superficie de 864,20 Km², c'est une zone montagneuse fortement érodée, déboisée et envahie par des cultures annuelles, essentiellement la céréaliculture, jadis cette zone était consacrée à la viticulture. Cette zone comprend les communes suivantes : AÏN KADA, SIDI YAGOUB, TESSALA, SEHALA, AÏN THRID, BOUDJEBHA EL BORDJ, AÏN ADDEN, AÏN EL BERD, MEKEDRA ET SIDI HAMADOUCHE.

Les monts de DHAYA occupent la partie centrale de la wilaya, sur une superficie de 1386,16 Km², cette zone reçoit des précipitations non négligeables, ces monts sont fortement boisés et représentent 40% du domaine forestier de la wilaya. Cinq communes occupent ce territoire : MERINE, TEFESSOUR, TAOU DMOUT, OUED TAOURIRA ET DHAYA.

2. La zone des plaines :

Insérée entre les deux zones montagneuses citées ci-dessus, elle couvre une superficie totale de l'ordre de 3239,44 Km², soit 35,41% du territoire de la wilaya, on y retrouve deux zones distinctes :

Les plaines de SIDI BEL ABBES, qui occupent environ 2102,85 avec une altitude qui varie entre 400m et 800m, et compte 20 communes : Sidi Bel Abbes, Ben Badis, Lantar, Chetouane, Bedrabine El Mokrani, Hassi Zahana, Sidi Ali Boussidi, Sidi Dahou Des Zaïrs, Sidi Khaled, Sidi Lahcene, Amarnas, Sidi Brahim, Mustafa Ben Brahim, Belarbi, Tilmouni, Zerouala, Boukhanifis, Tabia, Sidi Ali Benyoubet SFISEF.

Les hautes plaines de TELAGH, qui couvrent 1136,59 Km² dont l'altitude varie entre 400 m et 1000 m. Cette zone comprend 11 communes : TELAGH, TEGHALIMET, TENIRA, OUED SEFIOUN, M'CID, HASSI DAHOU, BENACHIBA CHELIA, MOULAY SLISSEN, MEZAOUROU, EL HÇAÏBA, AÏN TINDAMINE.

La zone steppique :

Située au sud de la wilaya, elle fait face au versant méridional des monts DHAYA, cette zone couvre 3660,82 Km² soit 40 % de la superficie de la wilaya, c'est des vastes plaines quaternaires à relief relativement plat avec des parcours très dégradés, constitués principalement de nappes alfatières couvrant une superficie de 153.390 Ha sur les quelles est pratiqué un agro pastoralisme mal maîtrisé, 06 communes occupent ce territoire :

RAS EL MA, RDJEM DEMMOUCHE, OUED SEBAA, SIDI CHAÏB, BIR EL HMAM ET MARHOUM.

Au sud de cette zone une partie est occupée par la zone nord du CHOTT ECHERGUI.

1.3. Aspects humains de la wilaya de Sidi Bel Abbas :

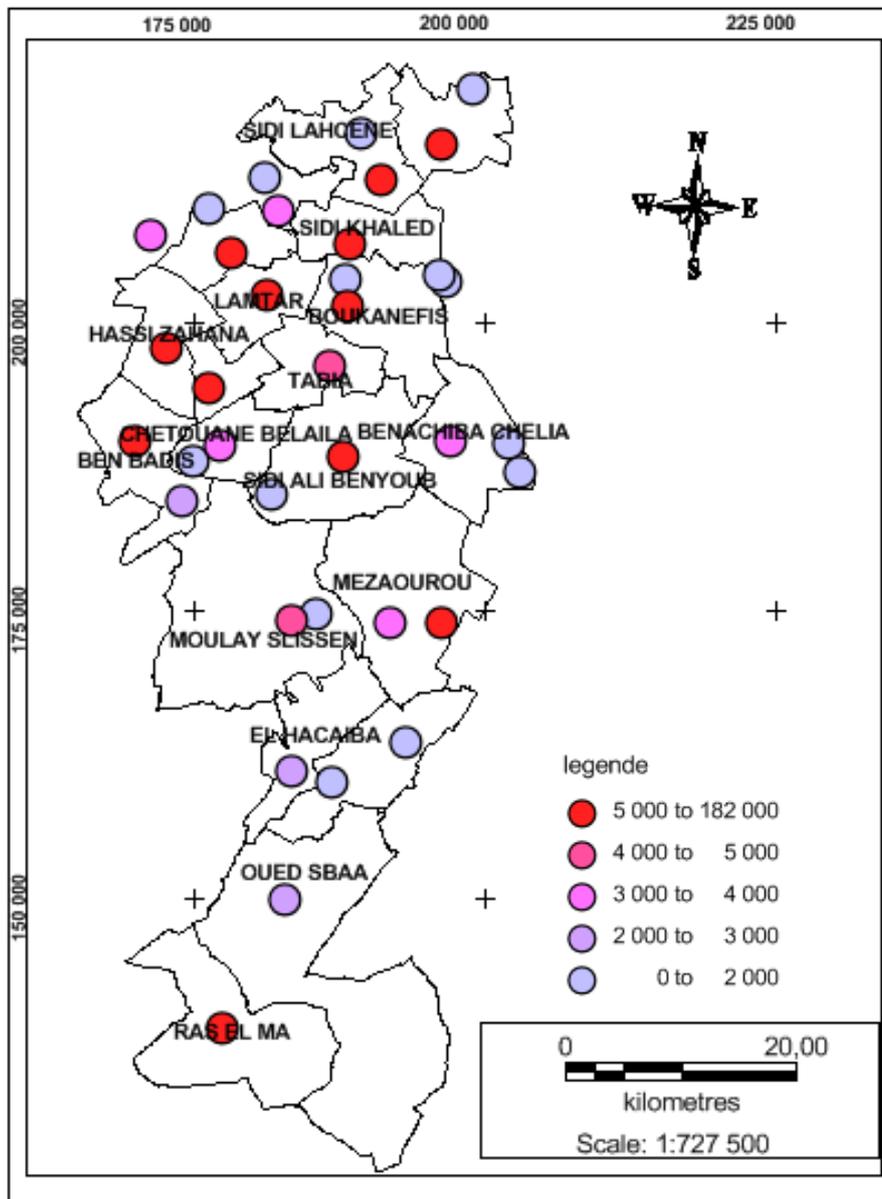


Figure 2 : Carte de population du bassin de la Mekerra.

Une population en constante augmentation :

Selon les données fournies par l’office national de statistique et la direction de la planification et de l’aménagement du territoire, la population de la wilaya de SIDI BEL ABBES est toujours en croissance.

Tableau 1:Evolution de la population de la wilaya de SIDI BEL ABBES (1966-2011)

Année	1966	1977	1987	1998	2008	Estim. 2011
Population	388 420	531 890	382909	495405	603369	627 208
Taux d’Accoissement Annuelle (TAA)	3,19	3,23-	2,36	1 ,99	1 ,3	

Source : ONS (1966, 1977, 1987, 2008), DPAT (2011)

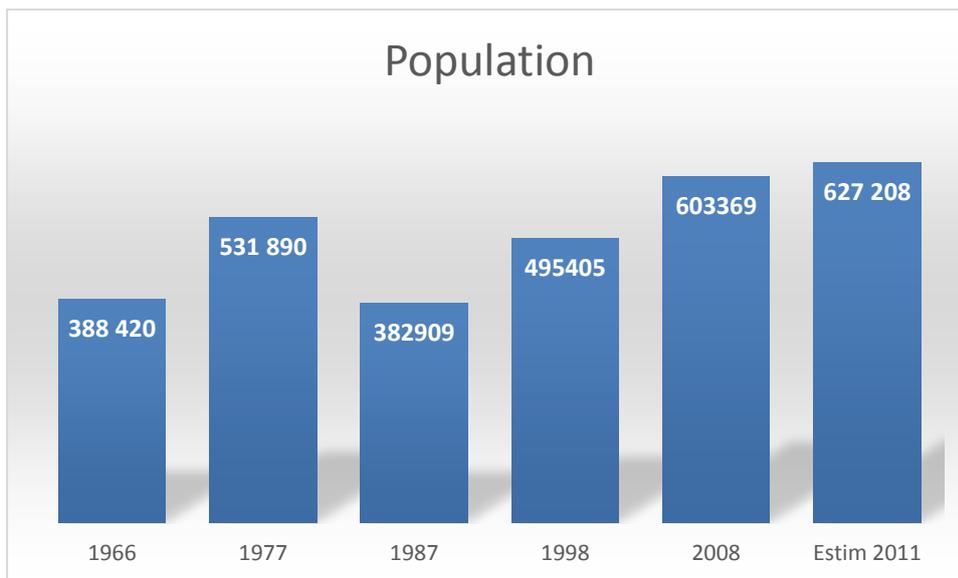


Figure 3 : Evolution de la population de la wilaya de SIDI BEL ABBES (1966-2011)

La répartition de la population selon la dispersion, par strate :

Selon la dispersion la population de la wilaya de Sidi Bel Abbès se répartit comme suit :

- Agglomération Chef-lieu : 539 403 Habitants soit 85,36%.
- Agglomération Secondaire : 58 874 Habitants soit 09,32 %.

- Zone Eparses : 33 634 Habitants soit 05,32%.

Ceci dénote la forte concentration de la population au niveau des agglomérations chef-lieu, et la répartition de la population de la wilaya de Sidi Bel Abbès par strate nous donne ce qui suit :

- Urbain : 439 084 Habitants soit 69,48%.
- Rurale : 192 827 Habitants soit 30,52%.

Tableau 2: La répartition de la population selon la dispersion, par strate.

Population de la wilaya	Dispersion			Strate	
	ACL	AS	ZE	Urbain	Rural
631 911	539 403	58 874	33 634	439 084	192 827
100 %	85.36 %	9.32 %	5.32 %	69.49 %	30.51 %

Source : DPSB

1.4. Historique des crues sur les inondations de la wilaya de Sidi Bel Abbès :

Tableau 3: Représentation de la fréquence des crues dans le Bassin de la Mekerra (Protection civile, SBA, 2009).

Date	Lieu	Débit m3/s	Cause	Morts	Sans abris	
					Individus	Familles
04/10/86	Sidi Bel Abbès	105	Orage	01	530	200
30/04/90	Sidi Bel Abbès	135	Orage			130
29/09/94	Sidi Bel Abbès	215	Orage	02		22
	S. Ali Benyoub	200		01		
05/12/95	Sidi Bel Abbès	110	Orage			03
10/06/96	Ras El Ma	100	Orage			
17/08/97	Moulay Slissen	110	Orage	01		34
27/09/97	Sidi Bel Abbès	200	Orage	01		
13/12/97	Sidi Bel Abbès	160	Orage	01		05

22/09/97	Boukhanifis	160	Orage			
10/02/99	Boukhanifis	110	Orage			
27/07/00	Ras El Ma	100	Orage			100
23/10/00	Sidi bel Abbés	200	Orage			07
	Sidi Lahcen	110				50
	Boukhanifis	160				31
	Sidi Khaled	110				50
Août 2002	Toute la wilaya	600	Orage			200
08/06/03	Oued Sbaâ	250	Orage	01		20
	Moulay Slissen	105	Orage			10
27/05/06	Ras El Ma	110	Orage			23
	Sidi Khaled	175	Orage			09
	Boukhanifis	120	Orage			05
Avril 2007	Moulay Slissen	800	Orage	02		50

- Inventaire exhaustif des principales études et réalisation réalisées :

En matière d'étude :

Pour la protection de la ville de SIDI BEL ABBES contre les inondations :

Une 1ère étude confiée à un bureau d'études national en 1981 et complétée en 1986 a abouti à la proposition d'un ensemble d'aménagements classiques portant sur :

- Le reprofilage de la section de l'oued entre les localités de BOUKHANEFIS et SIDI BEL ABBES en vue d'y faire transiter la totalité du débit de la crue de fréquence centennale évaluée à près de 1500 m³/s.
- La réalisation d'un ouvrage de dérivation à l'entrée de la ville d'une capacité de 800 m³/s complétée par le reprofilage de l'Oued dans sa partie urbaine.
- La réalisation d'une série d'ouvrage de retenues disséminées à l'échelle du bassin versant sur les différents affluents de l'Oued Mekerra.

Ces aménagements ont été écartés et estimés non faisables physiquement puisque nécessitant la démolition d'une très grande partie du bâti urbain à l'intérieur de la ville de Sidi Bel Abbes pour libérer l'emprise nécessaire de transit de 80 m³/s à 1500 m³/s.

- Une seconde étude a été réalisée entre 1999 et 2001 par un bureau d'étude français issu d'un appel d'offres national et international qui a abouti à des propositions de solutions sur la base d'une approche répondant à l'exigence de la protection de la ville de Sidi Bel Abbes contre les inondations tout en concourant à la recharge de la nappe phréatique.

Elaboration d'un atlas des zones exposées aux risques d'inondation :

Ces études ont pour objectif d'établir des atlas des zones inondables permettant de fournir aux pouvoirs publics et aux collectivités locales les éléments d'information préventive relatifs aux aléas inondations utilisables notamment pour :

- L'information du public,
- La planification des actions d'occupation de l'espace.
- La programmation et la réalisation des plans de prévention des risques d'inondation spécifiques à chacune des localités concernées.
- Les travaux d'aménagements et les études de protection contre les inondations 117
- Ils serviront par la suite de base informative pour l'établissement des cartes des aléas inondations.

Les communes concernées étant :

Sidi Bel Abbes, Telagh, Sfifef, Ras El Ma.SidiLahcene, SidiKhaled, Boukhanifis, Tenira, HassiDahou, MouleySlissen, El Hacaiba.

En matière de travaux :

Protection la ville de SIDI BEL ABBES et les localités situées dans la plaine contre les inondations :

Antérieurement à l'année 2000, divers travaux d'aménagement ont été réalisés pratiquement après chaque crue enregistrée ; ces actions d'initiative locale ont porté essentiellement sur :

- La réalisation d'un canal de protection à l'Ouest de la ville.
- La canalisation de l'Oued Mekerra dans sa partie urbaine.
- Le curage et la rectification de l'Oued par l'élimination des méandres dans la zone comprise entre BOUKHANEFIS et SIDI BEL ABBES.
- La réfection des berges de l'oued à l'intérieur de SIDI BEL ABBES.

A partir de l'année 2002, et sur la base des résultats des études dont il fait état précédemment, les travaux de protection contre les crues décennales de l'Oued Mekerra ont été lancés et portés sur :

- Le doublement du canal de protection et des ouvrages annexe situés dans la partie ouest de la ville qui constitue l'un des cheminements préférentiels de la crue.
- Le rééquilibrage du canal sud existant pour passer d'un débit de 30 à 130 m³/s.
- L'amélioration des écoulements de la MEKERRA dans SBA 40 à 80 m³/s.
- La création d'un canal de délestage pour dériver un débit de 60 m³/s à L'amont de la ville de SIDI BEL ABBES vers le canal sud.
- Le doublement de l'ouvrage MEKERRA – SARNO pour la dérivation d'une partie des eaux de crue de l'Oued Mekerra vers le barrage Saron.

Pour s'affranchir de la crue centennale estimée à 1000 m³/s, il est programmé le lancement durant le second trimestre 2006 des travaux de réalisation d'un barrage d'écrêtement à TABIA pour la protection de la ville de SIDI BEL ABBES et des localités situées dans la plaine.

Pour l'ensemble de la wilaya :

Correction et élargissement d'Oued Mekerra pour le bon écoulement de l'Oued.

Une étude est lancée (DHW) pour la protection des localités (RDJEM DEMOUCHE et TABIA) « La haute MEKERRA » contre les inondations.

Pour la protection de la ville SIDI BEL ABBES de contre les inondations :

- Le reprofilage de la section de l'oued entre les localités de BOUKHANIFIS et SIDI BEL ABBES en vue d'y faire transiter la totalité du débit de la crue de fréquence centennale évaluée à près de 1500 m³/s.
- La réalisation d'un ouvrage de dérivation à l'entrée Ouest de la ville d'une capacité de 800 m³/s complétée par le reprofilage de l'oued dans sa partie urbaine.
- Amélioration d'écoulement de l'oued sur la partie traversant la ville.
- Réalisation des digues de protection (TELMOUNI, MOUZENE).

2- Concepts généraux sur les événements extrêmes et sur le changement climatique :

Changement climatique :

Le changement climatique désigne une variation de l'état du climat qui peut être identifiée (par exemple à l'aide de tests statistiques) par des changements affectant la moyenne et/ou la

variabilité de ses propriétés, persistant pendant de longues périodes, généralement des décennies ou plus.

Le changement climatique peut être à la conséquence de processus naturels internes ou à des forçages externes tels que les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques et les changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des terres. On notera que la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit le changement climatique comme étant : « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de période comparables. » La CCNUCC établit ainsi une distinction entre le changement climatique qui peut être attribué aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la variabilité climatique due à des causes naturelles.

La variabilité climatique :

Le climat est naturellement changeant sous l'influence des facteurs naturels interne ; la rotation de la terre ou des de facteurs naturels externes comme l'influence du soleil et de ses cycles ou les activités volcanique c'est ce l'on appelle variabilité climatique ; différence entre le jour et la nuit, entre les saisons événement extrême comme tempête, inondation.

Le changement climatique :

Est un changement du climat attribuable directement ou indirectement à l'activité humaine qui altère la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoute à la variabilité climatique naturellement observée sur des périodes comparables (Article 1 de la CCNUCC).

Les inondations :

Une inondation correspond au débordement des eaux hors du lit mineur à la suite d'une crue. C'est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée Les eaux occupent alors le lit majeur du cours d'eau.

Danger : défini comme la survenue potentielle d'un phénomène naturel ou induit par l'homme ou une tendance, ou un impact physique, pouvant entraîner la perte de la vie, des blessures, ou d'autres impacts sur la santé, ainsi que des dommages et des pertes aux biens, aux infrastructures, aux moyens de subsistance, à la prestation de service, aux écosystèmes et aux ressources environnementales. Dans ce rapport, le terme danger fait référence aux phénomènes physiques ou aux tendances dues au climat ou à leurs impacts physiques.

Exposition : définie comme la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions environnementales, de services et de ressources,

d'infrastructures ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans des zones susceptibles d'être affectées négativement.

Aléa : défini comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel, dans notre cas l'inondation. Il se caractérise par plusieurs paramètres hydrauliques qui expliquent la capacité plus ou moins destructrice de l'inondation.

Vulnérabilité : définie comme la propension ou la prédisposition à être affectée de manière négative. La vulnérabilité recouvre plusieurs concepts et éléments, notamment la sensibilité ou la susceptibilité d'être atteint et le manque de capacité à réagir et à s'adapter.

Impacts : définis comme les conséquences sur les systèmes humains et naturels. Dans le présent rapport, le terme impacts est principalement utilisé pour désigner les conséquences sur les systèmes naturels et humains des événements météorologiques et climatiques extrêmes et du changement climatique. Les impacts désignent généralement les conséquences sur les vies, les moyens de subsistance, la santé, les écosystèmes, les économies, les sociétés, les cultures, les services et les infrastructures dues à l'interaction des changements climatiques ou des événements climatiques dangereux, se produisant à une période donnée, et la vulnérabilité d'une société ou d'un système exposé. Les impacts sont également appelés conséquences et résultats. Les impacts du changement climatique sur les systèmes géophysiques, notamment les inondations, les sécheresses et l'élévation du niveau de la mer, constituent un sous-ensemble des impacts appelés impacts physiques.

Risque : défini comme potentiel de conséquences, dans lequel quelque chose de valeur est en jeu, et dont l'issue est incertaine. Nous reconnaissons par ailleurs la diversité des valeurs au sein des sociétés. Le risque s'exprime souvent en termes de probabilité d'occurrence d'événements dangereux ou de tendances multipliée par les impacts si ces événements ou ces tendances se produisent. Le risque résulte de l'interaction entre la vulnérabilité, l'exposition et le danger (voir Figure 1). Dans le présent rapport, le terme de risque est principalement utilisé pour faire référence aux risques d'impacts du changement climatique.

Adaptation : définie comme un processus d'ajustement au climat présent ou attendu et à ses effets. Dans les systèmes humains, l'adaptation cherche à modérer ou éviter les nuisances ou à exploiter les opportunités bénéfiques. Dans certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'ajustement au climat attendu et à ses effets.

La Vulnérabilité au changement climatique

Le GIEC utilise le terme “changement climatique” pour tout changement de climat dans le temps, qu’il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Cette définition diffère de celle qui est employée dans la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, dans laquelle le changement climatique s’applique à un changement de climat attribué directement ou indirectement aux activités humaines qui modifient la composition de l’atmosphère dans son ensemble et qui s’ajoute à la variabilité naturelle du climat constatée sur des périodes de temps comparables.

La capacité d’adaptation est le degré d’ajustement d’un système à des changements climatiques (y compris la variabilité climatique et les extrêmes) afin d’atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des opportunités ou de faire face aux conséquences.

La vulnérabilité est le degré de capacité d’un système de faire face ou non aux effets néfastes du changement climatique (y compris la variabilité climatique et les extrêmes). La vulnérabilité dépend du caractère, de l’ampleur et du rythme de l’évolution climatique, des variations auxquelles le système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d’adaptation. (GIEC)

Diagnostic de vulnérabilité au changement climatique

Un diagnostic permet d’identifier et distinguer les signes observables d’une défaillance ou d’un problème et sa cause ou origine. Effectuer un diagnostic de vulnérabilité au changement climatique permet donc :

- D’évaluer qualitativement la vulnérabilité d’une organisation, d’une structure ou d’un territoire aux risques liés au changement climatique en étudiant notamment son exposition et sa sensibilité ;
- De hiérarchiser ce niveau de vulnérabilité lié aux différents impacts, par rapport à l’ampleur des conséquences et à la probabilité d’occurrence de ces impacts ;

Le diagnostic de vulnérabilité est une première étape, préalable à l’élaboration d’un plan d’adaptation au changement climatique.

Chapitre II :

Analyse des caractéristiques physiques du bassin versant de l'Oued Mekerra :

1-Analyse des caractéristiques physiques du bassin versant de l'Oued Mekerra :

Le bassin versant de l'Oued Mekerra est situé au Nord-Ouest du territoire Algérien, il fait partie du grand bassin versant de la Macta (bassin versant ANRH N°11). Il prend son origine dans de la steppe Oranaise au Sud de Ras El Ma à une côte avoisinant les 1450 m. La côte moyenne de Sidi Bel Abbés est d'environ 480 m. La superficie de son bassin-versant au niveau de la ville de Sidi Bel Abbés est d'environ 2663,64 km², la longueur de l'oued est de 161,63 km. Le bassin-versant, a une forme allongée du Sud au Nord. La superficie du bassin-versant est à 50% située à une côte dépassant les 1000 m. La pente moyenne de l'oued jusqu'à Sidi Ali Ben Youb est d'environ 1 à 1,5%.

Globalement, notre bassin peut être subdivisé en trois grandes parties :

- La haute Mekerra : Elle s'étend depuis la source de ce cours d'eau au Sud de Ras El Ma jusqu'à SIDI ALI BENYOUB.
- La moyenne Mekerra : Occupe la zone comprise entre SIDI ALI BENYOUB et SIDI BEL ABBES.
- La basse Mekerra : Elle correspond à toute la partie du bassin versant située en aval de la ville de SIDI BEL ABBES. (Maref. N. 2005)

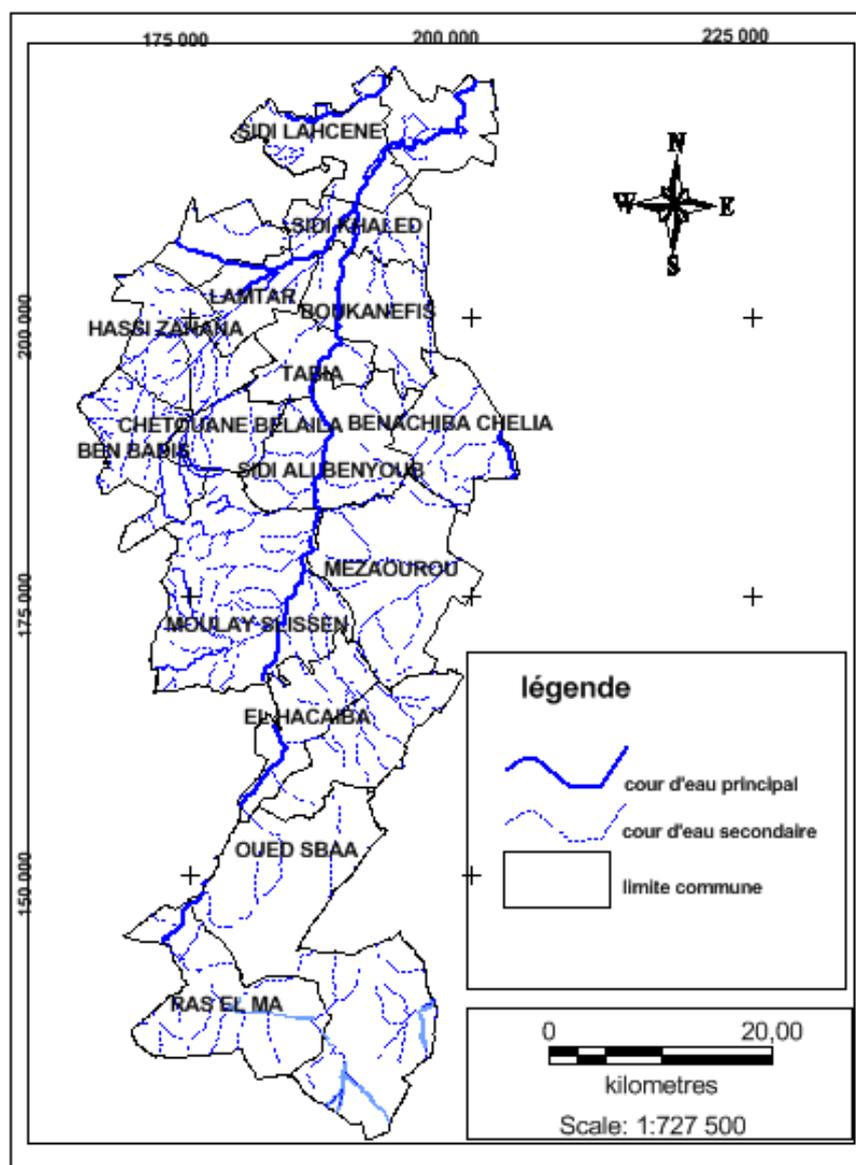


Figure 5: la carte de bassin versant de l'Oued Mekerra.

Les caractéristiques physiographique d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique et notamment le régime des écoulements en période d'étiage ou de crues. Le temps de concentration (T_c) qui caractérise en partie la vitesse et l'intensité de la réaction du bassin versant à une sollicitation des précipitations est influencé par divers caractéristique morphologiques. En premier lieu la taille du bassin (surface), sa forme, son élévation, sa pente et son orientation.

A ces factures s'ajoute le type de sol, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique.

2-Les caractéristiques géométriques du bassin versant de l'Oued Mekerra

1-La surface du bassin versant (S) :

Le bassin versant est l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eaux, elle est mesurée par l'utilisation d'planimètre ou mieux par des techniques de digitalisation. Par planimètre, la surface du bassin versant de l'Oued Mekerra est égale :

$$S=3000\text{km}^2$$

2-Le périmètre du bassin versant (P) :

Le périmètre du bassin versant est la longueur de la ligne partage des eaux, leur détermination permet de calculer l'indice de forme ou l'indice de gravité

$$P= 280\text{km}$$

3-La longueur du bassin versant (L) :

C'est la distance entre l'exutoire du bassin et le point le plus éloigné à l'amont du bassin versant, généralement c'est une droite rectiligne

$$L=134\text{km}$$

4-Les paramètres de forme

Coefficient de forme

La forme d'un bassin versant influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant par exemple une forme allongée favorise pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison de l'importance des temps d'acheminement de l'eau de l'exutoire.

3-Étude morphologique :

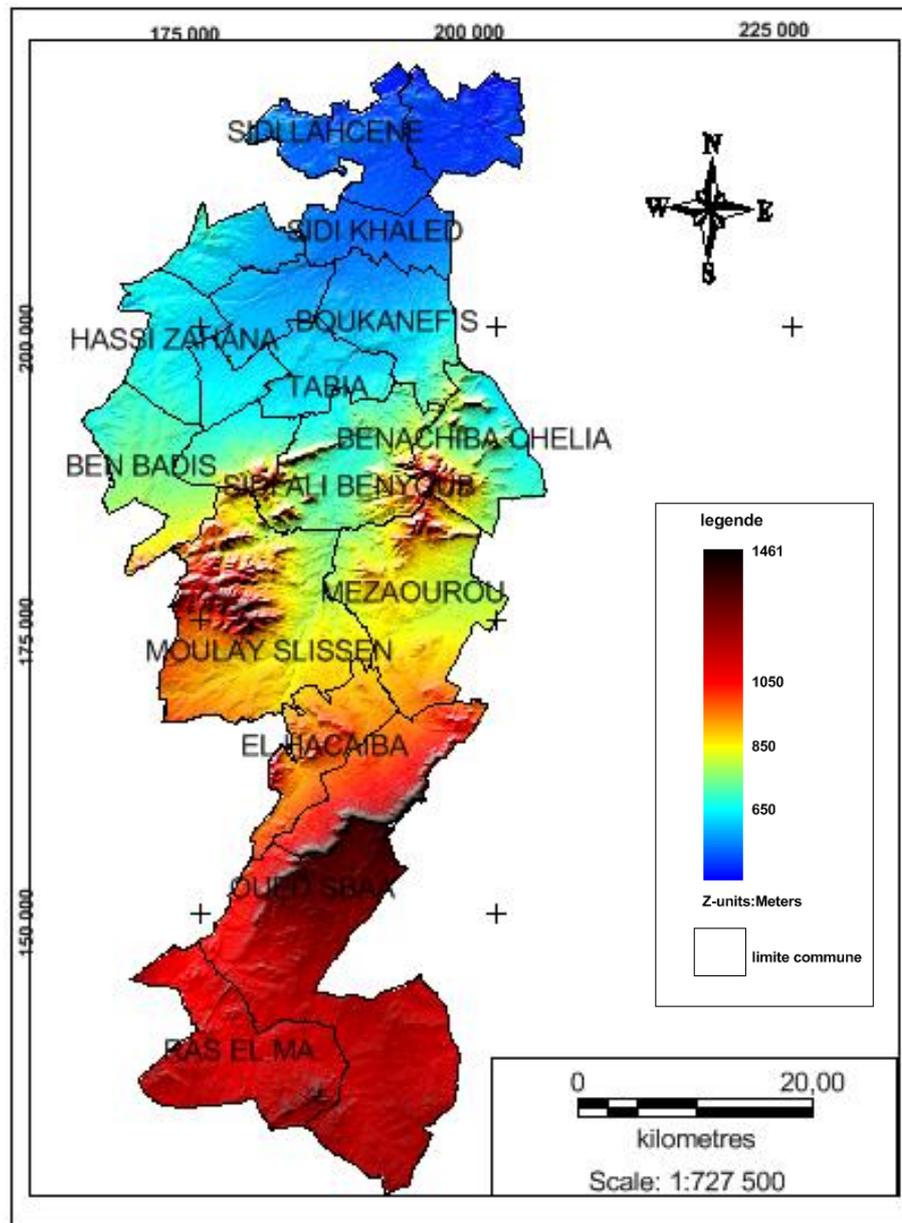


Figure 6 : la carte des altitudes du Bassin versant de l'Oued Mekerra (Model numérique de terrain MNT30m résolution).

- Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux.
- Citons à titre d'exemple l'indice de compacité de GRAVELIUS (1914) (K_c), défini comme le rapport du périmètre du bassin versant au cercle ayant la même surface.

Cet indice qui caractérise la forme du bassin versant est donné par la relation suivante :

$$K_c = 0.28 \frac{p}{\sqrt{S}}$$

Où :

P : Périmètre du bassin versant ($P = 280 \text{ Km}$) ;

S : Surface du bassin versant ($S = 3000 \text{ Km}^2$).

Sur le plan morphologique, la valeur élevée de l'indice de compacité ($K_c = 1,43$) traduit la forme allongée du bassin versant de la Mekerra.

IV.1. Rectangle équivalent

Partant de l'indice de compacité de Gravelius, il est possible suivant la méthode de Mr. Roche d'établir un rectangle représentatif du bassin versant de l'Oued Mekerra dont les paramètres sont :

Longueur(L)

$$L = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

Largeur (I) $L=113.4 \text{ km}$

$$I = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

L : longueur du rectangle (Km).

I : largeur du rectangle (Km).

$I=26.45 \text{ km}$

K : coefficient de GRAVELIUS.

S : l'air du bassin versant (Km²).

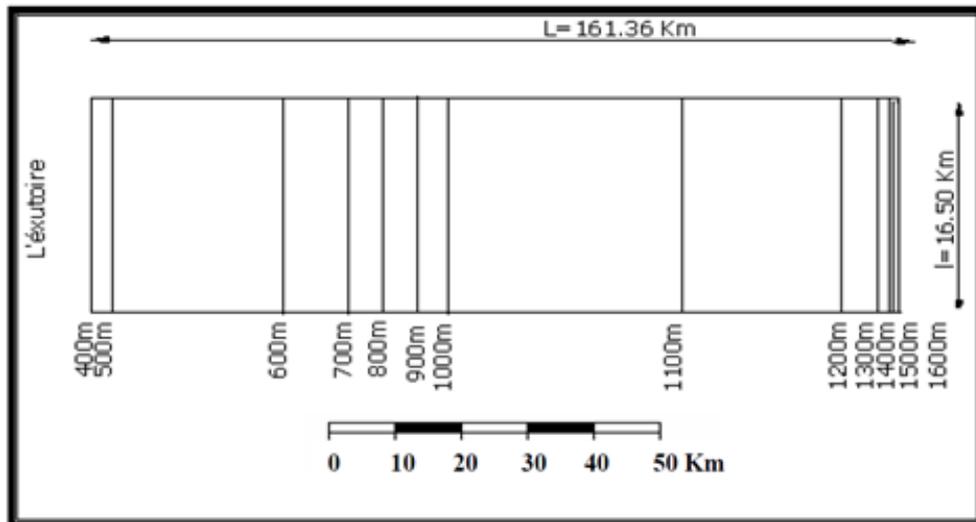


Figure 7: Rectangle équivalent du BV. Source : DHW

Diagramme des fréquences altimétriques :

C'est un diagramme échelonné (histogramme) où on porte en abscisse les altitudes et en ordonnée les surfaces partielles du bassin versant. Pour notre étude nous avons obtenus les résultats suivants :

Tableau 4: Répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued Mekerra

Tranche d'altitude (m)	Si (Km ²)		S; cumulées (Km ²)	%Sj Cumulés
1700 à 1500	2,72	0,09	2,72	0,09
1500 à 1300	124,08	4,14	126,8	4,23
1300 à 1100	1067,72	35,59	1194,52	39,82
1100 à 900	854,9	28,50	2049,42	68,31
900 à 700	549,02	18,30	2598,44	86,61
700 à 500	327,19	10,91	2925,63	97,52
500 à 450	74,37	2,48	3000	100

Étude du relief :

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitation, température, etc.) et la morphologie du bassin.

-on outre la pente influe sur la vitesse d'écoulement.

-le relief se détermine lui aussi au moyen d'indice ou des caractéristiques suivantes :

Courbe hypsométrique

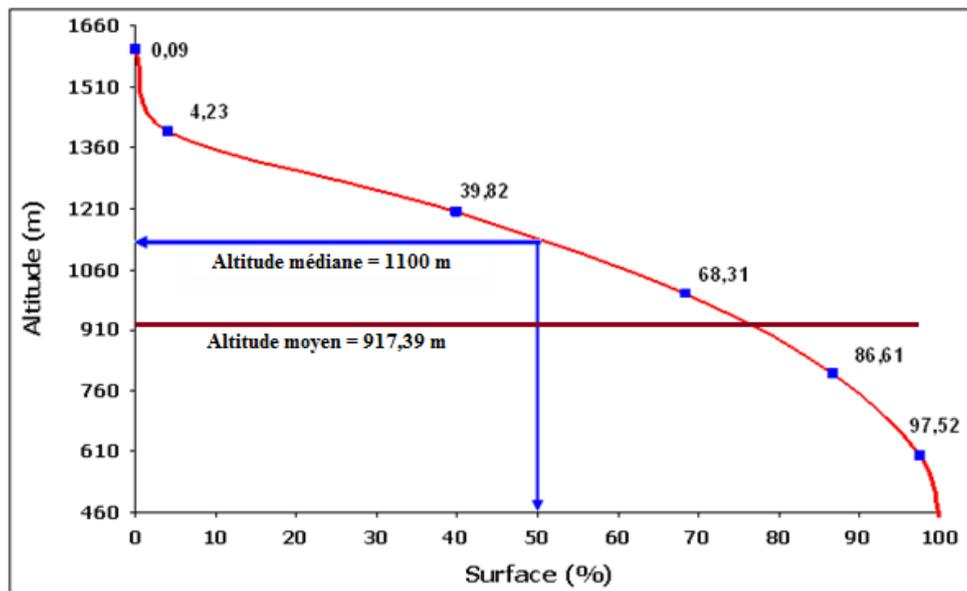


Figure 8: Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Mekerra.

Cette courbe représente la répartition de surface du bassin versant en fonction de son altitude.

1. Les altitudes :

L'altitude maximale (Hmax) :

Elle correspond à la pointe le plus haut du bassin versant

$H_{max} = 1700m$.

L'altitude minimale (Hmin) :

Elle correspond à la pointe le plus basse du bassin versant

$H_{min} = 450m$

L'altitude médiane (Hme(j)) :

Elle correspond à l'altitude lue à la pointe d'abscisse 50% (moyen) de la surface totale du bassin (courbe hypsométrique).

Hmed=1120m

L'altitude la plus fréquente (Hfr) :

Elle correspond au maximum du diagramme des fréquences altimétriques (figure N° (II.3))

Hfr=1200m

L'altitude moyenne (Hmoy) :

C'est le rapport de la somme des volumes partiels sur la surface totale

$$H_{moy} = \sum \left(\frac{H_i \cdot S_i}{S} \right)$$

Où

Hi : altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m).

Si : surface partielle comprise entre deux courbes de niveaux (Km²)

S : surface totale du bassin versant (Km²).

Hmoy=995m

Tableau 5: Altitudes moyennes et surface Partille

Tranche d'altitudes	Hi (m)	Si (km ²)	HixSi
1700 à 1500	1600	2,72	4352
1500 à 1300	1400	124,08	173712
1300 à 1100	1200	1067,72	1281264
1100 à 900	1000	854,9	854900
900 à 700	800	549,02	439216
700 à 500	600	327,19	196314
500 à 450	475	74,37	35325,75
Total		3000	2985083,75

2. Les Indices De Pente Et Relief :

a. Indice de pente (Ip)

Mr Roche a proposé un indice de pente plus facile à calculer, il est égal la somme des racines carrées des pentes moyennes de chacun des éléments pondérés par la surface intéressée soit :

$$I_p = \frac{\sqrt{D}}{L} \sum X_i$$

$B_i = X_i \cdot L$ En posant B_i le pourcentage de la surface totale se trouve entre H_{j+i} et H_i $D=200$ m, $L=26,45$ km

Tableau 6: présentation des paramètres (surface partielle (km²), X_i (km))

Tranche d'altitudes	S (km ²)	X_i (km)
1700 à 1500	2.72	0.10
1500 à 1300	124.08	4.74
1300 à 1100	1067.72	40.83
1100 à 900	854.9	32.70
900 à 700	549.02	21.00
700 à 500	327.19	12.51
500 à 450	74.37	2.84

$I_p = 6,20\%$

b. Indice de pente globale (L)

Sur la courbe hypsométrique déjà tracée, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la surface totale.

$H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ sont les altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de la surface du bassin. La dénivelée D est donc égale à $H_{5\%} - H_{95\%}$ où $H_{5\%} = 1380$ m et $H_{95\%} = 650$ m. L'indice de pente I_g est également défini par Roche à partir du rectangle équivalent est égal à :

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

I_g : indice globale de Roche

D : dénivelée (m) = 730 m.

L : Longueur du rectangle équivalent = 113,4 Km

Ig = 0,64%

c. Le dénivelé spécifique :

L'indice Ig décroît pour une même bassin lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différents.

La dénivelée spécifique Ds ne présente pas cet inconvénient : elle dérive de la pente globale Ig en la corrigeant de l'effet de surface admis étant inversement proportionnel à \sqrt{S} :

$$Ds = Ig \sqrt{S} \quad Ds=350,54 \text{ m}$$

Tableau 7: Classification des reliefs d'après l'ORSTOM

1	Relief faible	Ds < 10m
2	Relief faible	10m < Ds < 25m
3	Relief assez faible	25m < Ds < 50m
4	Relief modéré	50m < DS < 100m
5	Relief assez fort	100m < DS < 150m
6	Relief fort	250m < Ds < 500
7	Relief très fort	Ds > 500m

D'après la classification de l'ORSTON (Office de la Recherche Scientifique des Travaux d'Outre) la classe de dénivelé spécifique du bassin versant de l'Oued Mekerra est 6 donc Relief fort.

4. Indice de pente moyenne (I moy) :

C'est une caractéristique important qui renseigne sur la topographie du bassin, elle donne une bonne indication sur la tempe de parcours ruissellement.

$$I_{moy} = \frac{D}{L}$$

Où :

D : Dénivelée totale du rectangle équivalent (Km)

$H_{\max} - H_{\min} = 1700 - 450 = 1250\text{m} = 1.25\text{Km}$

L : Longueur du rectangle équivalent (Km) = 113,4 Km

$I_{\text{moy}} = 1,10 \%$

4-Etude du Réseau Hydrographique :

L'étude hydrologique a pour but l'estimation de tous les paramètres hydrologiques des cours d'eau dont :

L'apport moyen et fréquentiels, distribution des apports, débit minimal et maximal instantané, volume d'eau écoulée et, l'apport solide et cela fait appel autant que possible à des données provenant des stations d'observation hydro climatiques et hydrométriques.

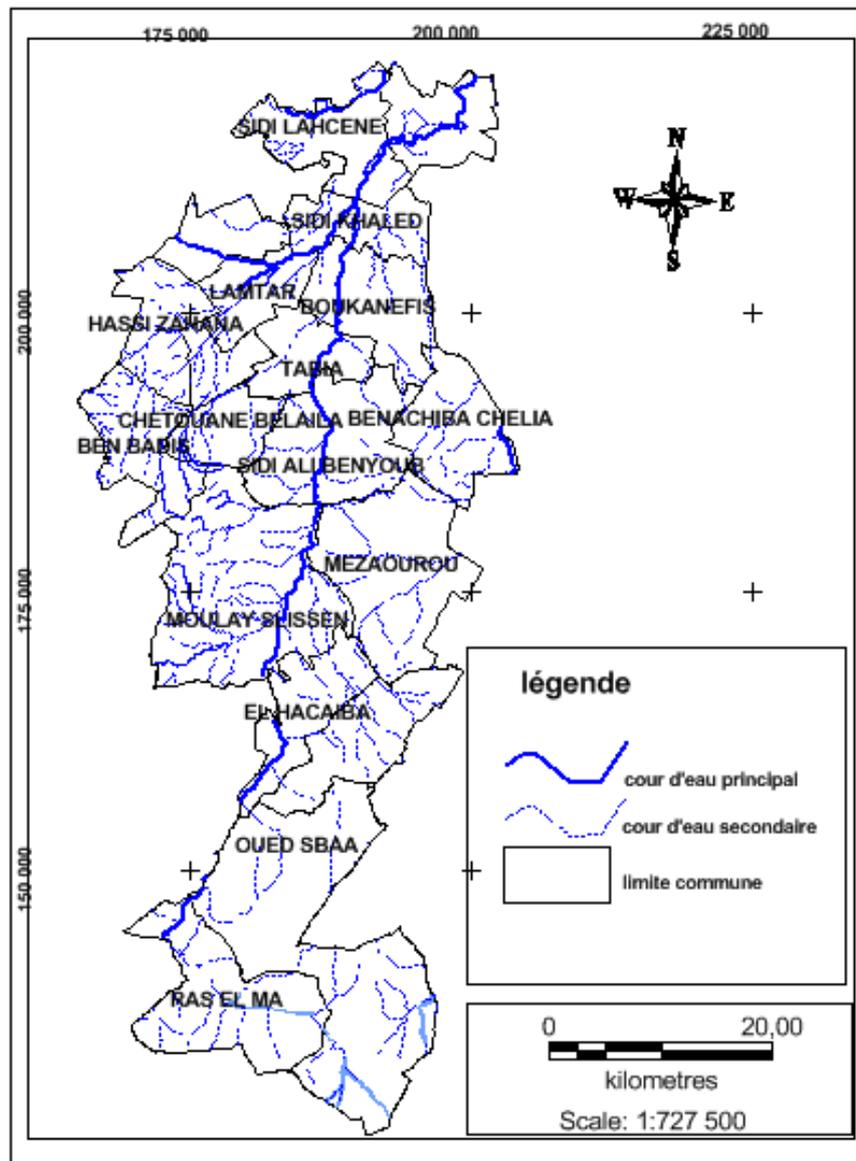


Figure 9: la carte Réseaux hydrographiques du Bassin versant de l'Oued Mekerra.

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques. Le chevelu hydrographique suit pratiquement les accidents importants qui ont affecté les formations carbonatées du Jurassique et du Crétacé et se modifie avec l'évolution de la tectonique.

Les principaux affluents de l'Oued Mekerra sont : O. Touifza, O. Tadjmount, O. Faïd Et Taga, O. Mzi, O. Sekhana, O. El Khetoua, O. Ras El Ouidiane, O. Faratezziet, O. Smar, O. Mouzen et O. Mellah.

La détermination des caractéristiques du réseau hydrographique est basée sur la méthode définie par R. HORTON modifiée par STRALTER et SCHUM dans laquelle il est indiqué que tout cours d'eau sans affluents est d'ordre 1.

Ordre	1	2	3	5	6	Total
Nombre	280	59	20	2	1	358
Longueur	2454	812	380	69	34	3887

Tout cours d'eau ayant des affluents d'ordre n'est d'ordre n+1 et garde cet ordre dans toute sa longueur.

Tableau 8 : illustre le classement du réseau hydrographique de l'Oued Mekerra obtenu à partir des cartes topographiques au 1 / 50 000 qui ont servi de base pour reproduire fidèlement lechevelu.

Rapport de confluence (Rc) :

Il correspond au quotient du nombre des thalwegs d'ordre n par celui des thalwegs d'ordre n+1 ; (voir tableau N°(8)) Ce rapport est défini par la relation :

$$Rc = \frac{Nn}{N(n + 1)}$$

N : nombre de cours d'eau d'ordre n.

Tableau 9: Rapport de confluence

Ordre (n)	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Nombre (N)	280	59	20	6	2	1	-
Rapport de confluence	4,74	2,95	3,33	-	2	-	3,2

En reportant sur un papier semi-logarithmique. En ordonnées le logarithme le nombre de thalwegs. En abscisses l'ordre des cours d'eau.

On obtient un alignement de points suivant une droite de forme $\text{Log } N = an + b$ (Figure N°(6)) dont la pente «a» donne la valeur moyenne du rapport de confluence sur l'ensemble du bassin versant de l'Oued Mekerra.

La valeur cette pente «a = 3,36» est obtenue par la relation suivante :

$$a = \frac{\log(N) - \log(N - 1)}{(n) - (n - 1)}$$

Avec :

N=nombre de thalwegs

n=ordre du thalweg

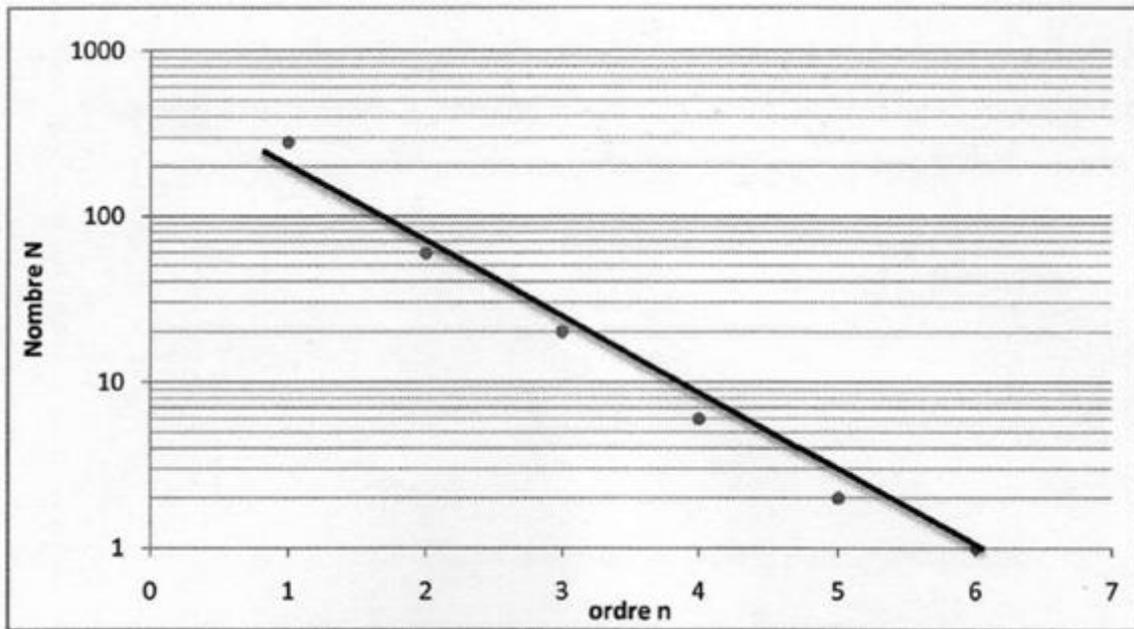


Figure 10: Rapport de confluence

Cette valeur élevée du rapport de confluence ($R_c = 3,2$) confirme l'allongement du bassin versant de l'Oued Mekerra.

V.2. Rapport des longueurs

Ce rapport correspond au rapport entre la longueur moyenne des thalwegs d'ordre (n+1) par celui des thalwegs d'ordre (n) (Tableau N°(7)).

$$RL = \frac{L(n+1)}{Ln}$$

RL : rapport de longueur

L_n : Longueur moyenne des thalwegs d'ordre n

$L_{(n+1)}$: Longueur moyenne des thalwegs d'ordre n+1

Tableau 10: Rapport de longueur

Ordre (n)	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Nombre (N)	280	59	20	6	2	1	
Longueur cumulée (L_j)	2454	812	380	138	69	34	
Longueur moy. (L_j/N_j)	8,8	13,8	19	23	34,5	34	
Rapport de longueur (RL)	1,57	1,38	1,21	1,5	0,99	-	1,32

De la même manière que le rapport de confluence, les valeurs de la longueur moyenne des thalwegs sont reportées en fonction de l'ordre du thalweg sur un papier semi - logarithmique, on obtient alors une droite de pente «a» (figure N7) qui correspond à la valeur moyenne des rapports de longueur de cours d'eau au niveau du bassin versant de l'Oued Mekerra. La moyenne des rapports de longueur obtenue est de $RL=1,32$.

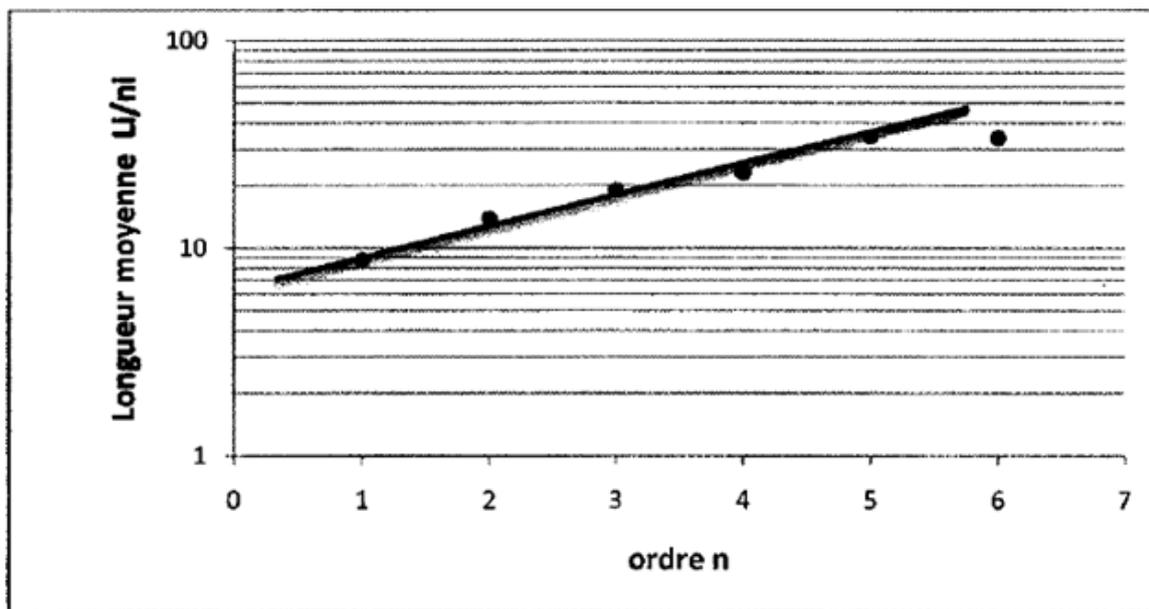


Figure 11: Rapport de longueur

Densité de drainage (Dj) :

Appelée aussi la densité de thalwegs, elle est définie comme étant le rapport de la somme des longueurs des cours d'eau de tous les ordres sur la surface drainée.

L : longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin en km. S : surface du bassin en km².

$$Dd = 1,30 \text{ km/km}^2$$

Il faut signaler que la reproduction du chevelu hydrographique est d'autant plus fidèle que l'échelle de la carte est grande.

La valeur de densité de drainage obtenue est de l'ordre de 1.30 km/km², ce qui indique que le bassin versant de l'Oued Mekerra est assez bien drainé.

L'importance du drainage est due principalement à la nature des formations qui forment le bassin ainsi qu'aux pentes assez fortes des versants d'une part et d'autre part au régime climatique, caractérisé par ses pluies irrégulières et violentes.

Densité du réseau hydrographique (fréquence des cours d'eau) (F) :

Elle représente le nombre des canaux d'écoulement par unité de surface.

$$F = \frac{\sum Ni}{S}$$

Avec

Ni : Nombre des coure d'eau

S : surface du bassin versant (km)

F=0,119 km

- Temps de concentration :

C'est le temps nécessaire à une particule d'eau pour s'écouler depuis hydrologiquement le plus éloigné du bassin versant jusqu' à l'exutoire.

Théoriquement on estime que Tc est la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin de ruissellement.

Pratiquement le temps de concentration peut être déduit des mesures sur le terrain au s'estimer à l'aide des formules empirique (formule de Giandattin).

$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{Hmoy - Hmin}}$$

Où :

Tc : temps de concentration (heures)

S : superficie du bassin (3000 km²)

L : longueur du thalweg principal (134 km)

Hmoy : altitude moyenne (995 m)

Hmin : altitude minimale (450 m)

Tc= 22,50 heures

Coefficient de torrentialité

C'est un coefficient qui tient compte à la fois de la densité des thalwegs élémentaires par la densité de drainage :

CT = Dd. F

Dd : densité de drainage

F : fréquence des thalwegs élémentaires

$F = N1 / A$ avec N1 nombre de cours d'eau d'ordre 1

$CT = 0,12$

- Coefficient d'allongement :

Il est déterminé par la relation suivante :

$$Ca = \frac{L^2}{S}$$

L : Longueur du bassin versant (Km) ;

S : Surface du bassin versant (Km²) ;

La valeur du coefficient obtenue est de $Ca = 5,98$, ce qui dénote l'allongement du bassin versant

Equipement hydrométrique du bassin versant de L'Oued Mekerra :

La localisation des stations hydrométriques du bassin versant de l'Oued Mekerra, se présente comme suit dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Présentation des stations hydrométriques :

Station	Coordonnées de Lambert		Altitude (m)	Code
	X	Y		
S.B.A	199.07	219.75	486	11-03-01
S.A.B	186.5	192.2	635	11-02-01
Haçaïba	183.7	161.3	925	11-01-01

L'étude des Ecoulements

1. Caractéristiques de l'écoulement :

L'écoulement moyen annuel est le volume d'eau écoulée annuellement à l'exutoire du bassin versant.

2. Débit moyen annuel brut

Tableau 12 : La collecte des données a été effectuée auprès de l'A.N.R.H d'ORAN. Nous disposons de trois séries hydrométriques d'une période de 25ans d'observation (1975-1999).

Années	S.B.A	S.A.B	HAÇAIBA 1
75-76	0.83	0.68	0.33
76-77	0.77	0.74	0.35
77-78	0.65	0.50	0.36
78-79	0.70	0.44	0.39
79-80	0.62	0.50	0.27
80-81	0.67	0.49	0.22
81-82	0.67	0.60	0.30
82-83	0.69	0.55	0.230
83-84	0.63	0.22	0.28
84-85	0.59	0.84	0.25
85-86	0.70	0.39	0.17
86-87	0.71	1.02	1.02
87-88	0.85	0.37	0.18
88-89	0.61	0.36	0.34
89-90	0.87	0.56	0.12
90-91	1.19	1.17	0.26
91-92	1.04	0.33	0.04
92-93	0.57	0.23	0.038
93-94	0.48	0.18	0.024
94-95	0.38	0.58	0.32
95-96	0.65	1.10	0.52
96-97	0.35	0.34	0.11
97-98	0.72	0.86	0.40
98-99	1.06	0.13	0.03
99-00	0.86	0.26	0.15

Source A.N.R.H d'Oran

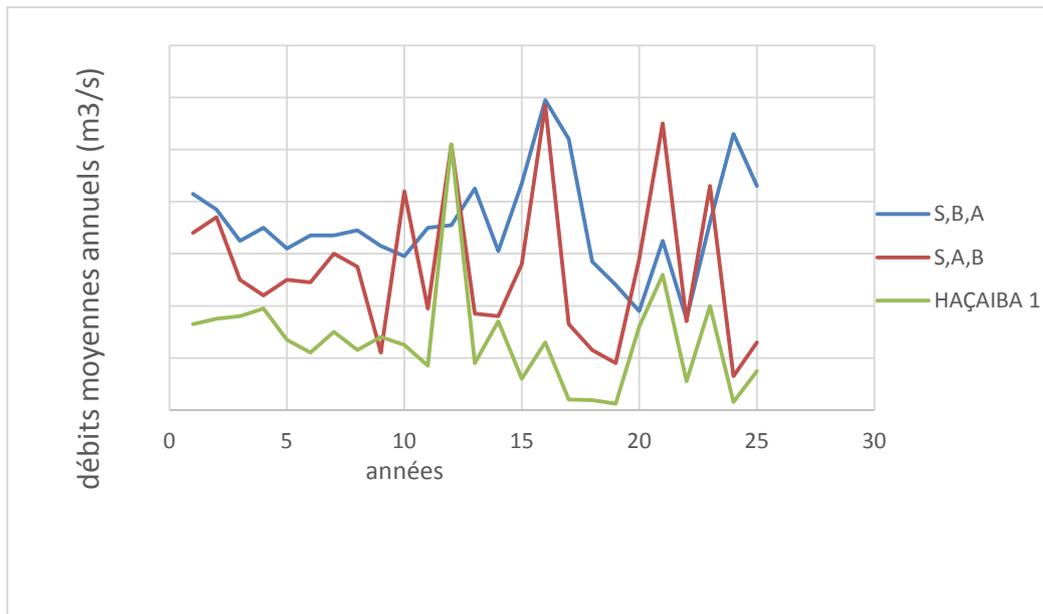


Figure 12 : Variation des débits moyens annuels

3. Les Apports moyens et la lame d'eau écoulee :

L'estimation des apports moyens et la lame d'eau écoulee se fait par la formule suivante :

$$Q = \frac{\sum Qi}{N}$$

$$A = Q * T$$

Avec :

A : Apport moyen annuel en m^3 .

Q : Moyen des débits moyens annuels en m^3

T : Temps d'année en (s).

□ La lame d'eau écoulee (Y) donne par la relation suivante :

$$Y = \frac{Q}{S * 10^3}$$

Avec :

S : surface du bassin versant.

Les résultats obtenus dans le tableau suivant :

Tableau 13: Les Apports moyens et la lame d'eau écoulée

STATIONS	APPORTS MOYENS (HM*5)	LAME D'EAU ECOULEE (MM)
S.B.A	22.53	2,71. 10 ⁶
S.A.B	16.95	0,25. 10 ⁶
Haçaiba	8.45	0,59. 10 ⁶

4. Débit moyen annuel spécifique :

Le débit spécifique dans notre bassin versant variera en fonction de la distribution des précipitations sur la région et en fonction du comportement hydrologique, c'est-à-dire la lithologie et le couvert végétal.

Le débit spécifique est un élément qui permet de faire ressortir la variation spatiale de l'écoulement dans le bassin.

Le tableau ci-dessous présentera les débits moyens annuels spécifiques pour les trois stations

Tableau 14: Présentation des débits spécifiques

Années	S.B.A	S.A.B	HAÇAIBA
75-76	3.155	0.391	0.733
76-77	2.927	0.363	0.777
77-78	2.471	0.306	0.8
78-79	2.661	0.330	0.866
79-80	2.357	0.292	0.6
80-81	2.547	0.316	0.488
81-82	2.547	0.316	0.666
82-83	2.623	0.325	0.511
83-84	2.395	0.297	0.622
84-85	2.243	0.278	0.555
85-86	2.661	0.330	0.377
86-87	2.699	0.334	2.266
87-88	3.231	0.400	0.4
88-89	2.3193	0.287	0.755
89-90	3.307	0.410	0.266

90-91	4.524	0.561	0.577
91-92	3.954	0.490	0.088
92-93	2.167	0.268	0.084
93-94	1.825	0.226	0.053
94-95	1.444	0.179	0.711
95-96	2.471	0.306	1.155
96-97	1.330	0.165	0.244
97-98	2.737	0.339	0.888
98-99	4.030	0.5	0.066
99-00	3.269	0.405	0.333

Source A.N.R.H d'Oran

5. Coefficient de débit :

Le coefficient de débit (KO est le rapport entre les débits moyens et le module moyen interannuel.

$$K = \frac{Q_i}{Q}$$

K : coefficient de débit.

Qi : débit moyen annuel (m /s).

Q =débit moyen interannuel (m3/s).

La répartition des données selon le coefficient de débit est comme suit :

Si $K_i < 1$ Année sèche. $K_i = 1$ Année moyenne. $K_i > 1$ Année humide.

Les tableaux suivants présentent la variation annuelle en fonction des coefficients de débits au

Niveau des trois stations.

Tableau 15: Présentation des coefficients des débits de la station de Haçaiba

Années	Qi (mJ/s)	Ki	Variation annuelle
75-76	0.33	1.213	H
76-77	0.35	1.286	H

77-78	0.36	1.323	H
78-79	0.39	1.43	H
79-80	0.27	1.00	M
80-81	0.22	0.80	S
81-82	0.30	1.10	H
82-83	0.23	0.84	S
83-84	0.28	1.02	H
84-85	0.25	0.92	M
85-86	0.17	0.62	S
86-87	1.02	3.75	H
87-88	0.18	0.66	S
88-89	0.34	1.25	H
89-90	0.12	0.44	S
90-91	0.26	0.95	M
91-92	0.04	0.14	S
92-93	0.038	0.088	S
93-94	0.024	0.17	S
94-95	0.32	1.1791	H
95-96	0.52	1.91	H
96-97	0.11	0.40	S
97-98	0.40	1.47	H
98-99	0.03	0.11	S
99-00	0.15	0.55	S

H : Humide. M : Moyenne. S : Sèche

Tableau 16: Présentation des coefficients des débits de la station de S.B.A

Années	Qi (niVs)	K,	Variation annuelle
75-76	0.83	1.18	H
76-77	0.77	1.07	H
77-78	0.65	0.92	M
78-79	0.70	0.98	M
79-80	0.62	0.87	S

80-81	0.67	0.94	M
81-82	0.67	0.94	M
82-83	0.69	0.89	S
83-84	0.63	0.83	S
84-85	0.59	0.99	M
85-86	0.70	0.99	M
86-87	0.71	0.99	M
87-88	0.85	1.19	H
88-89	0.61	0.85	S
89-90	0.87	1.23	H
90-91	1.19	1.67	H
91-92	1.04	1.46	H
92-93	0.57	0.80	S
93-94	0.48	0.68	S
94-95	0.38	0.54	S
95-96	0.65	0.95	M
96-97	0.35	0.51	S
97-98	0.72	1.13	H
98-99	1.06	1.31	H
99-00	0.86	1.22	H

H : Humide. M : Moyenne. S : Sèche

Tableau 17: Présentation des coefficients des débits de la station de S.A.B

Années	Qi (nrVs)	Kj	Variation annuelle
75-76	0.68	1.29	H
76-77	0.74	1.41	H
77-78	0.50	0.96	M
78-79	0.44	0.85	S
79-80	0.50	0.96	M
80-81	0.49	0.94	M
81-82	0.60	1.15	H
82-83	0.55	1.06	H
83-84	0.22	0.41	S
84-85	0.84	1.61	H

85-86	0.39	0.75	S
86-87	1.02	1.94	H
87-88	0.37	0.71	S
88-89	0.36	0.69	S
89-90	0.56	1.07	H
90-91	1.17	2.23	H
91-92	0.33	0.63	S
92-93	0.23	0.44	S
93-94	0.18	0.35	S
94-95	0.58	1.11	H
95-96	1.10	2.09	H
96-97	0.34	0.64	S
97-98	0.86	1.64	H
98-99	0.13	0.24	S
99-00	0.26	0.51	S

H : Humide. M : Moyenne. S : Sèche

Bilan Moyen Annuel de L'écoulement

Le bilan hydrologique est la différence entre les précipitations et le déficit d'écoulement (l'évapotranspiration pour un bassin versant). Le bilan est : $Y=P-D$

Avec :

Y : Lamme d'eau écoulée dans le bassin versant.

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

D : déficit d'écoulement moyen en (mm).

Etude Fréquentielle des Débits Moyens Annuels

Le traitement statistique des débits constitue la phase dynamique de l'analyse de régime hydrologique par l'étude fréquentielle des débits annuels. Après avoir par l'ordre. Le tableau N°17 Présente les débits moyens annuels et les débits classés en fonction de leurs fréquences.

Tableau 18: Fréquences des débits moyens annuels (S.B.A)

Rang	Débits (m ³ /s)	Fréquence	Rang	Débits (Mj/s)	Fréquence
1	0.35	0.02	14	0.70	0.54
2	0.38	0.06	15	0.70	0.58
3	0.48	0.10	16	0.71	0.62
4	0.57	0.14	17	0.72	0.66
5	0.59	0.18	18	0.77	0.70
6	0.61	0.22	19	0.83	0.74
7	0.62	0.26	20	0.85	0.78
8	0.63	0.30	21	0.86	0.82
9	0.65	0.34	22	0.87	0.86
10	0.65	0.38	23	1.104	0.90
11	0.67	0.42	24	1.106	0.94
12	0.67	0.46	25	1.19	0.98
13	0.69	0.50			

Tableau 19: Fréquences des débits moyens annuels (S.A.B)

Rang	Débits (m ³ /s)	Fréquence	Rang
1	0.113	0.02	14
2 0.186	0.06	15	0.558
3 0.22	0.10	16	0.563
4 0.235	0.14	17	0.584
5 0.268	0.18	18	0.608
6 0.332	0.22	19	0.68
7 0.340	0.26	20	0.74
8 0.365	0.30	21	0.848
9 0.375	0.34	22	0.863
10 0.394	0.38	23	1.02
11 0.446	0.42	24	1.101

12 0.493	0.46	25 1.17	0.98
13 0.504	0.50		

Tableau 20: Fréquences des débits moyens annuels (Haçaiba)

Rang	Débits (m3/s)	Fréquence	Rang	Débits (m3/s)	Fréquence
1	0.024	0.02	14	0.27	0.54
2	0.030	0.06	15	0.28	0.58
3	0.038	0.10	16	0.30	0.62
4	0.040	0.14	17	0.32	0.66
5	0.11	0.18	18	0.33	0.70
6	0.12	0.22	19	0.34	0.74
7	0.15	0.26	20	0.35	0.78
8	0.17	0.30	21	0.36	0.82

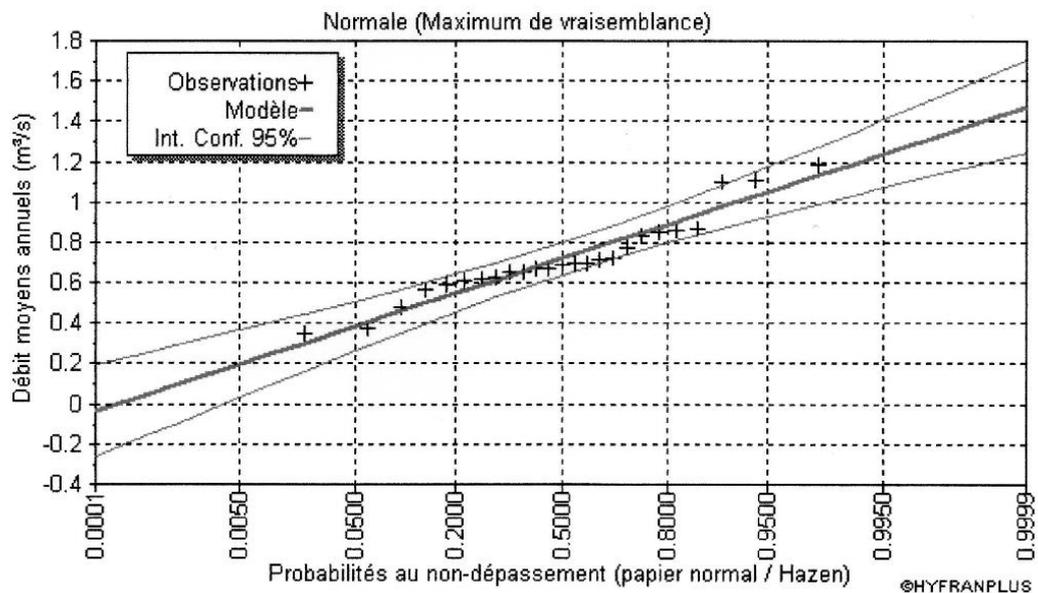


Figure 13: L'ajustement des débits moyens annuels à la loi normale (S.A.B)

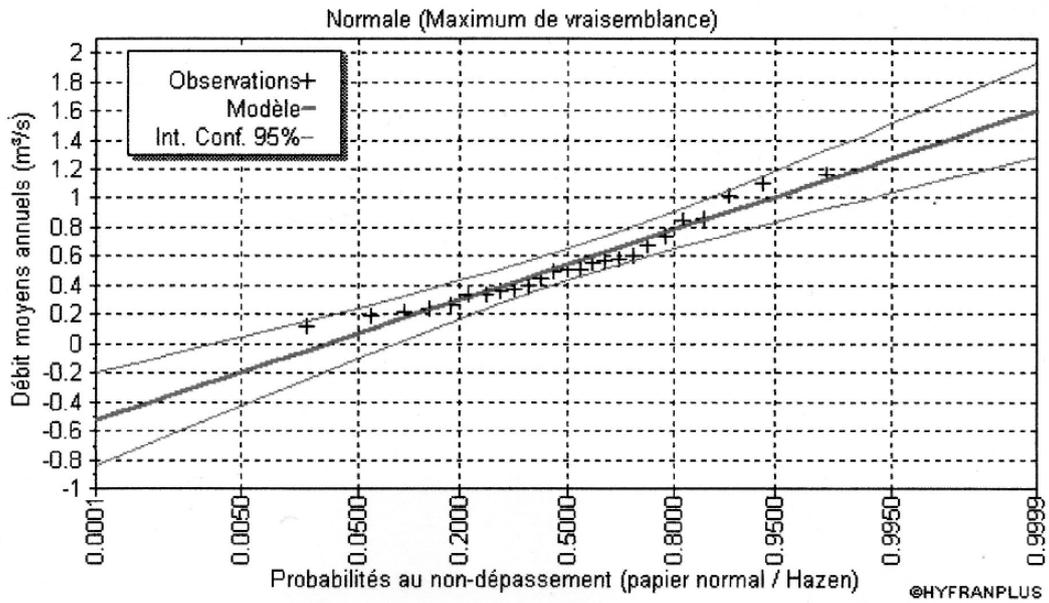


Figure 14: L'ajustement des débits moyens annuels à la loi normale (Haçaiba)

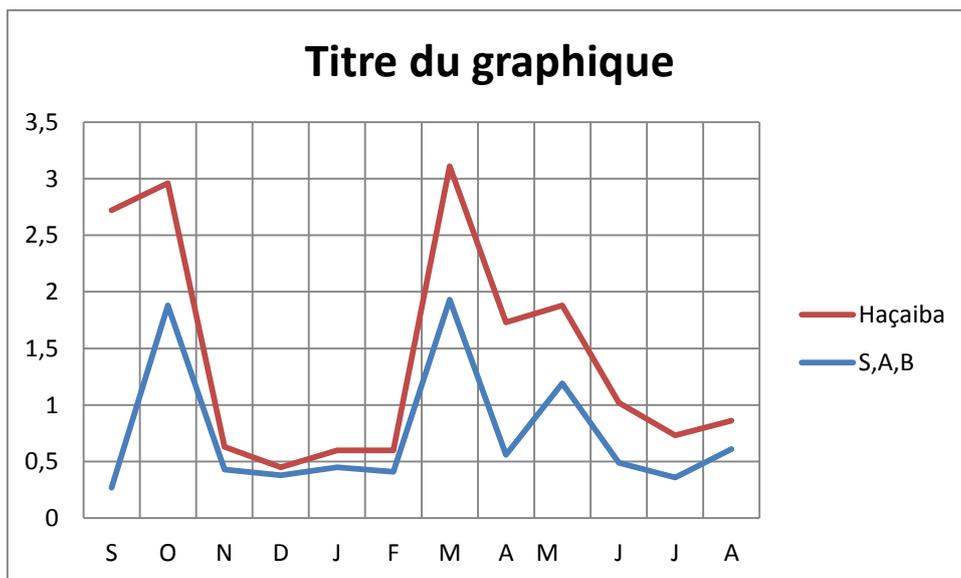


Figure 15: Variation des débits moyens mensuels

Coefficient mensuel de débit :

Le coefficient mensuel de débit est le rapport entre le débit moyen mensuel et le module moyen annuel.

Tableau 21 : Présentation des coefficients mensuels des débits

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
S.A.B	0.27	1.88	0.43	0.38	0.45	0.41	1.93	0.56	1.19	0.49	0.36	0.61
Haçaiba	2.45	1.08	0.20	0.07	0.15	0.19	1.18	1.17	0.69	0.53	0.37	0.25

Les coefficients mensuels de débit des stations sont représentés dans le tableau suivant :

6.2. Variation des débits moyens saisonniers :

Les variations saisonnières des débits en domaine méditerranéen connaissent d'importance fluctuation, ces fluctuations sont liées en modifications des régions pluviométriques.

Les histogrammes représentent dans la figure N°(12) établis pour les stations de S.A.B et Haçaiba sur une période de 25ans.

Tableau 22 : Présentation des débits moyens saisonniers

Station	Automne	Hiver	Printemps	Été
S.A.B	0.90	0.22	0.66	0.26
Haçaiba	0.33	0.037	0.18	0.10

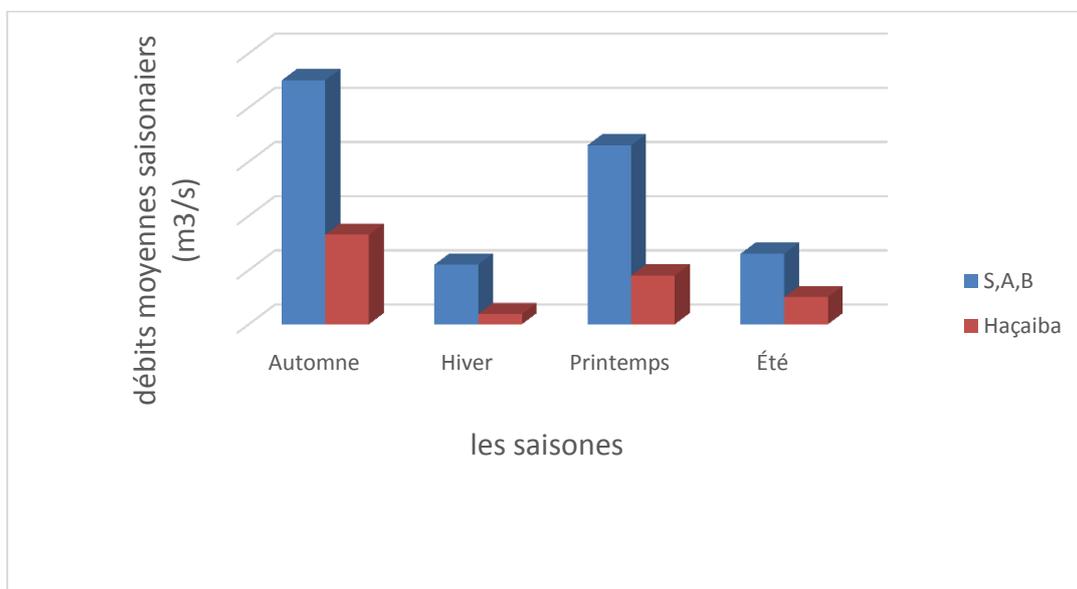


Figure 16 : Histogramme des débits moyens saisonniers.

Conclusion :

L'étude hydrologique de notre bassin versant, nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

Pour la station de S.B.A :

- Le débit moyen annuel est de $0.71\text{m}^3/\text{s}$.
- La lame d'eau écoulée est de $2,71. 10^6$.
- L'apport moyen est de 22.53hm^3 .

Pour la station de S.A.B :

- Le débit moyen annuel est de $0.53\text{m}^3/\text{s}$.
- La lame d'eau écoulée est de $0,25. 10^6$.
- L'apport moyen est de 16.95hm^3 .

Pour la station de Haçaiba :

- Le débit moyen annuel est de $0.26\text{ m}^3/\text{s}$.
- La lame d'eau écoulée est de $0,59. 10^6$.
- L'apport moyen est de 8.45hm^3 .

Conclusion par rapport à mon objectif :

Il y' ades variations spatio-temporelles dans les différentes stations du bassin versant de la Mekerra. A l'exception des années 1986, 1990, 1994, 1995, 1996, 1997, et 1999 qui ont connu un régime torrentiel des pluies expliquant les inondations durant ces années, avec leurs totaux respectifs de l'ordre de 1071,8 mm, 1354,9 mm, 1115 mm, 1872,5 mm, 787,9 mm, 1231 mm, et 1035,8 mm

5-Etude géologique :

Le cadre géologique du bassin-versant de l'Oued Mekerra :

La position géographique donne au bassin versant de la l'Oued Mekerra l'aspect d'une dépression remblayée par des formations quaternaires et plio-quaternaires. Limité au Nord et à l'Est par des terrains post-crétacés et au Sud par des terrains jurassiques et crétacés.

Le bassin versant de l'Oued Mekerra forme une cuvette bordée par des reliefs diversifiés.

a. la bordure Nord : Les monts de Tessala constituent la bordure septentrionale de la plaine de Sidi Bel Abbés. C'est une chaîne allongée selon la direction SW-NE, très plissée, à ossature crétacée et à recouvrement tertiaire très important, dont les terrains ont été transportés par charriage.

b. la bordure Sud : La bordure Sud de la plaine de Sidi Bel Abbés est constituée par les monts de Tlemcen et de Saida. Formée en totalité par le terrain secondaire du Jurassique moyen et supérieur et du Crétacé inférieur, ces reliefs sont affectés par une tectonique cassante suivant deux directions principales : WSW-ENE et ESE-WNW.

c. la bordure Ouest : Les collines à ossature de marnes helvétiques recouvertes par une ancienne terrasse plio-quaternaire limoneuse et caillouteuse, séparent les bassins versants de l'oued Isser et de l'Oued Mekerra.

d. la bordure Est : La bordure Est correspondue à la topographie élevée des terrains plio-quaternaires. La bordure Sud-Est de la plaine est caractérisée par une puissante formation continentale du Pliocène où apparaît vers le Sud le Miocène. Au sud du village Caïd Belarbi, le Crétacé inférieur (calcaire de l'Aptien) affleure à la faveur d'un horst.

e. le centre de la plaine : C'est une large cuvette à substratum uniforme argilo-marneux, datés du Miocène ou du Pliocène. Au cours de la fin du Pliocène et du Quaternaire, plusieurs épisodes d'attendrissements détritiques suivies de périodes d'érosion ont permis le dépôt en terrasses imbriquées les unes sur les autres, de sable et argile limoneuse fin alternant avec des cailloux, graviers et conglomérats très grossiers.

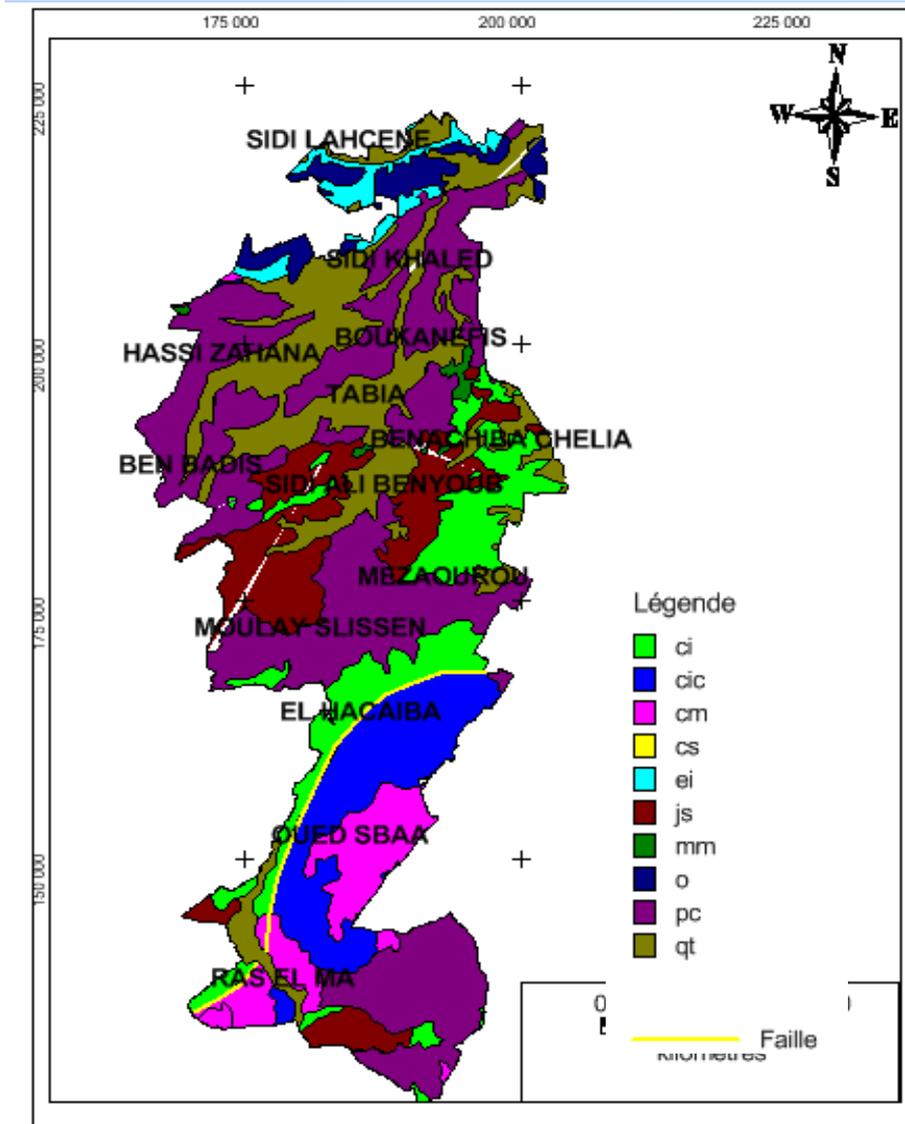


Figure 17 : la carte géologique du bassin-versant de l'Oued Mekerra

Ci : crétacé –inférieur

Cic : crétacé –inférieur facies-continental on lagunaire

Cm : crétacé moyen

Cs : crétacé-supérieur-marin

ei : éocène-inferieur-marin

js : jurassique

mm : miocène supérieur marin

o : oligocène-marin

pc : pliocène-continental

qt : quaternaire-continental

6-Occupation du sol :

Sur la base des études réalisées par les bureaux d'études BNEDER (1979) et ENHYD (1991) sur l'inventaire des terres et forêts et de la petite et moyenne hydraulique de l'Algérie du Nord, la carte des sols au 1/500 000 de Sidi Bel Abbés fait ressortir que le sol du bassin versant de l'Oued Mekerra est composé de trois grands ensembles.

- Les sols bruns calciques,
- Les sols bruns calcaires,
- Les sols d'apport alluvial.

Les deux premiers types appartiennent à la classe des sols Calci - magnésiques. Ce sont des sols profonds, présentant une structure généralement bien développée de type grenu ou grumeleuse dans l'horizon de surface et polyédrique en profondeur. Sur le plan agronomique, leur complexe adsorbant est saturé en calcium et magnésium et le pH est Supérieur à 6,8. La différence entre les deux sols réside dans le fait que les sols calcaires se développent sur un matériau originel riche en calcaire, alors que les sols calciques se développent sur des matériaux décalcari-fiés. Les sols d'apport alluvial appartiennent à la classe des sols peu évolués. Ces sols sont rencontrés sur les terrasses d'oued et caractérisés par un profil peu différencié et faiblement structuré. Ceci explique que ces sols sont bons pour l'agriculture.

La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Donc la présence de végétation va jouer le rôle de « Régulateur » dans le régime d'écoulement.

L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial aussi bien que les facteurs orographique et climatique. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. Cette influence de la forêt sur le régime des eaux en domaine méditerranéen a un rôle considérable. A l'instar de la plupart des régions de l'Ouest algérien le couvert végétal du bassin versant de l'Oued Mekerra a été largement dégradé et défriché en montagne par les incendies et par une petite agriculture extensive et un surpâturage endémique. Ce qui a entraîné une perte d'eau par évaporation et une accélération de l'érosion

Dans le bassin de la Mekerra, les aires d'irrigation sont localisées principalement dans la plaine de Sidi Bel Abbés et celle de Sfisef. Les cultures pratiquées sont dominées par des cul-

tures maraîchères et quelques vergers d'arbres fruitiers. Les forêts, les maquis et les broussailles occupent pratiquement toute la bande des monts situés dans la zone de la haute Mekerra.

Pour la distribution du couvert végétal par bassin, nous avons rassemblé et classé les diverses formes de culture de la façon suivante :

- Cultures extensives : elles rassemblent toutes les cultures annuelles telles que les céréalicultures, les cultures maraîchères et l'association entre l'arboriculture et le maraîchage.
- Couvert forestier dégradé : sont rassemblés sous ce thème les maquis et les forêts clairs, les zones en cours de reboisement, les forêts et les maquis dégradés par l'utilisation excessive du sous-sol forestier, le pâturage sauvage et irrationnel compromettant la rénovation, le déboisement intégral pour installer d'autres cultures et les effets des incendies.
- Couvert forestier normal : représenté essentiellement par les forêts et les maquis denses n'ayant subi aucune dégradation que ce soit par l'action de l'homme (pâturage sauvage, déboisement) ou par l'effet des incendies.
- Arboriculture : représentée principalement par les vignobles et l'oliveraie, et d'autres arbres fruitiers.

La distribution du couvert végétal en fonction des surfaces agricoles utiles dans le bassin versant de l'Oued Mekerra est donnée dans le tableau N°10

Tableau 23: Occupation des sols des bassins amont et moyen de la Mekerra

Occupation	Superficie (Ha)
Sols nus	7880
Alpha+Culture	69461
Alpha+Parcours	67112
Alpha	42960
Culture+Erosion	35087
Culture+Parcours	107060
Culture	256956
Foret Claire	34415

Forêt Dense	17219
Maquis Clair+Erosion	3856
Maquis Clair+Culture	1004
Maquis Clair	34988
Maquis Dense	4037
Parcours+Erosion	42565
Parcours	13853
Reboisement	6729
Agglomération	6021

L'urbanisation du bassin versant est faible, concentrée autour de petites villes (Ras El Ma, El Haçaïba, MouleySlissen, Boukhanéfis, Sidi Khaled, Sidi Lahcen) implantées le long de l'Oued Mekerra.

Seule une partie du bassin versant (20%) est couvert de forêts, principalement au niveau des massifs montagneux de la région comprise entre El Haçaïba et MouleySlissen et peut s'étendre jusqu'à Sidi Ali Benyoub, ainsi qu'en périphérie du bassin, dans les zones collinaires non cultivables. Elles sont constituées essentiellement de pins d'Alep, et de chênes verts. Cette couverture forestière n'assure qu'une très faible protection des sols vis-à-vis de l'érosion.

Près de 80% du bassin versant mis en valeur, principalement occupés par des cultures céréalières c'est le cas à l'amont de Ras El Ma.

Entre Ras El Ma et El Haçaïba, où l'alfa couvrait par le passé des surfaces importantes, a été remplacé ces dernières décennies par des cultures céréalières.

Entre Sidi Ali Benyoub et Sidi Bel Abbés, dans la plaine de la Mekerra, où les cultures céréalières sont en général associées à des cultures secondaires types vergers ou oliveraies, parfois irriguées (vignes).

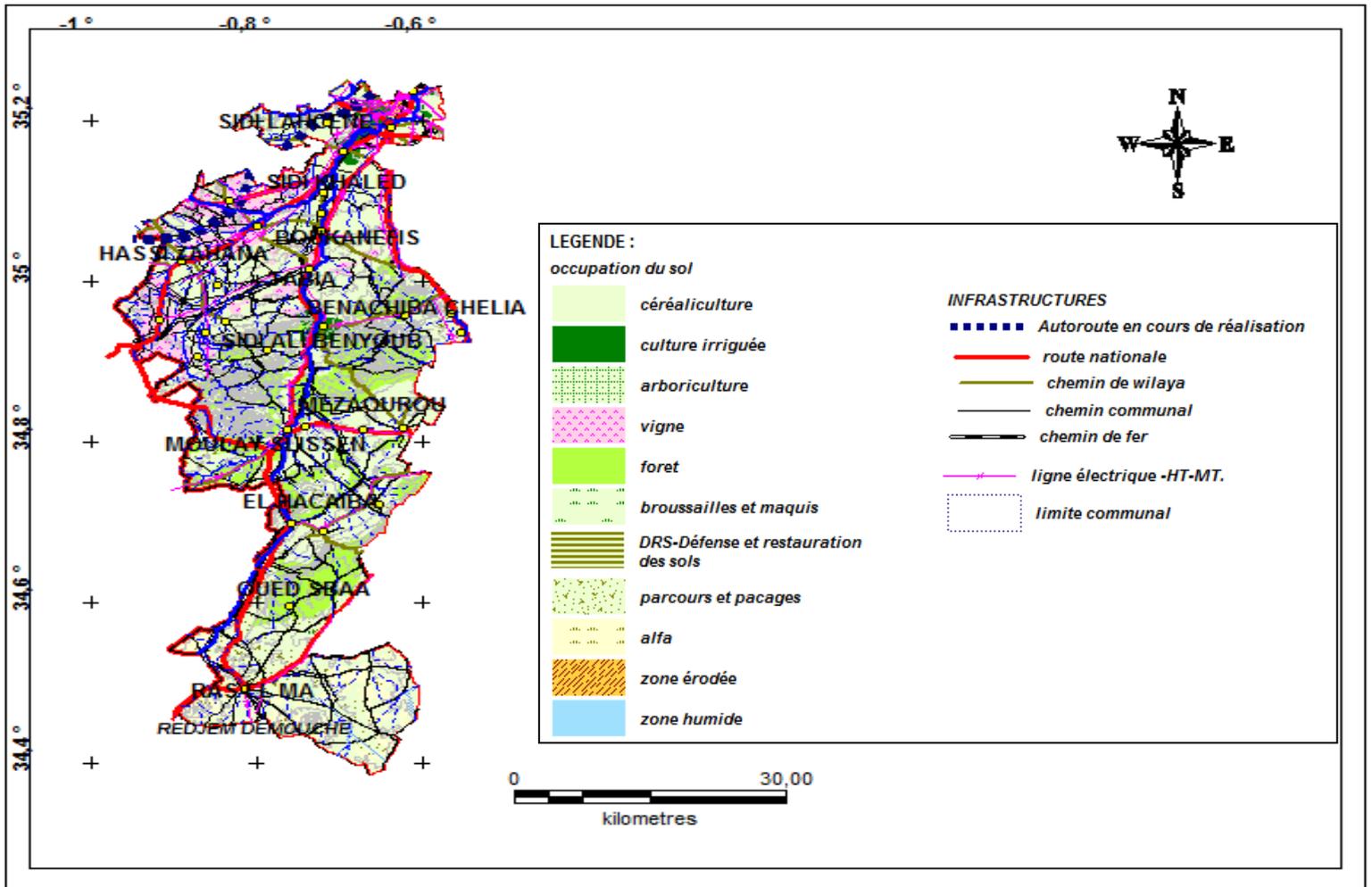


Figure 18: la carte d'occupation du sol du bassin-versant de l'Oued Mekerra.

Conclusion :

L'étude morphométrie du bassin versant de l'Oued Mekerra nous a permis de dégager certaines caractéristique de la région les plus importantes hydrologiques et morphologique ces valeurs sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 24: résumé les caractéristiques physiques du bassin versant de l'Oued Mekerra.

Nom de l'oued		Mekerra	Unité
Superficie du bassin versant		3000	Km ²
Périmètre du bassin versant		280	Km
Indice de compacité de Gravelius		1,43	-
Coefficient d'allongement		5,98	-
Longueur du thalweg principal		134	Km
Longueur du rectangle équivalent	L	113,4	Km
Largeur du rectangle équivalent	I	26,45	Km
Densité de drainage		1,30	Km/km ²
Rapport de confluence Rc		3,20	-
Rapport de longueur Rl		1,32	-
Coefficient de torrentialité Cj		0,12	-
Pente de l'oued		1,1	%
Altitude	Max.	1700	M
	Moy.	995	M
	Med.	1120	M
	Min.	450	M
	Z95%	650	M
	Z.5%	1380	M
Indice de pente	Ig	0,64	%
	Ip	6.20	%
	Imoy	1,10	%
Temps de concentration		22.50	Heures

7-Etude climatique :

A travers de ce chapitre nous aborderons le développement particulier du climat du bassin et plus spécialement des précipitations malgré de manque de fiabilité de certaines données statistiques ainsi que la faible densité du réseau d'observation météorologique.

Enfin nous rappelons les principaux indices climatiques qui déterminent les types de climats caractéristiques régnant sur la région.

Etude des Précipitations

2.1. Choix des stations :

Pour effectuer notre étude, nous avons utilisé les données prélevées aux prés de trois stations climatologiques (ANRH) permettant une interpolation à l'échelle de notre région d'étude.

La liste des stations retenues ainsi que leurs caractéristiques sont représentées dans le tableau N°(25)

Tableau 25: caractéristiques des stations utilisées

STATIONS	Coordonnées de Lambert	Code	Période	Altitude (m)
	X	Y		
Haçaiba	183.5	161.5	11-02-03	1968-2001
Ras El Ma	177.5	138.8	11-01-02	1968-2001
Sidi Ali Benyoub	186.55	192.2	11-02-01	1968-1999

Tableau 26: Présentation des pluies annuelles des trois stations (mm)

ANNEES	HAÇAÏBA	RAS EL MA	SIDI ALI BENYOUB
68-69	328.3	254.4	454.7
69-70	394.1	219	429.8
70-71	285	219.1	422.6
71-72	482.6	397.5	532.3
72-73	431	296.4	389.9
73-74	403.4	229.8	389.1
74-75	458.7	157.3	164.3

75-76	398.9	78.6	435.5
76-77	326.3	85.9	301.2
77-78	262.5	33.5	264.2
78-79	298.9	138.8	112.3
79-80	279.6	181.3	180.6
80-81	288.1	178.5	431.5
81-82	205	143.5	268.6
82-83	256.2	161.2	253
83-84	167.8	129.4	208.9
84-85	244.6	159.1	352.2
85-86	188.1	161.1	385.9
86-87	356.8	170.1	368.6
87-88	138.9	140.1	237.8
88-89	222.2	212.4	276
89-90	270.6	156.4	384.5
90-91	450.1	265.1	472
91-92	355.4	242.5	382
92-93	222.1	128.4	244
93-94	262.4	212.6	292.9
94-95	385.45	324.5	398.15
95-96	313.5	289.85	221.7
96-97	226.25	199.3	285.95
97-98	253.25	201	303.8
98-99	217.7	164.25	239.5

Source : A.N.R.H d'Oran

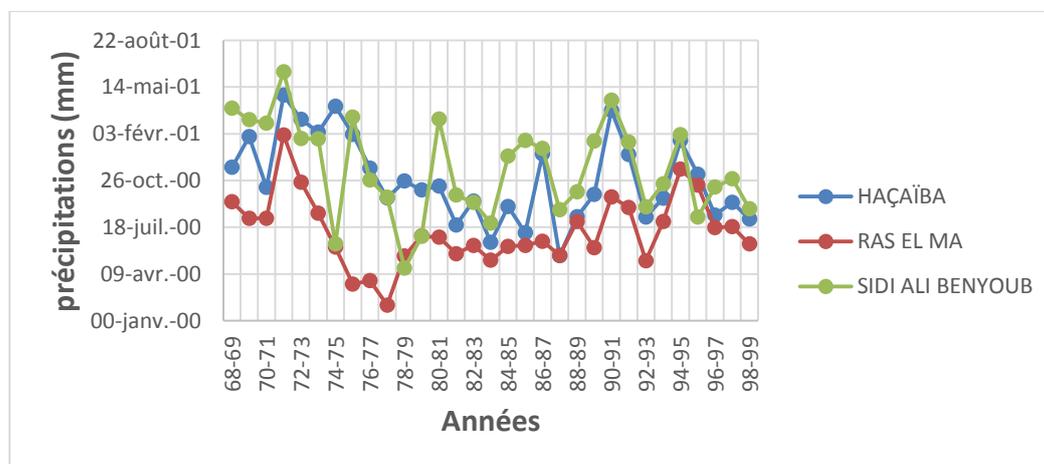


Figure 19:Présentation des pluies annuelles des trois stations (mm)

Tableau 27: Fréquence au non dépassement de la série de données de station de S.A.B

RANG	P(MM)	F (%)	RANG	P(MM)	F (%)
1	138.9	0.016	17	288.1	0.532
2	167.8	0.048	18	313.5	0.564
3	188.1	0.080	19	326.3	0.596
4	205	0.112	20	328.3	0.629
5	217.7	0.145	21	355.4	0.661
6	222.1	0.177	22	356.8	0.693
7	222.2	0.209	23	385.45	0.725
8	226.25	0.241	24	394.1	0.758
9	244.6	0.274	25	398.9	0.790
10	253.25	0.306	26	398.9	0.822

Calcul des précipitations pour différentes périodes de retour :

Tableau 28: périodes de retour des précipitations pour la station de Haçaïba

Période de retour (ans)	10	20	50	100	1000
Valeur de P (mm)	428.61	463.04	501.78	579.86	599.94

Précipitation moyenne mensuelle :

Les précipitations mensuelles sont la somme des pluies tombées à une station en l'espace d'un mois.

Tableau 29 : Les précipitations moyennes mensuelles des trois stations.

MOIS	HAÇAÏBA	S.A.B	RAS EL MA
Septembre	18.12	22.20	15.89
Octobre	25.80	25.05	18.24

Novembre	36.15	37.10	23.64
Décembre	30.58	41.88	15.00
Janvier	28.53	39.36	15.81
Février	31.84	42.15	17.63
Mars	45.98	47.73	23.28
Avril	34.15	37.99	21.92
Mai	26.61	29.34	18.34
Juin	10.35	9.55	12.53
Juillet	5.72	4.98	2.77
Août	5.41	5.38	4.70

Source : ANRH d'Oran

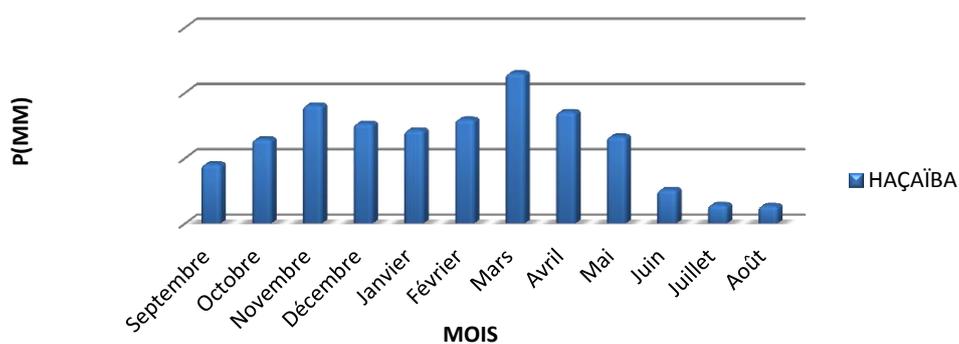


Figure 20: Histogramme des pluies moyennes mensuelles (station Haçaïba).

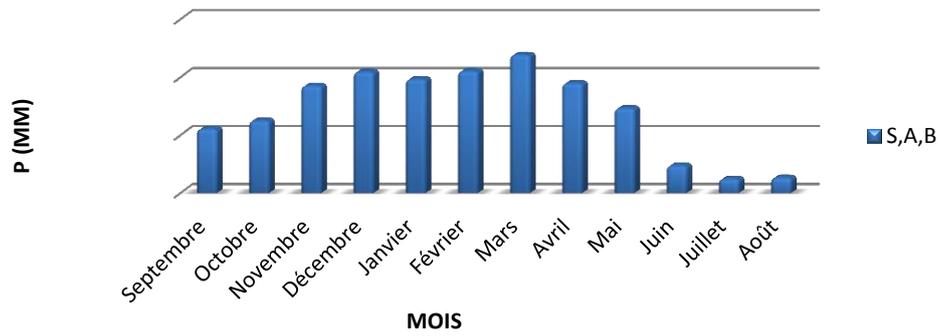


Figure 21 : Histogramme des pluies moyennes mensuelles (station S.A.B).

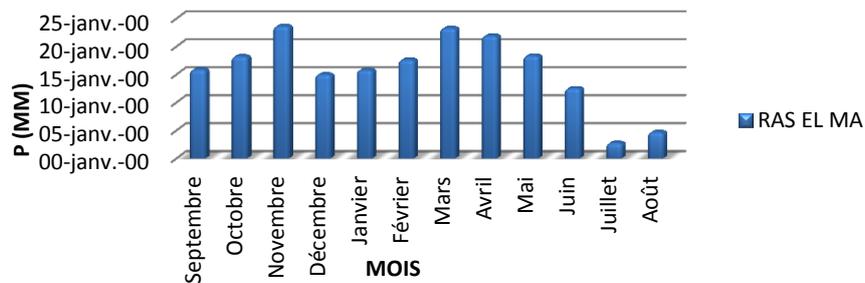


Figure 22 : Histogramme des pluies moyennes mensuelles (station Ras El Ma).

a) Les mois les plus humides sont :

- Mars pour la station de Haçaiba avec 45.98mm.
- Mars pour la station de S.A.B avec 47.73mm.
- Novembre pour la station de Ras El Ma avec 23.64mm.

b) Les mois les plus secs sont :

- Août pour la station de haçaiba avec 5.41mm.
- Juillet pour la station de S.A.B avec 2.77mm.
- Juillet pour la station de Ras El Ma avec 4.98mm.

2.2. Etude des précipitations saisonnières :

Les valeurs des pluies saisonnières sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 30: précipitations moyennes saisonnières

STATION	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS	ETE
Haçaiba	80.06	90.88	106.74	21.48
S.A.B	84.35	123.93	115.01	19.91
Ras El Ma	57.77	48.44	63.54	20

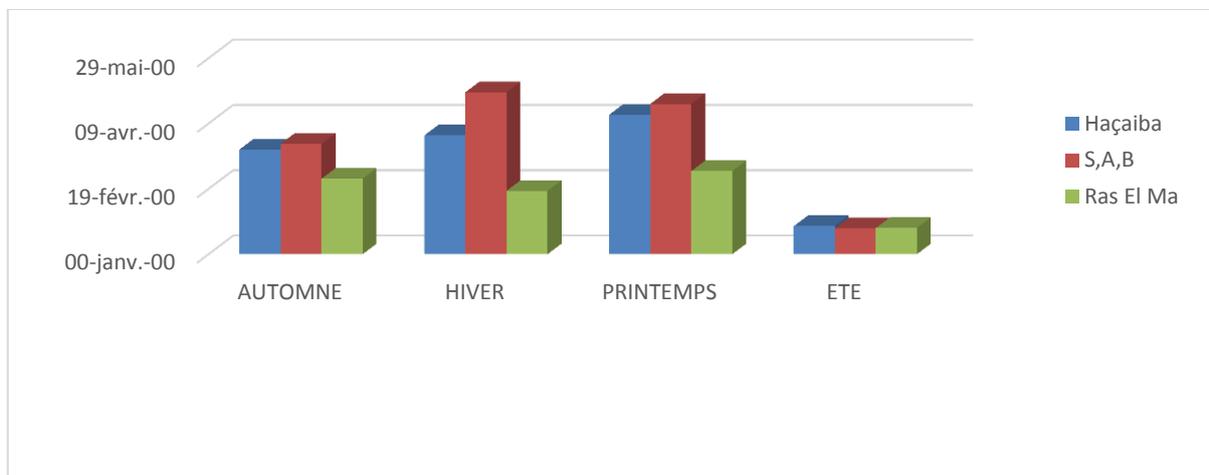


Figure 23 : Histogrammes de précipitations moyennes saisonnières

Ces histogrammes traduisent des nuances géographiques dans la répartition des pluies au cours de l'année avec une individualisation de la saison sèche pluvieuse dans la quasi-totalité des stations.

La lame d'eau précipitée dans le bassin versant :

L'évaluation de la lame d'eau tombée sur un bassin versant qui provoque les inondations s'effectue par plusieurs et différentes méthodes.

a) Méthode arithmétique :

C'est une méthode simple consistant au calcul des précipitations moyennes au niveau de chaque station, puis on peut calculer la moyenne des moyennes pour notre région d'étude (le bassin versant de l'Oued Mekerra).

$$P = \frac{(P1 + P2 + P3 + \dots Pn)}{N}$$

Avec

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

Pi ; P2 ; P3;...; Pn précipitation moyenne annuelle de chaque station (mm).

N : nombre des stations.

$$P_n = \frac{\sum P_i}{n}$$

$$P = \frac{414 + 515 + 484 + 430 + 335 + 415 + 306 + 191}{8}$$

P=334.38

b) Méthode de THIESSEN :

C'est une méthode polygonale qui consiste à diviser la surface du bassin versant en polygones on attribue à chaque station de mesure une zone d'influence pour que tous les points situés sur cette surface prennent le volume de précipitation mesuré du poste. Pj , P) ,P2,..., Pn-sont les pluies moyennes tombées sur les polygones des surfaces Si,Si,...,Sn. La pluie moyenne tombée sur l'ensemble du bassin versant sera : [5]

$$P_t = \sum \frac{P_i * S_i}{S}$$

Avec

Pt : précipitation moyenne annuelle calculée par la méthode de THIESSEN.

Pi : pluie moyenne annuelle de chaque station.

Si : surface influencée (Km2).

S : surface totale du bassin versant. (Km2).

Tableau 31: caractéristiques des différentes stations

STATION	COORDONNEES		ALTITUDE (KM2)	Si (MM)	Pi
	DE LAMBERT	(M)			
	X	Y			
SBA	194.5	214.4	485	263	414
Sidi boussidi	178.25	206.15	600	170	515
Lamtar	204.80	204.05	630	221	484
S.A.B	181.55	192.20	640	556	334.95

M.Slissen	181.20	171.55	855	247	415
Haçaiba	183.50	161.50	1050	450	305.59
Ras El Ma	177.50	183.30	1350	643	191.32
H. Dahou	181.40	203.00	580	250	430

Source A.N.R.H d'Oran

Pt=342.92 mm.

VII.3 Etude des Températures

Les températures moyennes mensuelles agissant directement sur le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques.

Les tableaux ci-dessous présentent les températures : minimales (Tmjn), moyennes (Tmoy) et maximales (Tmax) au niveau des stations : S.A.B - Haçaiba - Ras El Ma pour une période de 11 ans. (1989-1999)

Tableau 32: présentations des températures mensuelles pour la station de S.A.B

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT
Tmax	28	21	16	13	13	15	16	20	22	17	32	32
Tmin	13	9	6	2	1	3	4	6	8	12	12	15
Tm0v	20.5	15	11	7.5	7	09	10	13	15	19.5	23	23.5

Source : ANRH d'Oran

Tableau 33: Présentation des températures mensuelles pour la station de Haçaiba

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT
Tmax	30	24	17	14	13	15	17	20	25	30	35	35
Tmin	10	6	3	00	1	0	1	3	6	9	12	13
Tmoy	15	15	10	07	07	7.5	09	11.5	15.5	19.5	23.5	24

Source : ANRH d'Oran

Tableau 34: Présentation des températures mensuelles pour la station de Ras El Ma

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT
Tmax	29	23	16	12	11	13	15	19	24	29	35	35
Tmin	15	10	5	2	2	2	4	6	9	13	17	17
Tmoy	22	16.5	10.5	7	6.5	7.5	9.5	12.5	16.5	21	26	26

Source : ANRH d'Oran

- Autre Facteurs Climatiques :

1. Les vents :

Les valeurs moyennes de la station de Haçaiba sont présentes dans le tableau suivant :

Tableau 35: La vitesse moyenne mensuelle des vents de la station de Haçaiba

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOYEN
Vmoy (m/S)	2.47	2.65	2.62	3.01	2.62	2.58	2.42	2.31	2.62	2.19	2.55	2.59	2.55

Source : ANRH d'Oran

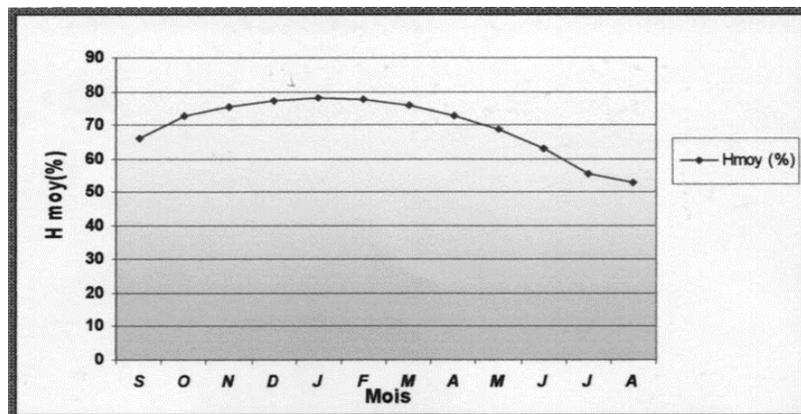


Figure 24: Variation de F humidité moyen mensuelle (Station S.A.B).

4.3. Evaporation (mm) :

Evaporation est un ensemble de phénomènes qui transforment Teau en vapeur par le processus physique.

Les valeurs moyennes mensuelles de la station de Sidi Bel Abbés (1985-1997) sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 36: Evaporation (mm)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Eva	80.7	75.9	103.	119.	156.	212.	267.	273.	176.	128.	101.	86.	1781.8
p	8	8	1	2	1	8	6	4	4	6	3	8	6

Source : ANRH d'Oran

- Le maximum apparaît en Août : 273.4mm.
- Le minimum apparaît en février : 75.95mm.
- Le module moyen annuel est de 148.50 mm relativement élevé.

2. Evapotranspiration :

Sur la base des différentes études réalisées par l' A.N.R.H dans la région est compte tenu des observations enregistrées dans la plaine de Sidi Bel Abbés, l'évapotranspiration potentielle moyenne interannuelle a été évaluée à 1182 mm (Tableau N° 37) Ce chiffre montre notamment à quel point la région est soumise au climat semi-aride. La répartition mensuelle donne plus de 50% de perte d'eau par évaporation sur les quatre mois plus secs de l'année (Mai, Août).

Tableau 37: Répartition mensuelle de l'évapotranspiration potentielle

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	ANNEE
Ev tr	124	81	66	35	37	45	73	101	135	151	181	154	1182
en%	10.8	5.6	4.1	2.7	2.7	3.7	5.8	8.0	11.0	13.9	17.7	14.2	100

Classification du Climat de La Région

5.1. Méthode pluviométrique :

Selon BAGNUILS et GAUSSEN, un mois est dit sec si le total moyen des précipitations (P (mm)) est inférieur ou égal au double de la température moyennes (T (°C)) c'est-à-dire $p < 2T$. Cette relation permet d'établir les diagrammes pluviométriques sur lesquels la température est à une double échelle de celle des précipitations.

Tableau 38 : Les tableaux suivants présentent les températures moyennes et les précipitations moyennes mensuelles des stations de Ras El Ma et SAB.

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pmoy	15.89	18.24	23.64	15	15.81	17.63	23.28	21.92	18.34	12.5	2.77	4.7
Tmov	22	16.5	10.5	7	6.5	7.5	9.5	12.5	16.5	21	26	26

Tableau 39: Station S.A.B

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pmoy	22.2	25.05	37.10	41.88	39.36	42.15	47.7	37.9	29.34	9.55	4.98	4.7
Tmoy	20.5	15	11	7.5	7	9	10	13	15	15	23	23.5

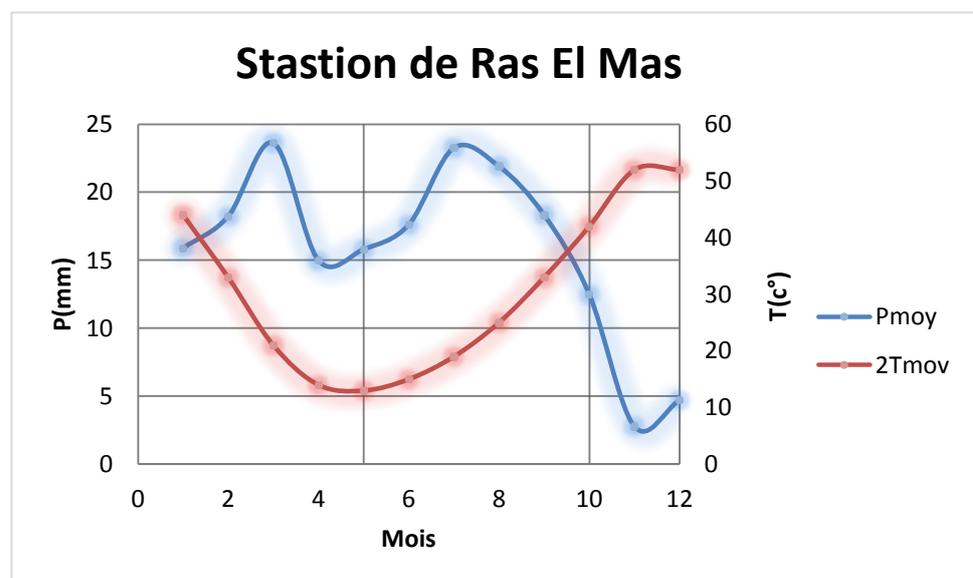


Figure 25: la Courbe pluviothermique de station Ras El Mas

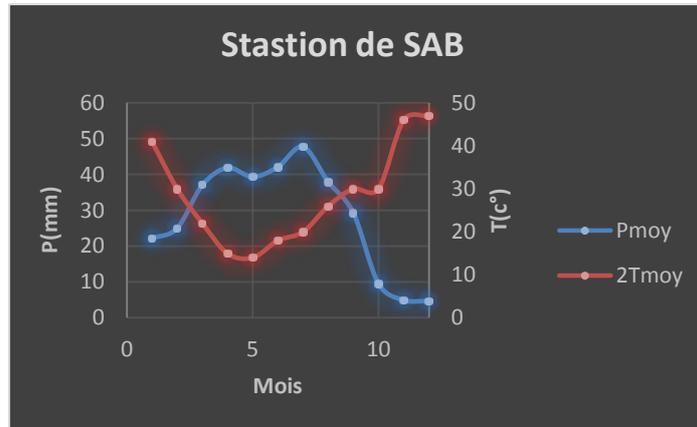


Figure 26: la Courbe pluviotermique de station (S.A.B)

3. Méthode des courbes ombrothermiques :

Le diagramme ombrothermique établi par EUVERTE, consiste à reporter en ordonnées

Suivant une échelle logarithmique les précipitations en (mm)

Suivant une échelle arithmétique les températures en (°C) ;

Et en abscisse on reporte les mois d'années, l'interprétation des diagrammes est comme suite :

Lorsque les deux courbes représentatives des précipitations (P) et des températures (T) sont superposées les besoins en eau sont satisfaits.

Lorsque la courbe de (P) passe au-dessous de celles des (T), la période correspondante est déficitaire.

Lorsque la courbe de (P) passe au-dessus de celles des (T), la période correspondante est excédentaire.

Les tableaux N°40 et 41 ci-dessous représentent le rapport entre précipitations et températures pour les Stations de S.A.B et Ras El Ma.

Tableau 40: Station Sidi Ali Benyoub

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P/T	1.7	1.62	2.15	4.17	4.17	2.68	4.02	2.02	1.23	1.42	0.287	0.315

Tableau 41: Station de Ras El Ma

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P/T	1.08	1.56	2.14	3.07	3.55	1.76	3.31	3.35	1.33	0.98	0.23	0.40

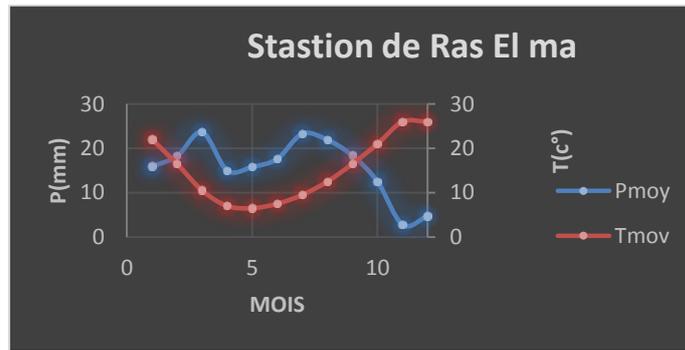


Figure 27: la courbes ombrothermiques de station Ras El Mas

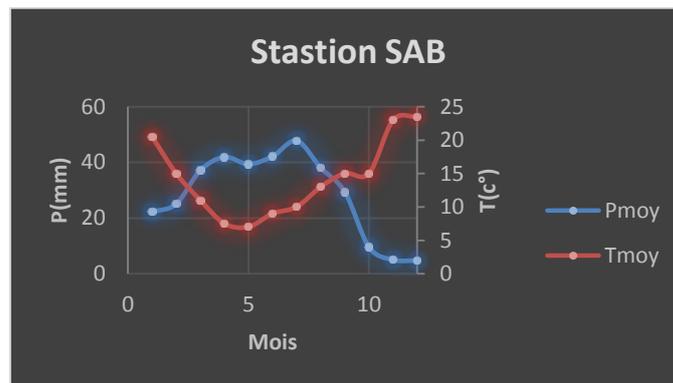


Figure 28 : courbes ombrothermiques de station (SAB)

Le rapport P/T exprime chiffrément cette intensité qui est donnée mensuellement par ce rapport, et on peut définir trois types de station selon les variations du rapport P/T.

S Période très sèche (euméditerranéen) ou $P/T < 1$, dans notre cas de juin jusqu'à septembre

Pour la station de Sidi Ali Benyoub et de mai jusqu'à septembre pour la station de Ras El Ma.

S Période sèche (subméditerranéen) ou $1 < P/T < 3$, il s'agit des mois Avril, Mai, Octobre, pour la station de Sidi Ali Benyoub, et de Novembre, Février, Mars, Avril pour Ras El Ma.

4. Les Indices Climatiques :

L'utilisation de ces indices permet de préciser le régime climatique de la région.

5. Indice de STEWART :

$$Q2 = 3.43 \frac{P}{M + m}$$

Q2 : Quotient pluviométrique ;

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

M : Moyenne des maximaux du mois le plus chaud ;

Q2=34.15

La valeur de Q2 est comprise entre 10 et 50, selon STEWART ceci correspond à un climat Semi-aride.

- Indice de DEMORAL

Il est donné par :

$$Ia = \frac{P}{T^2 - 10T + 200}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle.

Donc : Ia=1.24

Pour préciser le caractère climatique mensuel, DEMORAL a proposé un indice mensuel il est donné par la relation suivante :

$$Im = \frac{Pm}{\frac{T^2}{10} - T + 20}$$

D'où : Pm : précipitation moyenne mensuelle (mm) T : Température moyenne mensuelle (°C).

Tableau 42 : Indice de DEMORAL

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU
Im	1.11	2.00	4.05	6.7	6.75	5.62	5.73	3.51	2.35	0.59	0.26	0.27
Clase	H	H	H	H	H	H	H	H	H	S	A	A

Les quatre types des mois indiqués par DEMORAL sont :

Mois pluvieux : $P > 0.1T^2 + T + 30$.

Mois humide : $0.1T^2 + T + 30 > P > 0.1T^2 - T + 20$.

Mois sec : $0.1T^2 - T + 20 > P > 0.05T^2 - T + 10$.

Mois aride $p < 0.05T^2 - T + 10$.

6. L'indice d'aridité de DEMARTONNE

a) indice d'aridité mensuel

Cet indice a été proposé par les élevées de DEMARTONNE, pour préciser révolution du climat au cours de l'année, il est donné par la relation :

$$I = \frac{12P}{T + 10}$$

Tableau 43 : Valeur de l'indice d'aridité mensuel

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
I	13.74	11.67	13.56	24.25	20.6	15.27	24.15	13.75	8.83	1.16	2.4	2.65

b) indice d'aridité annuel

DEMARTONNE (1933) a introduit un indice d'aridité :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

I : indice d'aridité de DEMARTONNE.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle.

P = 334.38 mm ; T = 14.5°C

A l'échelle annuelle $I=13.41$ compris entre $10 < I < 20$, (Fig. N°(IV.12)) donc nous avons un régime Semi-aride.

D'après cette répartition, la zone étudiée a un climat semi-aride, a un écoulement temporaire et une formation herbacée.

7. Evapotranspiration réelle :

Elle est égale à la quantité d'eau réellement évapotranspirée au niveau d'une zone c'est une grandeur permettant d'avoir une estimation acceptable des valeurs de l'évapotranspiration et du déficit d'écoulement

Méthode de P-VERDEIL

Cette méthode consiste à reporter les valeurs des précipitations moyennes annuelles et l'abaque représentatif du phénomène en Algérie, le tableau ci-dessous présente P_{moy} , et le D (mm), d'après P-Verdeil.

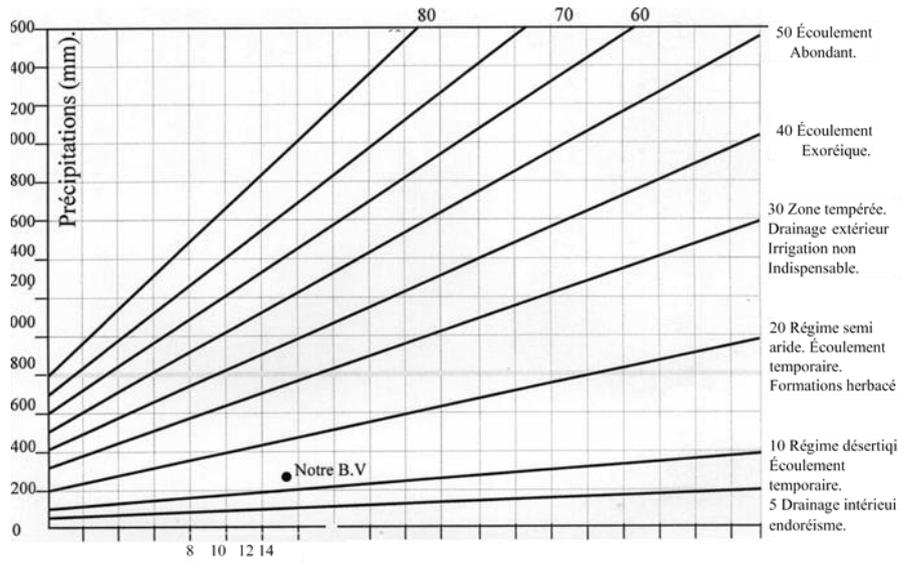
Tableau 44: Le déficit d'écoulement d'après P_VERDEIL

STATION	P_{moy} annuelle (mm)	Déficit d (mm)
Sidi Ali Benyoub	335	321
Ras El Ma	191	184.6
Haçaiba	306	300

. Conclusion :

L'étude climatologique de notre région nous a permis d'estimer les valeurs suivantes :

- Précipitation à l'échelle de la région, est estimée à 334.38mm.
- La température moyenne annuelle est de 14.5°C
- L'humidité relative moyenne annuelle est de 68.5 %
- La vitesse moyenne annuelle du vent est de 2.55 m/s.
- Evapotranspiration réelle est de 1182 mm/an.
- La région est d'un régime semi-aride.



Température (C°)

Figure 29: Abaque de l'indice d'aridité de DEMARTONNE.

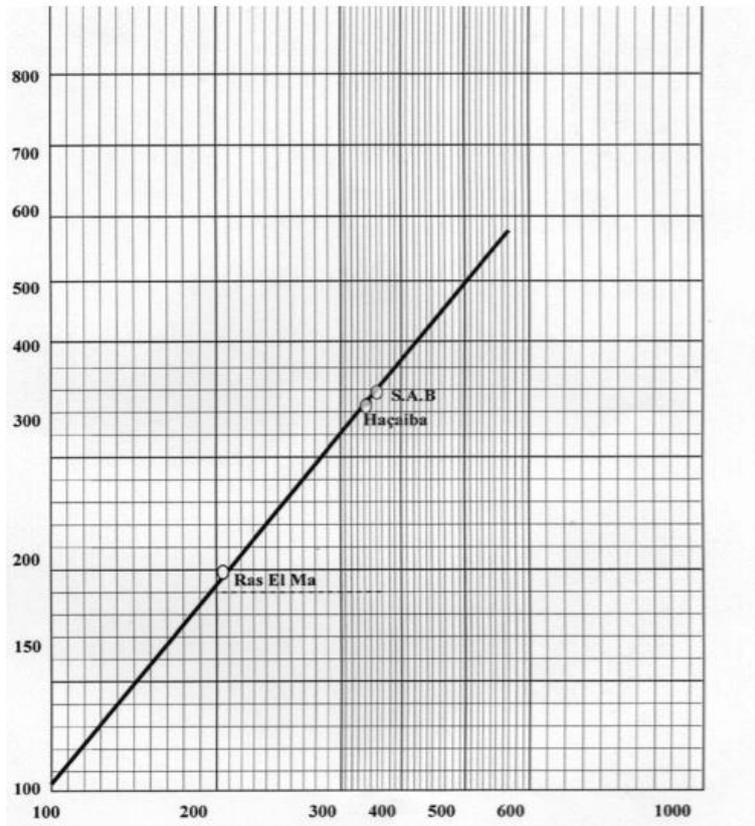


Figure 30 : Calcul du déficit d'écoulement en Algérie (p. Verdeil09/1988).

CHAPITRE III :

Diagnostic de la vulnérabilité et zonage des inondations

1-Zones des productions, transferts, et d'expansion des crues :

A-Zone de réception ou de production des crues

Elle est comprise entre la source de l'oued (Ras El Ma) et la localité Mouley Slissen, et correspond à la partie supérieure montagneuse du bassin versant où se forment généralement les crues, en réponse à des précipitations intenses. De forme allongée Sud - Nord, en fonction de l'organisation du réseau hydrographique. Celui-ci est particulièrement dense et composé d'oueds intermittents et de ravins drainant des vallons encaissés, qui confluent vers la vallée principale plus large : constituée par les vastes surfaces des hauts plateaux, où les pentes moyennes à faibles ne compensent pas la fragilité du sol. Les versants et les talwegs présentent des valeurs de pentes fortes (un coefficient de ruissellement important) et une couverture pédologique de type calcaire, peu épaisse, dominée par l'alfa. La zone de production des crues fournit l'essentiel de la charge solide transportée par le cours d'eau.

B-Zone de transfert : de Mouley Slissen à Boukhanifis

Le bassin de réception est relayé par une section de gorges, qui assure le transfert des débits liquides et solides vers l'aval du bassin versant. Sur ce tronçon, les différents lits s'individualisent et l'oued principal présente un chenal unique qui méandre au fond de la vallée au sein d'une petite plaine alluviale étroite et encaissée, d'environ 3m, dominée par les versants rocheux. La diminution de pente permet le dépôt varié d'une partie de la charge solide, dépôts qui peuvent être repris pendant les crues. Lors de ruptures de pentes fortes, l'Oued Mekerra décrit des sinuosités en cherchant à dissiper son excès d'énergie.

C'est sur ces tronçons que les berges de l'oued sont particulièrement instables. L'incision verticale est limitée, puisque les formations les plus résistantes affleurent dans le lit mineur.

Au niveau de Sidi Ali Benyoub, l'oued quitte les massifs montagneux (formations forestières et céréaliculture) et poursuit son cheminement jusqu'à Boukhanifis qui fait partie de la zone de transfert et la vallée conserve ainsi son profil en gorges.

C-Zone d'expansion des crues : de Boukhanifis à Sidi Bel Abbés

C'est la zone la plus exposée aux effets des inondations périodiques, dont les conséquences sont catastrophiques. Ce secteur est situé à l'aval de Boukhanifis, où la vallée change brutalement de forme : la vallée, encaissée et étroite, s'ouvre très rapidement d'une dizaine de mètres, tandis que l'encaissement général se réduit. C'est à partir de la localité de Boukhanifis

que commence la vraie plaine alluviale de la Mekerra, qui constitue un vaste champ d'épandage de crues.

Cette plaine est une vaste zone d'expansion des crues de la Mekerra, très ancienne, puisqu'on y trouve sur le terrain plusieurs niveaux alluviaux étagés. Sa largeur atteint généralement plusieurs centaines de mètres et peut atteindre 3 kilomètres par endroits. Elle s'étend jusqu'à Sidi Bel Abbés-ville, où elle est fermée par des collines de marnes et de grès Miocène (au lieu-dit le Rocher). Cette zone connaît une forte urbanisation, des vergers et de la céréaliculture.

Dans cette plaine, la dynamique des écoulements est liée aux faibles pentes transversales, qui divergent à partir du lit mineur : celui-ci est perché au-dessus du lit majeur, dans une configuration de lit en "toit". Elle n'est donc pas inondée uniformément sur toute sa largeur par chaque crue, les eaux débordant du lit mineur s'écoulant dans le lit majeur dans les chenaux plus ou moins marqués, mais toujours de faibles profondeurs, généralement inférieure à un mètre.

La faiblesse de la pente favorise le développement de chenaux multiples et l'accumulation des sédiments, d'où un exhaussement progressif du plancher alluvial, qui explique cette configuration de lit en "toit".

Cette large plaine concentre les enjeux du bassin versant, avec plusieurs localités concernées (Boukhanifis : 10275 hab., Sidi Khaled : 6810 hab., Sidi Lahcen : 16440 hab. et Sidi Bel Abbés : 205535 hab.). Mise en valeur depuis plusieurs siècles, elle est traversée par des aménagements anthropiques, routes, canaux, voie ferrée..., qui constituent autant d'obstacles derrière lesquels l'eau peut s'accumuler. Ils délimitent ainsi des casiers d'inondations : l'influence des infrastructures ferroviaires et routières (RN95) sur l'écoulement des crues, rares à exceptionnelles, est particulièrement sensible en aval de Sidi Lahcen où la voie ferrée, qui longe la Mekerra à l'amont, s'en écarte pour contourner Sidi Bel Abbés par le Sud, jouant de ce fait un rôle fondamental lors des inondations de la ville en 1986 et 1994, puisqu'elle a guidé les eaux des crues vers les quartiers Sud de la ville.

2-Les inondations dans le bassin versant de la Mekerra et méthodes d'identification des zones inondables

La conjonction des facteurs naturels (vaste plaine inondable) et humains (infrastructures), avec un développement exponentiel de l'urbanisation, a favorisé ces dernières décennies la multiplication des inondations catastrophiques dans les localités longeant l'Oued Mekerra (Tableau 43). A quelques exceptions près, les crues principales se produisent au début de

l'automne, à cause de la fréquence des orages accompagnés de pluies torrentielles, ce qui nous mène à parler des inondations ravageuses de la Mekerra, qui est le théâtre d'une crue régulière au mois d'Octobre de chaque année.

Le tableau (43) synthétise les crues les plus importantes, survenues durant ces deux dernières décennies, ayant causé l'inondation des principales localités du bassin versant de l'Oued Mekerra, avec leurs débits, leurs causes, les pertes humaines et les sinistrés. A l'examen de ce tableau, on remarque qu'aucun endroit du bassin versant n'est à l'abri de ce du phénomène de crue. Que ce soit en amont ou en aval, les crues ont ravagé plusieurs localités de la wilaya de Sidi Bel Abbés dont les plus importantes sont celles de 1986 qui ont envahis le chef-lieu de la wilaya, de 2002 où toute la wilaya été sinistré et celles de 2007 à Moulay Slissen avec un débit de 800 m³/sec.

Méthodologie d'étude retenue

La méthode de travail retenue pour l'identification des zones inondables a porté sur l'analyse hydro géomorphologique, qui est une approche fondée sur la définition de l'ensemble des paramètres géomorphologiques, géologiques, hydrologiques et climatiques du bassin versant de la Mekerra (Masson *et al.*, 1996), ainsi que sur l'analyse quantitative du débit fréquentiel des crues au niveau de ce bassin.

Elle a consisté à étudier finement la morphologie de la plaine alluviale concernée et de repérer sur le terrain les limites physiques associées aux différentes gammes de crues (annuelles, fréquentes, exceptionnelles) qui l'ont façonné. L'analyse s'est appuyée sur l'interprétation géomorphologique d'une couverture stéréoscopique de photographies aériennes, validée par des observations de terrain. Cette approche a été mise au point il y a une vingtaine d'années en France par M. Masson du Centre d'Études Techniques de l'Équipement (C.E.T.E) Méditerranéen. Depuis, elle a été retenue par le ministère français de l'Équipement comme l'une des trois méthodes disponibles (avec l'étude historique et les modélisations hydrauliques) pour délimiter les zones inondables (Masson *et al.*, 1996).

3. Délimitation des zones vulnérables aux inondations dans le bassin versant

Les zones ainsi définies, ont connu des pertes humaines et des dégâts matériels importants, telles : Ras El Ma, Boukhanifis, Moulay Slissen, Sidi Khaled, Sidi Lahcen, Sidi Bel Abbés et HassiDahou (Fig.24).

Vu l'état du lit de l'Oued Mekerra, il a été constaté que lors des pluies torrentielles, ses eaux de l'oued augmentent considérablement en débordant du lit dans maintes endroits en inondant les terrains environnants, à l'exemple de :

1.3. Boukhanifis

Dans sa traversée de la commune, la Mekerra élargit progressivement sa vallée, qui est encore encadrée par des versants nets. Le lit mineur décrit de nombreux méandres pour dissiper le trop-plein d'énergie. Il présente une faible section, rapidement débordante, qui est parfois réduite par des ouvrages de franchissement mal dimensionnés pour cette crue.

Si, d'une manière générale, le village de Boukhanifis est bien implanté sur le versant à l'abri des inondations de la Mekerra, il reste que sa placette située à côté du pont et construite en remblai dans la zone inondable, a été protégée par des merlons de terres inefficaces puisqu'elle a été inondée lors de la crue du mois de Mai 2006.

Le risque d'inondation potentiel pour cette localité provient de deux affluents, aux bassins versants relativement importants, qui se jettent dans la Mekerra sur sa rive gauche. Formant deux petites vallées bien délimitées au sein des collines et peuvent fournir des débits importants. Des constructions sont implantées dans la zone inondable (Masson *et al.*, 1996 ; Carex environnement, 2002), à l'amont immédiat de leur confluence avec la Mekerra, donc dans des secteurs exposés à des dynamiques particulières (remous, refoulement des eaux des affluents par la Mekerra ...). Ils charrient une charge solide fine (limons) abondante.

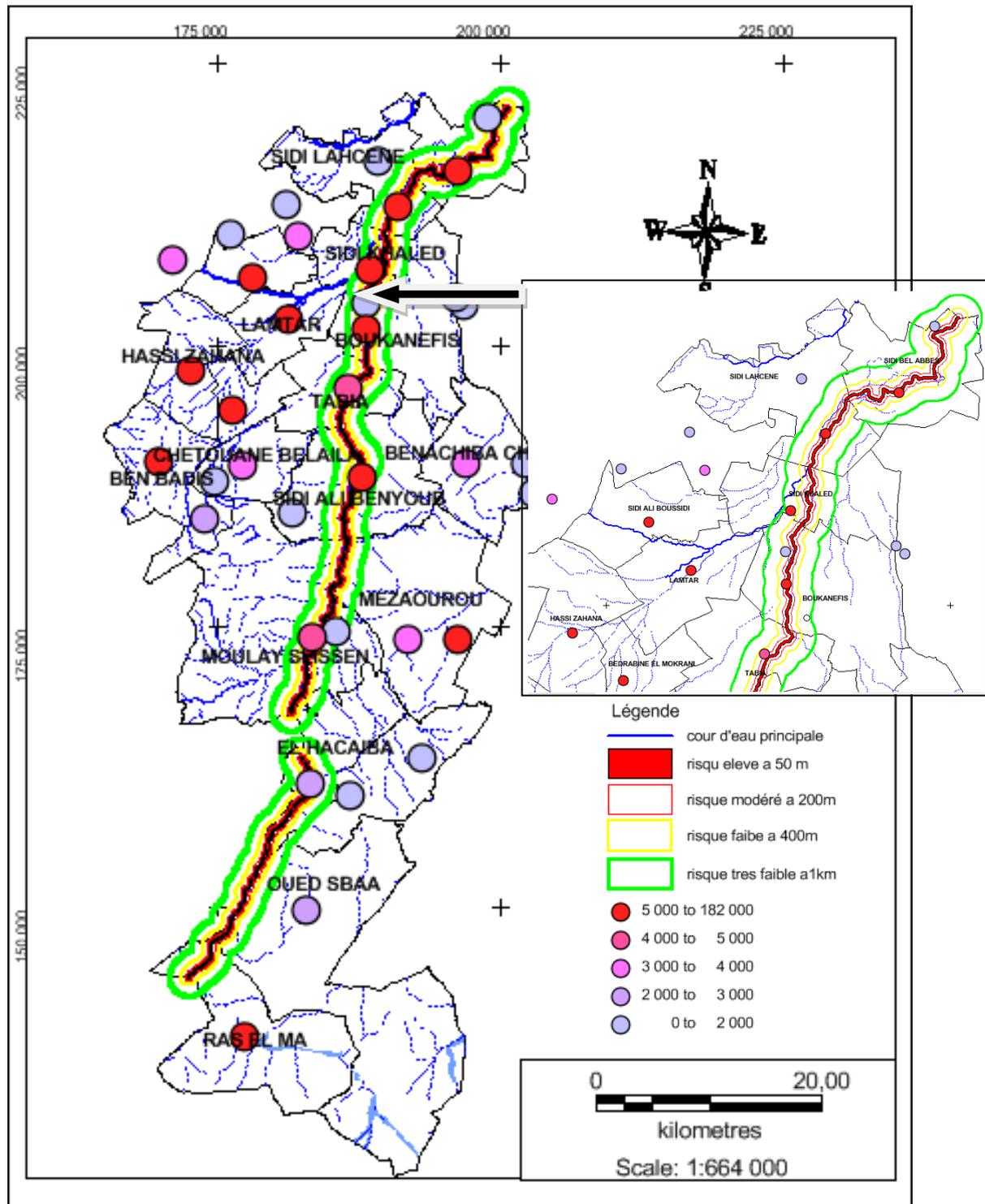


Figure 31: Classification des différentes zones inondables du bassin versant.

2.3. Boukhanifis à Sidi Khaled

A l'aval immédiat de Boukhanifis, apparaissent les premiers points de débordement de la Mekerra vers l'Est. A partir du chenal du lit mineur, qui décrit de larges boucles de méandres, on distingue un certain nombre de formes connexes qui témoignent de la vigueur des écoulements et de leur grande mobilité lors des plus fortes crues. Il s'agit d'un axe d'écoulement bien prononcé, qu'on peut le rattacher à des points de débordement issus du lit mineur. Ces chenaux, du fait de la configuration en toit de la plaine (le lit mineur est perché plus que le lit majeur en raison d'accumulation des sédiments de part et d'autre), s'éloignent du lit mineur.

D'après les services de l'hydraulique de la wilaya de Sidi Bel Abbès, en rive gauche, le lit majeur de la Mekerra est délimité par un talus haut de quelques mètres à Boukhanifis, mais qui diminue rapidement pour disparaître au niveau de la « Maison Blanche ». A ce niveau, des points de débordement issus du lit mineur parcourent le lit majeur en s'éloignant du cours d'eau, dus aux dépôts des sédiments. De ce fait, entre la « Maison Blanche » et Sidi Khaled, l'interfluve alluvial qui sépare la Mekerra et l'Oued Mouzen est devenu partiellement inondable, en liaison avec le remplissage sédimentaire récent de la plaine de la Mekerra. Dans cette zone on distingue de faibles ondulations qui correspondent à des chenaux de crues de la Mekerra. L'un de ces chenaux a été réactivé lors des crues des mois de Mai 2006 et Avril 2007, les eaux ayant franchi le remblai de la voie ferrée. Ces chenaux se dirigent vers Sidi Khaled qu'ils contournent par l'Ouest pour rejoindre la vallée de l'Oued Mouzen.

3.3. Sidi Khaled

Cette agglomération, située initialement hors zone inondable (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, SBA, 2009) sur l'interfluve assurant la séparation entre les vallées de l'Oued Mouzen et la Mekerra, a connu des extensions récentes qui se sont faites vers l'Est et le Sud, en direction de l'oued. Ces nouveaux quartiers ont été sévèrement touchés par les inondations d'Avril 2007 où la hauteur d'eau atteinte au niveau de certaines habitations dépassait les 2 m.

4.3. De Sidi Khaled à Sidi Lahcen

Entre ces deux localités, la plaine s'organise autour de deux zones inondables séparées par des lambeaux de terrasses : ayant considérablement dissipé son énergie depuis Boukhanifis par décharge latérale, l'oued n'a plus l'intensité nécessaire au niveau de Sidi Lahcen de

remobiliser et éroder la totalité de son cône ; d'où la subsistance de ces lambeaux délimités par des chenaux.

Selon Hallouche et al.(2010), en rive gauche de la plaine, après la confluence avec l'Oued Mouzen, le lit majeur de la Mekerra retrouve un profil plus régulier (250 à 400 m de large). La confluence des deux oueds est le lieu de dynamiques intenses, occasionnant des dépôts de charge solide dans le lit majeur et des érosions latérales pouvant endommager le remblai de la voie ferrée. Cette dernière recoupe la dépression parcourue par la Mekerra puis la longe jusqu'à Sidi Lahcen en réduisant ainsi sa capacité totale. Dans la plaine alluviale, les dynamiques restent fortes, comme en témoigne les traces de grands écoulements et les chenaux de crues à l'amont de Sidi Lahcen.

5.3.Sidi Lahcen

Une partie de cette agglomération est construite sur la rive gauche du lit majeur de la Mekerra et les eaux de crues peuvent atteindre la RN7, et potentiellement de faibles débits pourraient s'évacuer vers l'Ouest (Direction de l'hydraulique de la wilaya de Sidi Bel Abbés, 2009).

Dans sa traversée urbaine, la limite de la zone inondable est matérialisée par un talus net au-dessous duquel sont implantés plusieurs quartiers et l'urbanisation s'est étendue jusqu'au lit de la Mekerra, dont la section déjà étroite et localement réduite par des ouvrages limitant et souvent bouchée par des embâcles (Direction de la planification et d'aménagement du territoire, Wilaya de Sidi Bel Abbés, 2009).

6.3.De Sidi Lahcen à Sidi Bel Abbés

En aval de Sidi Lahcen, la gouttière d'évacuation réincise la terrasse en rive droite, au niveau du dédoublement de la voie ferrée, mais il est certain que la construction de cette voie, en premier, puis le remblai de la RN7 (route de Tlemcen), en second, ont favorisé le passage des eaux à ce niveau et leur dérivation vers Sidi Bel Abbés-ville ; guidés par ces remblais, les écoulements sont dirigés vers l'Est, en longeant la voie ferrée de la zone industrielle puis vers les quartiers Sud de la ville de Sidi Bel Abbés. En aval de Sidi Lahcen, un remblai de la CW 61 (route d'Ain-Temouchent) barrant le lit majeur de la Mekerra renforce l'effet des inondations.

Ces aménagements anthropiques constituent autant d'obstacles aux écoulements et, en segmentant la zone inondable en casiers, ils créent une surélévation artificielle de la ligne

d'eau qui peut générer des débordements sur les reliefs adjacents, naturellement non inondables (Direction de l'hydraulique de la wilaya, de Sidi Bel Abbés, 2009).

7.3.Sidi Bel Abbés

La ville de Sidi Bel Abbés est implantée à l'exutoire de la plaine avale de la Mekerra. Selon les services de l'hydraulique de la wilaya, cette ville est particulièrement concernée par le risque inondation qui provient de plusieurs sources :

L'Oued Mekerra, via les points de débordement amont, dont les eaux arrivent sur la ville de Sidi Bel Abbés par le Sud ; la Mekerra, via le point de débordement situé au niveau de la voie ferrée à Sidi Lahcen, dont les arrivées sur la ville par le Sud-Ouest ; l'Oued Mellah à l'Est, qui collecte les eaux provenant des massifs de Tenira ; et l'oued drainant un bassin versant développé entre les domaines Yakrou Bel Abbés et Si Abdelkrim, au Sud Est.

La ville est ainsi située au point de rencontre de ces différentes vallées ou gouttières, en amont de l'unique point de sortie, constitué par une vallée étroite de la Mekerra qui s'incise dans le substrat Miocène. Au niveau de la zone urbaine, on peut individualiser trois types de secteurs : les zones de l'encaissant, où les constructions sont hors zone inondable : il s'agit du rebord du plateau dominant la ville, au Nord, de mamelons isolés, en rive droite du lit mineur, et d'une vaste colline, située à l'Est qui sépare la plaine de la Mekerra de celle de l'Oued Mellah ; le lit majeur de l'Oued Mekerra, à proximité du lit mineur : dans la traversée de la ville, qui s'écoule donc sur le rebord de son cône, a façonné à l'intérieur même de sa plaine alluviale un lit en contre-bas. Il constitue la zone d'inondation touchée par les débordements de la Mekerra, se produisant en aval du dernier point de débordement situé à Sidi Lahcen ; le reste de la ville se situe sur la retombée du cône de la Mekerra et, à ce titre, reçoit toutes les eaux ayant débordé en amont (Madina Mounaouara, Bab Dhaya, Benboulaïd, Sakia El Hamra, une partie du centre-ville ...) (Direction de l'hydraulique, de Sidi Bel Abbés, 2009).

4-Les travaux d'aménagements et les études de protection contre les inondations :

Pour diminuer les effets des inondations occasionnées par les crues cycliques de l'Oued Mekerra, plusieurs actions ont été déjà réalisées durant la période coloniale et ont consisté principalement à canaliser l'Oued Mekerra dans sa traversée de la ville de SIDI BEL ABBES. Après l'indépendance, devant la persistance des dégâts occasionnés par les inondations, plusieurs actions ont été menées pour objectif de chercher une solution afin de protéger la ville et bien sur toute la wilaya dans les limites de ses urbanisations.

A - Protection indirecte :

La protection indirecte consiste à intervenir plus loin des sites menacés, en réalisant des ouvrages sur les oueds responsables des inondations :

1.A Les canaux périphériques :

On appelle canal, un système de transport dans lequel l'eau s'écoule la création des canaux périphériques consiste à dériver les eaux vers les oueds permettant de les restituer vers les zones situées en dehors des aires à protéger. Cette déviation pourrait concerner une partie ou à la totalité des eaux d'un oued vers un autre.

Les canaux réalisés dans le bassin versant de l'Oued Mekerra sont :

- Le canal de dérivation des eaux en vue d'éviter la ville de SIDI BEL ABBES à l'entrée ouest (route de TLEMCEN).
- Le dédoublement du canal de dérivation MAKERRA /SARNO par le lac SIDIM'HAMED BEN ALI.
- La dérivation d'une partie des eaux des crues de la commune de SIDIKHALED vers la partie est de la ville de SIDI BEL ABBES.
- La réalisation d'un canal en terre d'une longueur totale de 6800 m longeant le tracé de la voie ferré dans la commune de SIDI LAHCEN en vue de dériver une partie du débit de la crue vers l'oued el mellah qui se situe au périphérique est de la villa de SIDI BEL ABBES.

2.A La réalisation des barrages ou seuils :

La réalisation des barrages ou seuils a pour but le stockage et laminage des crues à l'amont des zones menacées. Le volume et la capacité de laminage du barrage devront être optimisés de manière à répondre au mieux à la protection envisagée.

3.A Les retenues collinaires :

Sont des petits barrages en terre aménagés par l'homme. Elles pluviales et des ruissellements .de dimensions variables, les retenues collinaires peuvent m3 d'eau recueillis sur des bassins versants dont la superficie varie de quelques hectares à quelques km2.

Les différents usages de stock des retenues collinaires peuvent être :

Irrigation (agriculture), soutien des étiages (agriculture, eau potable), alimentation en eau potable, écrêtement des crues (sécurité), pollution accidentelle (sécurité), hydrobiologie (environnement).

-Retenue collinaire de SAF SAF à la commune de LAMTAR.

-Retenue collinaire de DHAYA à la commune de DHAYA.

4.A Les barrages d'écrêtement :

Les barrages d'écrêtement destinés à limités les inondations sont difficiles à gérer car il faut asservir le maintien de la capacité de stockage à la prévision des débits à venir.

Après les crues, des délestages sont effectués en respectant les débits de références pour compenser le trop plein accumulé pendant la crue et revenir progressivement à une situation normale permettant de faire face aux crues suivantes.

Les travaux de réalisation du barrage « écrêté » au niveau de la commune de TABIA, d'une capacité de rétention de 20 à 25 millions de m3, permettront de régulariser l'écoulement des eaux de l'Oued Mekerra et de parer ainsi à toute forme de débordement. Cet ouvrage confié à la société COSIDER (suisse) et lancé en 1999, constitue l'étape ultime du plan de protection de la ville de SIDI BEL ABBES contre les inondations cycliques de l'Oued Mekerra.

5.A L'aménagement des bassins versants :

L'aménagement des bassins versants est conçu par les méthodes biologiques et par construction de seuils qui permettent la réduction des vitesses d'écoulement et le dépôt des sédiments.

6.A Reboisement :

Le reboisement ou l'entretien de forêts, incluant à ceci la plantation des arbres (Fruitière et viticole), sont autant d'actions possibles pour minimiser les ruissellements des eaux.

7.A Banquettes et rideaux :

Les banquettes sont conçues pour briser la force érosive des eaux de ruissellement avant qu'elle ne devienne dangereuse pour le sol, infiltrer les pluies normales dans les mesures où la nature du sol le permet et évacuer lentement les eaux excédentaires vers des exutoires artificiels ou naturels spécialement aménagés.

Les rideaux se forment parallèlement à la limite d'un champ en pente quand le labour est fait. Des broussailles et des arbres y poussent et s'opposent au ruissellement et à l'entraînement du sol.

8.A Correction torrentielle :

C'est une technique basée sur les travaux ayant pour objet de lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols et couper la pente du torrent afin de réduire la vitesse de l'écoulement donc, régulariser le débit liquide et de même limiter sa puissance de creusement et sa capacité de transport solide. Elle ne peut avoir d'efficacité que si elle est pratiquée sur l'ensemble du système hydrographique des oueds d'amont en aval.

La prévention en matière des crues torrentielles consiste à effectuer des travaux de correction active ou passive pour réduire le transport solide en provenance du lit et du bassin versant.

La correction active comprend l'ensemble des dispositions visant à réduire les transports solide en agissant directement sur les processus d'érosion et leur cause.

La correction passive consiste seulement à se protéger du phénomène en contrôlant le déroulement et les conséquences de la crue.

9.A Fixation des berges :

Elle comprend tout ouvrage visant à maintenir la stabilité des terres en dépit de l'action de l'eau. Les berges sont en effet attaquées par des courants perturbateurs générés par les crues. De même, les terres glissent par suite de l'infiltration de l'eau après le retrait de la crue. La protection des berges est également nécessaire au voisinage de certains ouvrages tels que les ponts.

Dans la wilaya de SIDI BEL ABBES, la fixation des berges est surtout réalisée dans la partie traversant les agglomérations (MOULAY SLISSEN ET SIDI ALI BEN YOUB).

10.A Protection directe :

B- La protection directe : consiste à intervenir directement sur le site menacé par la mise en œuvre des actions suivantes :

1.B Le curage de l'oued :

Le curage permet une nette amélioration des conditions d'écoulement suite à l'élimination de tous les obstacles et les dépôts entravant l'écoulement des eaux dans le cours d'eau. Le débroussaillage est également nécessaire à la traversée des agglomérations pour des raisons sanitaires.

2.B Le recalibrage de l'oued :

Il permet d'élargir et d'approfondir les sections des cours d'eau pour augmenter leur capacité d'évacuation et assurer une section répondant aux critères de protections désirées, cette technique a été réalisée à l'amont et l'aval de toutes les agglomérations traversées par l'Oued Mekerra.

3.B Le renforcement des ouvrages :

Le renforcement des ouvrages de franchissements des oueds est la modification des caractéristiques des systèmes existants en cas de leur insuffisance (ponts, buses.....). On peut citer l'extension des ponts au niveau des communes de RAS EL MAS, BOUKHANIFIS et SIDI KHALED à cause de leur insuffisance de contenir les eaux des crues.

4.B La Réalisation des canaux :

Ces canaux permettent de régénérer le couloir initial de l'oued. Cette solution est indispensable dans le cas où le lit de l'oued et son domaine hydraulique a été complètement occupé par des bâtiments ou par la voirie.

Pour des raisons d'exposition de la ville de Sidi Bel Abbes au risque d'inondations, deux canaux de protection ceinturant le sud de la ville sont réalisés.

5.B Les murs de soutènements et l'exhaussement du sol :

D'une hauteur allant d'un mètre à un mètre et demi, les murs de soutènements sont bâtis par les services de l'hydraulique dans le but de s'opposer au débordement des crues aux rives de l'oued dans le milieu urbain. Cette action est présente dans les agglomérations de Sidi Bel Abbes, SidiLhacen, Sidi Khaled,Boukhanifis Et Sidi Ali Ben Youb.

Les travaux d'aménagements et les études de protection contre les inondations 116 Une autre procédure de lutte contre le débordement des eaux de crues est l'élévation du niveau des rives par des remblais du sol, cette dernière est faite sauf au milieu épars afin de protéger les champs de culture et les surfaces agricoles.

La prise de conscience du changement climatique par les acteurs locaux est en cours, mais la nature de la menace est encore à ce jour mal identifiée. Les mesures et les données relatives à la caractérisation de l'évolution du climat sont insuffisantes à l'échelle du territoire pour permettre un suivi régulier des tendances d'évolution des manifestations du changement climatique. « Aujourd'hui le changement climatique est peu perceptible et nous n'avons pas atteint un point de vigilance pour mobiliser les élus sur ce sujet ». Les impacts du changement climatique, notamment tels qu'ils sont perçus localement, sont « dilués/diffus » parmi d'autres facteurs de vulnérabilités qui s'expriment à des échelles variées (occupation du sol/artificialisation du sol, fréquentation touristique, usages multi-acteurs (AEP, golfs, activités économiques) renforçant les pressions exercées sur l'environnement, pratiques locales accentuant l'érosion du littoral...).

Les acteurs locaux sont plus sensibles à la problématique des événements extrêmes de type inondation, coup de mer, qui sont davantage parlants et récents et où les impacts économiques sont les plus visibles ; que des événements tendanciels (évolution biodiversité, impacts sur la productivité locale...).

Le changement climatique n'est pas le déclencheur mais l'accélérateur de phénomènes et de dynamiques existantes initiées par les activités humaines (érosion de la biodiversité, impacts sur la façade littorale, imperméabilisation des sols...). Le changement climatique agit comme un facteur d'accentuation de la vulnérabilité des territoires, en aggravant les risques et en faisant peser des incertitudes plus lourdes.

En fin Le problème des inondations dans la wilaya de sidi bel abbés reste incertain pour le changement climatique (les phénomènes extrêmes) à la lumière des effets anthropique Et cela semble très UAH dans une intervention humaine.

Les résultats :

La géomorphologie des principales composantes du bassin versant est la cause de l'inondation de certaines agglomérations ; La pente, depuis Ras El Ma (amont) jusqu'au-delà

de la ville de Sidi Bel Abbés (aval), va en s'abaissant doucement ; La forme allongée du bassin versant constitue un réceptacle des crues.

L'urbanisation sur les rives immédiates de l'Oued Mekerra, donc sur les zones inondables ; Débordement de l'Oued Mekerra, résultant des ruissellements des eaux des versants dominants les agglomérations et survenant le plus souvent en période d'automne (qui se singularise par des orages particulièrement intenses) ; Cassure naturelle de l'Oued Mekerra, au niveau du pont en amont de Sidi Khaled, qui provoque des débordements (pour Sidi Khaled et entrée sud de Sidi Bel Abbés) ; Débordement des eaux au niveau du pont à l'intérieur de Sidi Lahcen, aggravé par les eaux d'épandage arrivant de Sidi Khaled ; Épandage des eaux de crues à l'entrée sud de la ville de Sidi Bel Abbés (route de Boukhanifis), inondant la zone (cuvette) située entre MakamEchChahid et BabDhaya.

Chapitre IV :

**Projections futures de paramètres
climatiques du bassin versant de
l'Oued Mekerra**

1-Caractérisation des projections climatiques

Afin d'anticiper et de préparer l'avenir, des modèles de projections climatiques sont construits pour estimer les tendances d'évolution du climat. Le GIEC a élaboré plusieurs scénarios d'évolution des tendances climatiques pour le 21^{ème} siècle. Dans ce cadre, les scénarios proposés sont composés de tendances climatiques couplées avec des composantes socio-économiques (principalement la croissance démographique, le développement socio-économique, et les évolutions technologiques, ...). Quatre scénarios d'évolutions sont ainsi proposés par le GIEC : A1, A2, B1, B2, et le scénario médian A1B.

Le scénario "technologies énergétiques" (ou A1) regroupe les scénarios à croissance économique rapide, s'accompagnant d'une faible croissance démographique et d'une introduction rapide de technologies nouvelles et plus efficaces. On observe une grande convergence des PIB par habitant et une interaction culturelle et sociale croissante.

Le "scénario hétérogène" (ou A2) se fonde sur l'hypothèse d'un renforcement des identités et des traditions locales, s'accompagnant d'une démographie plus élevée, ainsi que d'une évolution technologique et d'une croissance économique plus faible.

Le scénario "convergent" (ou B1) met l'accent sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique, sociale et environnementale. Il décrit un monde évoluant rapidement vers des structures économiques dématérialisées, basées sur les services et l'économie de l'information, avec des technologies plus propres et une meilleure équité.

Le scénario "régional" (ou B2) décrit un monde recherchant des solutions à l'échelle régionale aux problèmes économiques et environnementaux, misant ainsi sur un développement durable local.

Le scénario A2 est le plus pessimiste des scénarios proposés et simule la situation qu'il adviendrait si aucune mesure n'était prise pour restreindre les émissions de gaz à effet de serre. Le scénario B1 est plus optimiste, Le scénario A1B correspond au scénario médian couramment utilisé.

Plan Climat Énergie Territorial – PCET OUEST 06

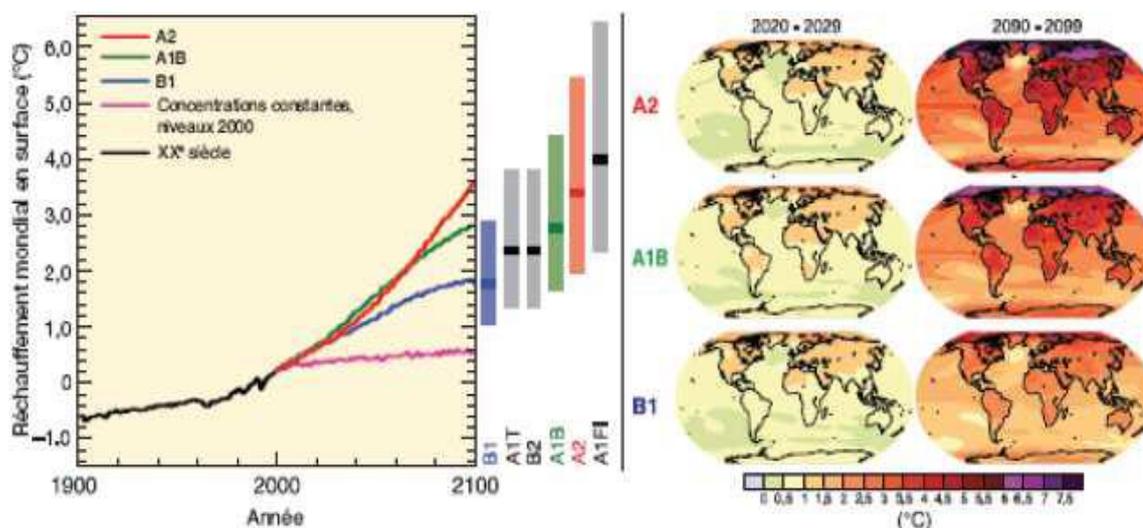


Figure 32 : Source Quatrième rapport du GIEC, Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse, contribution des groupes de travail 1, 2 et 3 au quatrième rapport d'évaluation,

2007, p.46

A gauche, les courbes en trait plein correspondent aux moyennes mondiales du réchauffement en surface (par rapport à la période 1980-1999) pour les scénarios A2, A1B et B1. La courbe rose correspond à une projection « constante », dans le cas où les concentrations se maintiendraient aux niveaux de 2000 (aucune augmentation de GES). Les barres au milieu de la figure indiquent les valeurs les plus probables (zone foncée) et les fourchettes probables d'augmentation de la température à la surface du globe, selon les six scénarios SRES de référence pour la période 2090-2099 par rapport à 1980-1999.

A droite, nous constatons l'évolution projetée de la température en surface pour le début et la fin du XXI^e siècle par rapport à la période 1980-1999, selon les projections moyennes obtenues à l'aide de plusieurs modèles pour les scénarios A2, A1B et B1, pour les décennies 2020-2029 et 2090-2099.

Afin d'identifier quelles pourraient être les tendances d'évolutions des signaux climatique d'ici les prochaines années à l'échelle du territoire PCET Ouest 06, nous nous sommes appuyés sur :

- L'interprétation de travaux de simulations climatiques existants : étude MEDCIE interrégionale à l'échelle du Grand Sud Est ;
- L'exploitation des cartographies fournies par l'Université de Nice dans le cadre d'une commande réalisée sur l'évolution des températures.

L'interprétation de projections climatiques à l'échelle du territoire doit être prise avec précaution. En effet, il ne s'agit pas de prévisions, irréalisables à l'échelle de plusieurs décennies. Les incertitudes restent importantes, à cause non seulement des scénarios et des modèles climatiques - qui ne pourront jamais être parfaits - mais surtout à cause de la variabilité « naturelle », qui empêche d'avoir une vision claire sur la détermination de l'évolution du climat en France pour les prochaines décennies.

2-Projection des modèles régionaux MedCORDEX application sur la zone d'étude :

Med-CORDEX (Coordinated Régional Climate Downscaling Experiment) a été proposé par la communauté méditerranéenne de recherche sur le climat.

Med-CORDEX est la branche méditerranéenne de l'initiative internationale CORDEX (Coordinated Régional Climate Downscaling Experiment) qui est un programme parrainé par le Programme Mondial de Recherche sur le Climat (PMRC) dont l'objectif est mis en place un cadre coordonné à l'échelle internationale afin de produire de meilleures prévisions régionales du changement climatique et pour toutes les régions terrestres du monde. Les CORDEX-résultats serviront de base pour les effets du changement climatique et des études d'adaptation dans le calendrier du cinquième rapport d'évaluation (RE5) du GIEC et au-delà.

Med-CORDEX dispose de modèles climatiques régionaux de très haute résolution (RCM, jusqu'à 10 km) ; modèles entièrement couplés du système climatique régional (RCSMs).

9 modèles typiquement atmosphériques de résolution 50-25 km en MRC

4 modèles typiquement atmosphériques de haute résolution 10-20 km en MRC

8 modèles typiquement océaniques

12 modèles RCSM entièrement couplé (au moins océan-atmosphère)

6 MCG

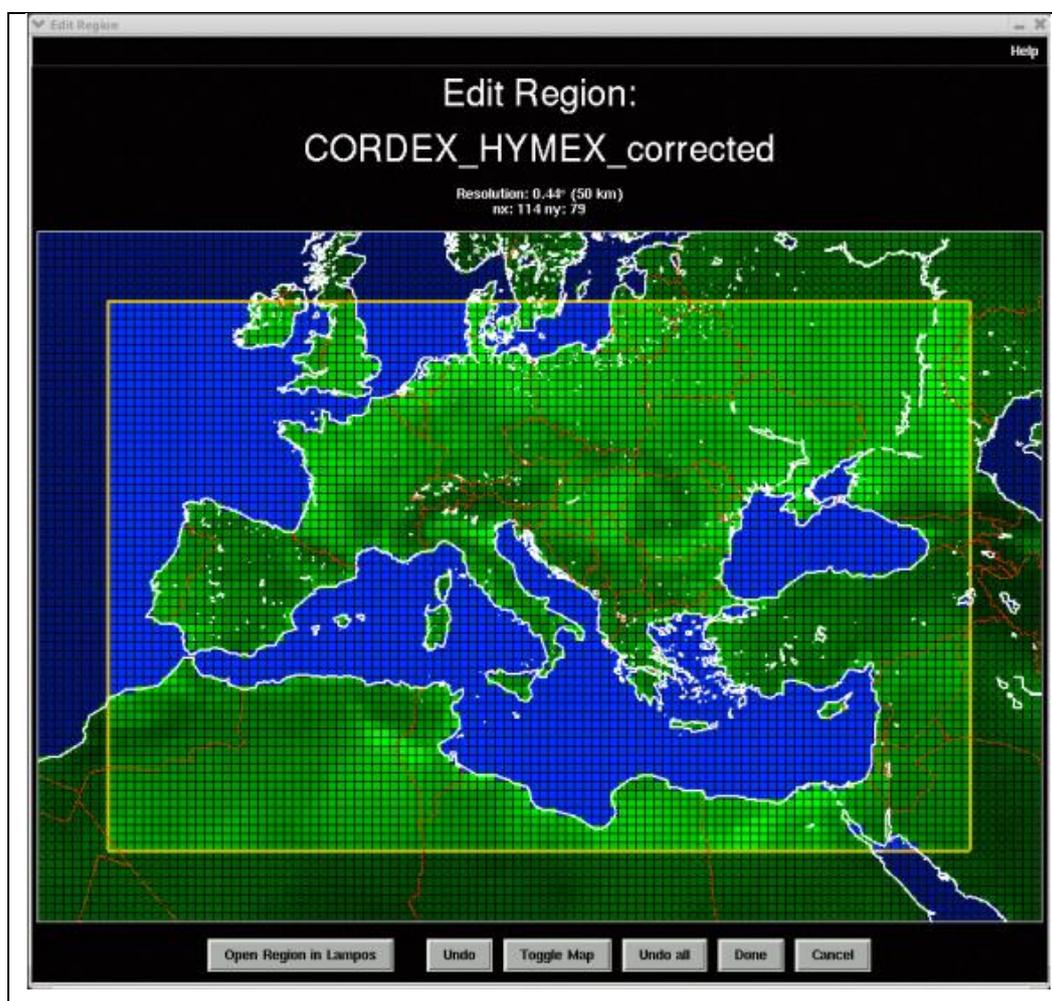


Figure 33: Représentation du domaine de MedCordex (source site officiel de Medcordex

Les données climatiques sont extraites des fichiers NetCDF (Network Common Data Form) mis à la disposition des utilisateurs sur le site www.medcordex.eu. La décompression des fichiers a été faite avec R. Dans le contexte de notre étude, nous avons sélectionné le point de grille continental le plus proche des stations de Haçaiba, Ras El Ma et Sidi Ali Benyoub.

Les paramètres de base choisis sont les suivants :

- Précipitations annuelles et saisonnières,
- Températures moyennes, maximales et minimales.

La série de données construites s'étale de 1950-2050. La première période (1950-2005) historique, c'est-à-dire simulation par le modèle CMCC du climat passé. Pour la période 2005-2050, il s'agit de projections climatiques du modèle CMCC utilisant le scénario RCP 45 (Representative Concentration Pathway).

Nous avons sélectionné le modèle CMCC (Centro Euro-MediterraneoCambiamentiClimatici - Italie)

Ces modèles sont composés d'un modèle de la Méditerranée à haute résolution couplée à un modèle global de circulation générale :

Dans CMCC-CM, la composante océanique est le modèle d'océan OPA globale 8.2 (Madec et al.1998), dans sa configuration globale d'ORCA2. Le modèle dispose de 31 niveaux verticaux, dont 10 se trouvent dans la partie supérieure de 100 m.

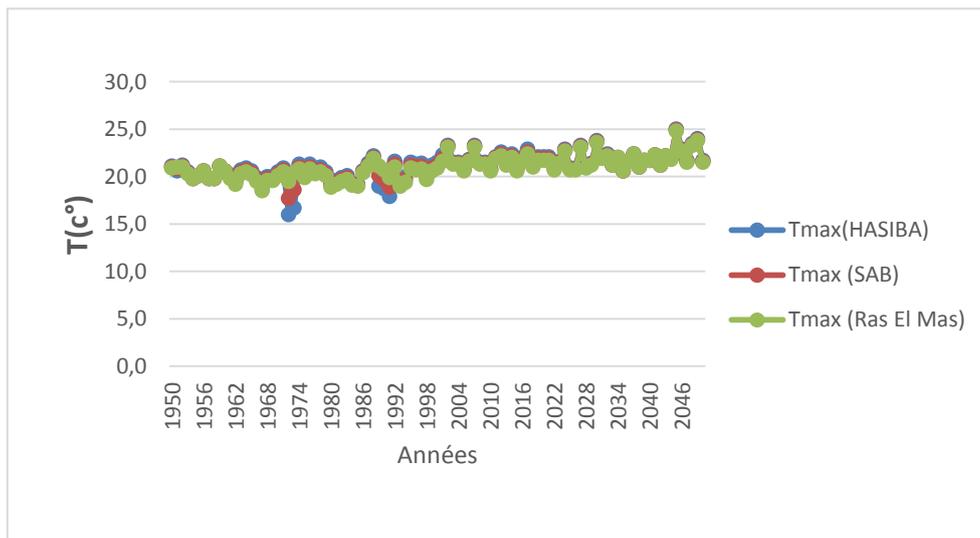


Figure 34 :la simulation température max des station (Haciba, SAB, Ras El Mas)

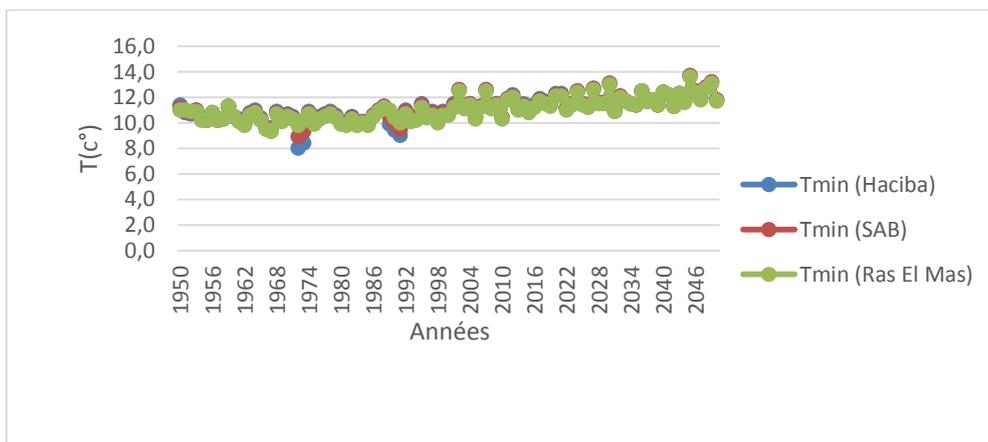


Figure 35 :la simulation température min des station (haciba,SAB,Ras El Mas)

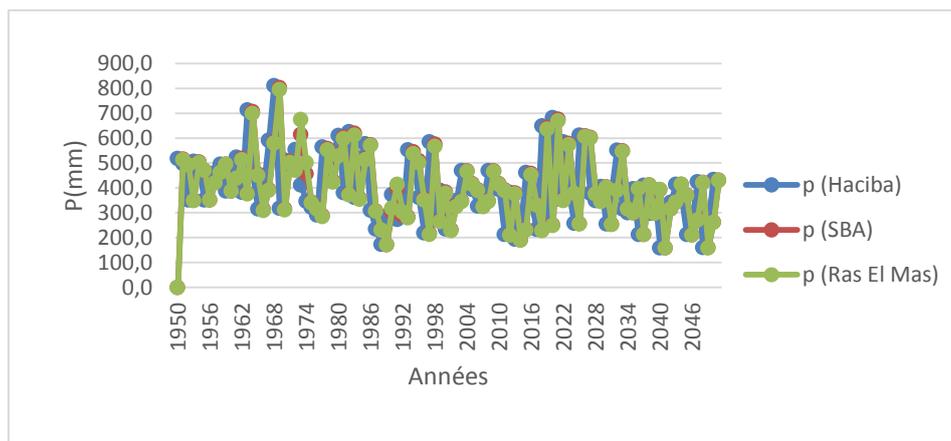


Figure 36 : la simulation de précipitation de station (Haciba, SAB, Ras El Mas)

3-Les conséquences du changement climatique à l'échelle du territoire seront multiples et interdépendantes.

Afin d'appréhender les enjeux pour les territoires SBA SAB et Haciba,

L'élaboration du diagnostic de vulnérabilités permettra :

- D'identifier les impacts prévisibles du changement climatique pouvant se produire à l'échelle du territoire dans les régions d'étude ;
- D'appréhender comment le changement climatique est d'ores et déjà pris en considération par les acteurs du territoire ;
- D'orienter les politiques et actions des collectivités en anticipant les impacts prévisibles du changement climatique sur le territoire ;
- De sensibiliser les acteurs du territoire (grand public, partenaires, agents) à ces problématiques.

Il est clair qu'une seule étude ne permettra pas de résoudre la question du changement climatique et d'apporter des réponses pour les 30 ans à venir. Toutefois, cette étude de vulnérabilités du territoire au changement climatique va permettre de :

- Créer une dynamique autour de ces questions (sensibilisation des acteurs du territoire) ;
- Apporter des éclairages opérationnels (axes d'actions, secteurs sensibles, opportunités de développement) pour le territoire (sba sanhaciba).

Cette étude elle a pour but de faciliter la compréhension, mutualiser les savoirs et les connaissances déjà disponibles localement. Il propose également des pistes d'approfondissement et des pistes d'actions pour les territoires qui contribueront à la

préfiguration de la stratégie d'adaptation au changement climatique dans la région d'étude (SBA, SAB ; Haciba) d'ici les prochaines années.

Secteur	Alea climatique	Enjeu	Niveau de sensibilité	Niveau d'exposition	risque
Agriculteur	Sécheresse	L'irrigation et l'approvisionnement d' l'eau	moyen	moyen	Risque moyen
Hydrauliques	Inondation	Les barrages et retenus collinaires	fort	fort	Risque fort
Urbaine	Les besoin d'eau inondation	Population Urbanisme	moyen	moyen	Risque moyen

Tableau 45 : tableau d'alea et risque

Acteur	Action	Comment	Ou
L'état	Une 1ère étude confiée à un bureau d'études national en 1981 et complétée en 1986	<p>-Le reprofilage de la section de l'oued entre les localités de BOUKHANEFIS et SIDI BEL ABBES en vue d'y faire transiter la totalité du débit de la crue de fréquence centennale évaluée à près de 1500 m³/s.</p> <p>-La réalisation d'un ouvrage de dérivation à l'entrée de la ville d'une capacité de 800 m³/s complétée par le reprofilage de l'Oued dans sa partie urbaine.</p> <p>-La réalisation d'une série d'ouvrage de retenues disséminées à l'échelle du bassin versant sur les différents affluents de l'Oued Mekerra.</p>	La ville de sidi Bel abbés

	<p>Une seconde étude a été réalisée entre 1999 et 2001 par un bureau d'étude français</p>	<p>-a abouti à des propositions de solutions sur la base d'une approche répondant à l'exigence de la protection de la ville de Sidi Bel Abbes contre les inondations tout en concourant à la recharge de la nappe phréatique.</p>	<p>La ville de sidi Bel abbés</p>
	<p>études ont pour objectif d'établir des atlas des zones inondables permettant de fournir aux pouvoirs publics et aux collectivités locales</p>	<p>-L'information du public, -La planification des actions d'occupation de L'espace. -La programmation et la réalisation des plans de prévention des risques d'inondation spécifiques à chacune des localités concernées. -Les travaux d'aménagements et les études de protection contre les inondations 117 -Ils serviront par la suite de base informative pour l'établissement des cartes des aléas inondations.</p>	<p>SidiBel Abbes, Telagh, Sfisef, Ras El Ma.SidiLahcene, SidiKhaled, Boukhanifis, Tenira. HassiDahou, MouleySlissen, El Hacaiba.</p>
	<p>-l'année 2000, divers travaux d'aménagement ont été réalisés pratiquement après chaque crue enregistrée ; ces actions d'initiative locale ont porté essentiellement</p>	<p>-La réalisation d'un canal de protection à l'Ouest de la ville. -La canalisation de l'Oued Mekerra dans sa partie urbaine. -Le curage et la rectification de l'Oued par l'élimination des méandres dans la zone comprise entre BOUKHANEFIS et SIDI BEL ABBES. -La réfection des berges de l'oued à l'intérieur de SIDI BEL</p>	<p>La ville de sidi Bel abbés BOUKHANEFIS</p>

		ABBES.	
	<p>-La réfection des berges de l'oued à l'intérieur de SIDI BEL ABBES. A partir de l'année 2002</p>	<p>-Le doublement du canal de protection et des ouvrages annexe situés dans la partie ouest de la ville qui constitue l'un des cheminements préférentiels de la crue. -Le recalibrage du canal sud existant pour passer d'un débit de 30 à 130 m³/s. -L'amélioration des écoulements de la MEKERRA dans SBA 40 à 80 m³/s. -La création d'un canal de délestage pour dériver un débit de 60 m³/s à L'amont de la ville de SIDI BEL ABBES vers le canal sud. -Le doublement de l'ouvrage MEKERRA – SARNO pour la dérivation d'une partie des eaux de crue de l'Oued Mekerra vers le barrage Saron.</p>	La ville de sidi Bel abbés
	<p>programmé le lancement durant le second trimestre 2006</p>	<p>-Travaux de réalisation d'un barraged'écêtement à TABIA pour la protection de la ville de SIDI BEL ABBES et des localités situées dans la plaine.</p>	-TABIA

Tableau 46 : tableau des acteurs et des actions qui fai

Conclusion générale :

L'analyse approfondie des enjeux du changement climatique à l'échelle du territoire

La prise de conscience du changement climatique par les acteurs locaux est en cours, mais la nature de la menace est encore à ce jour mal identifiée. Les mesures et les données relatives à la caractérisation de l'évolution du climat sont insuffisantes à l'échelle du territoire pour permettre un suivi régulier des tendances d'évolution des manifestations du changement climatique. « Aujourd'hui le changement climatique est peu perceptible et nous n'avons pas atteint un point de vigilance pour mobiliser les élus sur ce sujet ». Les impacts du changement climatique, notamment tels qu'ils sont perçus localement, sont « dilués/diffus » parmi d'autres facteurs de vulnérabilités qui s'expriment à des échelles variées (occupation du sol/artificialisation du sol, fréquentation touristique, usages multi-acteurs (AEP, golfs, activités économiques) renforçant les pressions exercées sur l'environnement, pratiques locales accentuant l'érosion du littoral...).

Les acteurs locaux sont plus sensibles à la problématique des événements extrêmes de type inondation, coup de mer, qui sont davantage parlants et récents et où les impacts économiques sont les plus visibles ; que des événements tendanciels (évolution biodiversité, impacts sur la productivité locale...).

Le changement climatique n'est pas le déclencheur mais l'accélérateur de phénomènes et de dynamiques existantes initiées par les activités humaines (érosion de la biodiversité, impacts sur la façade littorale, imperméabilisation des sols...). Le changement climatique agit comme un facteur d'accentuation de la vulnérabilité des territoires, en aggravant les risques et en faisant peser des incertitudes plus lourdes.

En fin Le problème des inondations dans la wilaya de sidi bel abbés, dans lequel se trouve notre province d'étude reste incertain pour le changement climatique (les phénomènes extrêmes) à la lumière des effets anthropique et cela semble très UAH dans une intervention humaine.

Pour nous adaptons avec ses inondations, il faut sensibiliser les habitants pour éviter leurs risques probables, et on doit lancer des stratégies d'adaptation sur les inondations particulièrement et le changement climatique globalement.

Références Bibliographie :

Benaini B. : Hydrologie et aménagement en Algérie : le bv de l'Oued Mekerra wilaya de SBA
thèse magistère

Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques : Guide destiné au milieu
municipal Québécois - 2010 - 45p - Caroline Larrivée, Ouranos.

Études & Documents – Guide d'accompagnement des territoires pour l'analyse de leur
vulnérabilité socio-économique au changement climatique – Commissariat général au
développement durable – Février 2011 - 42p.

Halouche B.2007 : Cartographie des zones inondables de la plaine de SIDI BEL ABBES par
l'approche hydrogéomorphologique Thèse Magistère (université S.B.A)

IPCC, 2007 : Changements Climatiques 2007 Rapport de synthèse - Rapport du Groupe
d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007, 114p.

HANICHET NILA etMEKHELLECHE NASSIBA :

Le problème des inondations des zones urbaines cas de wilaya Sidi Bel Abbés
Mémoire 2013.

MAREF N.2007 : estimation du transport solide dans les cours d'eau à écoulement temporaire
étude du cas du bassin versant de l'Oued Mekerra ; thèse magistère hydraulique Sidi Bel Abbes

MERABET A : Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre l'inondation thèse
magistère hydraulique 2008

Annexe :

Toutes Les données de projection :

1- HAÇAIBA :

Zone	ANNEE	TEMPERATURE MOYENNE	PRECIPITATION	TEMPERATURE MINIMAL	TEMPERATURE MAXIMAL
HAÇAIBA	1950	16,3	518,1	11,4	21,1
HAÇAIBA	1951	15,7	496,9	10,8	20,6
HAÇAIBA	1952	15,6	351,5	10,7	21,2
HAÇAIBA	1953	15,3	506,0	11,0	20,5
HAÇAIBA	1954	14,5	470,6	10,3	19,8
HAÇAIBA	1955	14,6	350,7	10,2	20,1
HAÇAIBA	1956	15,1	419,6	10,8	20,6
HAÇAIBA	1957	14,5	461,6	10,2	19,8
HAÇAIBA	1958	14,5	494,6	10,3	19,8
HAÇAIBA	1959	15,6	386,7	11,3	21,1
HAÇAIBA	1960	15,1	437,6	10,5	20,6
HAÇAIBA	1961	14,7	523,3	10,3	20,2
HAÇAIBA	1962	14,3	382,5	10,0	19,6
HAÇAIBA	1963	15,3	713,0	10,8	20,7
HAÇAIBA	1964	15,4	459,0	11,0	20,9
HAÇAIBA	1965	15,0	315,2	10,4	20,6
HAÇAIBA	1966	14,2	397,8	9,7	19,9
HAÇAIBA	1967	13,7	590,6	9,5	18,9
HAÇAIBA	1968	14,9	810,9	10,9	20,0
HAÇAIBA	1969	14,7	318,2	10,3	20,0
HAÇAIBA	1970	15,1	511,0	10,7	20,5
HAÇAIBA	1971	15,1	480,4	10,5	20,9
HAÇAIBA	1972	11,6	553,5	8,0	16,0
HAÇAIBA	1973	12,1	410,8	8,4	16,7
HAÇAIBA	1974	15,4	346,5	10,9	21,3
HAÇAIBA	1975	14,6	321,9	10,1	20,3
HAÇAIBA	1976	15,3	291,3	10,5	21,3
HAÇAIBA	1977	15,1	564,1	10,7	20,7

HAÇAIBA	1978	15,4	432,3	10,9	21,0
HAÇAIBA	1979	15,0	539,6	10,6	20,5
HAÇAIBA	1980	14,2	610,1	10,1	19,3
HAÇAIBA	1981	14,3	380,2	10,0	19,6
HAÇAIBA	1982	14,7	625,5	10,5	19,9
HAÇAIBA	1983	14,5	361,8	10,0	20,1
HAÇAIBA	1984	14,2	519,2	10,1	19,3
HAÇAIBA	1985	14,1	576,8	9,9	19,2
HAÇAIBA	1986	15,1	309,7	10,6	20,6
HAÇAIBA	1987	15,6	233,8	11,0	21,4
HAÇAIBA	1988	16,1	173,1	11,3	22,2
HAÇAIBA	1989	13,9	286,6	9,9	19,0
HAÇAIBA	1990	13,5	373,1	9,4	18,7
HAÇAIBA	1991	13,0	273,1	9,0	17,9
HAÇAIBA	1992	15,8	287,4	11,0	21,6
HAÇAIBA	1993	14,5	553,2	10,4	19,6
HAÇAIBA	1994	14,7	516,1	10,5	20,0
HAÇAIBA	1995	16,0	361,6	11,5	21,5
HAÇAIBA	1996	15,5	219,4	10,7	21,3
HAÇAIBA	1997	15,5	584,1	10,9	21,4
HAÇAIBA	1998	14,7	272,0	10,3	20,3
HAÇAIBA	1999	15,6	389,4	10,9	21,2
HAÇAIBA	2000	15,7	234,9	10,9	21,5
HAÇAIBA	2001	16,3	333,8	11,5	22,3
HAÇAIBA	2002	17,4	348,5	12,6	23,3
HAÇAIBA	2003	15,8	469,7	11,2	21,5
HAÇAIBA	2004	16,0	418,2	11,5	21,5
HAÇAIBA	2005	15,1	393,9	10,4	20,8
HAÇAIBA	2006	16,0	327,3	11,3	21,8
HAÇAIBA	2007	17,4	348,5	12,6	23,3
HAÇAIBA	2008	15,8	469,7	11,2	21,5
HAÇAIBA	2009	16,0	418,2	11,5	21,5
HAÇAIBA	2010	15,1	393,9	10,4	20,8
HAÇAIBA	2011	16,5	212,1	11,9	22,1

HAÇAIBA	2012	16,8	382,5	12,2	22,6
HAÇAIBA	2013	15,9	192,8	11,2	21,6
HAÇAIBA	2014	16,3	235,6	11,5	22,4
HAÇAIBA	2015	15,5	462,1	11,0	21,0
HAÇAIBA	2016	16,1	336,6	11,4	22,0
HAÇAIBA	2017	16,7	232,6	11,9	22,9
HAÇAIBA	2018	16,1	648,8	11,7	21,4
HAÇAIBA	2019	16,2	254,0	11,5	22,1
HAÇAIBA	2020	16,7	682,5	12,3	22,1
HAÇAIBA	2021	16,6	355,0	12,3	22,1
HAÇAIBA	2022	15,6	584,5	11,2	21,1
HAÇAIBA	2023	15,9	381,4	11,5	21,6
HAÇAIBA	2024	17,1	257,3	12,5	22,9
HAÇAIBA	2025	15,6	611,5	11,5	20,9
HAÇAIBA	2026	15,5	605,4	11,3	20,9
HAÇAIBA	2027	17,4	378,4	12,7	23,3
HAÇAIBA	2028	15,8	348,1	11,6	21,1
HAÇAIBA	2029	15,8	405,6	11,6	21,4
HAÇAIBA	2030	18,0	254,3	13,1	23,8
HAÇAIBA	2031	15,4	393,5	11,0	22,1
HAÇAIBA	2032	16,3	550,9	12,1	22,4
HAÇAIBA	2033	16,4	314,7	11,7	21,2
HAÇAIBA	2034	16,2	299,7	11,5	22,0
HAÇAIBA	2035	15,6	395,6	11,4	20,6
HAÇAIBA	2036	17,1	212,8	12,5	21,6
HAÇAIBA	2037	16,0	410,6	11,7	22,4
HAÇAIBA	2038	16,3	296,7	11,8	21,0
HAÇAIBA	2039	16,1	392,6	11,4	21,7
HAÇAIBA	2040	17,3	158,8	12,4	21,7
HAÇAIBA	2041	16,7	314,7	12,2	22,3
HAÇAIBA	2042	15,6	341,7	11,3	21,2
HAÇAIBA	2043	16,7	413,6	12,3	22,2
HAÇAIBA	2044	16,2	372,7	11,7	22,0
HAÇAIBA	2045	18,8	212,1	13,7	25,0

HAÇAIBA	2046	17,2	272,7	12,5	22,9
HAÇAIBA	2047	16,3	424,2	11,9	21,7
HAÇAIBA	2048	17,5	160,6	12,8	23,5
HAÇAIBA	2049	18,0	263,6	13,2	24,0
HAÇAIBA	2050	16,2	433,3	11,8	21,7

2- Sidi alibenyoub :

Zone	ANNEE	TEMPERATURE MOYENNE	PRECIPITATION	TEMPERATURE MINIMAL	TEMPERATURE MAXIMAL
SID ALI BENYOUB	1950	15,9	515,6	11,2	21,0
SID ALI BENYOUB	1951	15,6	494,5	10,9	20,8
SID ALI BENYOUB	1952	15,5	349,7	10,8	21,1
SID ALI BENYOUB	1953	15,2	503,5	11,0	20,4
SID ALI BENYOUB	1954	14,5	470,8	10,3	19,8
SID ALI BENYOUB	1955	14,6	350,8	10,2	20,1
SID ALI BENYOUB	1956	15,1	419,8	10,8	20,6
SID ALI BENYOUB	1957	14,5	461,8	10,2	19,8
SID ALI BENYOUB	1958	14,5	494,8	10,3	19,8
SID ALI BENYOUB	1959	15,6	386,8	11,3	21,1
SID ALI BENYOUB	1960	15,1	437,8	10,5	20,6
SID ALI BENYOUB	1961	14,5	518,1	10,2	20,0
SID ALI BENYOUB	1962	14,1	378,7	9,9	19,4
SID ALI BENYOUB	1963	15,1	706,0	10,7	20,5
SID ALI BENYOUB	1964	15,3	454,5	10,9	20,7
SID ALI BENYOUB	1965	14,8	312,1	10,3	20,4
SID ALI BENYOUB	1966	14,0	393,9	9,6	19,7
SID ALI BENYOUB	1967	13,5	584,8	9,4	18,7
SID ALI BENYOUB	1968	14,7	802,9	10,8	19,8
SID ALI BENYOUB	1969	14,5	315,1	10,2	19,8
SID ALI BENYOUB	1970	14,9	506,0	10,6	20,3
SID ALI BENYOUB	1971	14,9	475,7	10,4	20,7
SID ALI BENYOUB	1972	12,9	614,2	8,9	17,7
SID ALI BENYOUB	1973	13,5	455,9	9,3	18,6
SID ALI BENYOUB	1974	15,3	342,7	10,8	21,0

SID ALI BENYOUB	1975	14,5	318,5	10,0	20,1
SID ALI BENYOUB	1976	15,2	288,1	10,4	21,0
SID ALI BENYOUB	1977	15,0	558,1	10,6	20,5
SID ALI BENYOUB	1978	15,3	427,7	10,8	20,7
SID ALI BENYOUB	1979	14,9	533,8	10,5	20,3
SID ALI BENYOUB	1980	14,1	603,6	10,0	19,1
SID ALI BENYOUB	1981	14,2	376,1	9,9	19,4
SID ALI BENYOUB	1982	14,6	618,7	10,4	19,7
SID ALI BENYOUB	1983	14,4	357,9	9,9	19,9
SID ALI BENYOUB	1984	14,1	516,1	10,1	19,2
SID ALI BENYOUB	1985	14,0	573,4	9,9	19,1
SID ALI BENYOUB	1986	15,0	307,8	10,6	20,5
SID ALI BENYOUB	1987	15,5	232,4	11,0	21,2
SID ALI BENYOUB	1988	16,0	172,0	11,3	22,0
SID ALI BENYOUB	1989	14,6	302,3	10,5	20,1
SID ALI BENYOUB	1990	14,3	393,5	9,9	19,7
SID ALI BENYOUB	1991	13,7	288,0	9,5	18,9
SID ALI BENYOUB	1992	15,5	283,2	10,9	21,3
SID ALI BENYOUB	1993	14,3	545,1	10,3	19,3
SID ALI BENYOUB	1994	14,5	508,5	10,4	19,7
SID ALI BENYOUB	1995	15,7	356,3	11,4	21,2
SID ALI BENYOUB	1996	15,2	216,2	10,6	21,0
SID ALI BENYOUB	1997	15,2	575,5	10,8	21,1
SID ALI BENYOUB	1998	14,5	268,0	10,2	20,0
SID ALI BENYOUB	1999	15,3	383,7	10,8	20,9
SID ALI BENYOUB	2000	15,4	231,4	10,8	21,2
SID ALI BENYOUB	2001	16,0	328,9	11,4	21,9
SID ALI BENYOUB	2002	17,3	346,7	12,6	23,2
SID ALI BENYOUB	2003	15,7	467,4	11,2	21,4
SID ALI BENYOUB	2004	15,9	416,1	11,5	21,4
SID ALI BENYOUB	2005	15,0	392,0	10,4	20,7
SID ALI BENYOUB	2006	15,9	325,6	11,3	21,7
SID ALI BENYOUB	2007	17,3	346,7	12,6	23,2
SID ALI BENYOUB	2008	15,7	467,4	11,2	21,4

SID ALI BENYOUB	2009	15,9	416,1	11,5	21,4
SID ALI BENYOUB	2010	15,0	392,0	10,4	20,7
SID ALI BENYOUB	2011	16,4	211,1	11,9	22,0
SID ALI BENYOUB	2012	16,7	378,8	12,1	22,4
SID ALI BENYOUB	2013	15,8	190,9	11,1	21,4
SID ALI BENYOUB	2014	16,2	233,3	11,4	22,2
SID ALI BENYOUB	2015	15,4	457,6	10,9	20,8
SID ALI BENYOUB	2016	16,0	333,3	11,3	21,8
SID ALI BENYOUB	2017	16,6	230,3	11,8	22,6
SID ALI BENYOUB	2018	16,0	642,4	11,6	21,2
SID ALI BENYOUB	2019	16,1	251,5	11,4	21,9
SID ALI BENYOUB	2020	16,6	675,7	12,2	21,9
SID ALI BENYOUB	2021	16,5	351,5	12,2	21,9
SID ALI BENYOUB	2022	15,5	578,8	11,1	20,9
SID ALI BENYOUB	2023	15,9	379,7	11,5	21,5
SID ALI BENYOUB	2024	17,0	256,1	12,5	22,8
SID ALI BENYOUB	2025	15,6	608,7	11,5	20,8
SID ALI BENYOUB	2026	15,5	602,7	11,3	20,8
SID ALI BENYOUB	2027	17,3	376,7	12,7	23,2
SID ALI BENYOUB	2028	15,8	346,6	11,6	21,0
SID ALI BENYOUB	2029	15,8	403,8	11,6	21,3
SID ALI BENYOUB	2030	17,9	253,1	13,1	23,7
SID ALI BENYOUB	2031	15,4	391,8	10,9	22,0
SID ALI BENYOUB	2032	16,3	548,5	12,1	22,3
SID ALI BENYOUB	2033	16,4	314,8	11,7	21,2
SID ALI BENYOUB	2034	16,2	299,9	11,5	22,0
SID ALI BENYOUB	2035	15,6	395,8	11,4	20,6
SID ALI BENYOUB	2036	17,1	212,9	12,5	21,6
SID ALI BENYOUB	2037	16,0	410,8	11,7	22,4
SID ALI BENYOUB	2038	16,3	296,9	11,8	21,0
SID ALI BENYOUB	2039	16,1	392,8	11,4	21,7
SID ALI BENYOUB	2040	17,3	158,9	12,4	21,7
SID ALI BENYOUB	2041	16,7	314,8	12,2	22,3
SID ALI BENYOUB	2042	15,6	341,8	11,3	21,2

SID ALI BENYOUB	2043	16,7	413,8	12,3	22,2
SID ALI BENYOUB	2044	16,1	370,8	11,7	21,9
SID ALI BENYOUB	2045	18,7	211,0	13,7	24,9
SID ALI BENYOUB	2046	17,1	271,3	12,5	22,8
SID ALI BENYOUB	2047	16,2	422,1	11,9	21,6
SID ALI BENYOUB	2048	17,4	159,8	12,8	23,4
SID ALI BENYOUB	2049	17,9	262,3	13,2	23,9
SID ALI BENYOUB	2050	16,1	431,1	11,8	21,6

3- Ras El Mas :

Zone		TEMPERATURE MOYENNE	PRECIPITATION	TEMPERATURE MINIMAL	TEMPERATURE MAXIMAL
ras el ma	1950	15,5	513	11	20,9
ras el ma	1951	15,5	492	11	21
ras el ma	1952	15,4	348	10,9	21
ras el ma	1953	15,1	501	10,9	20,3
ras el ma	1954	14,5	471	10,2	19,8
ras el ma	1955	14,6	351	10,2	20,1
ras el ma	1956	15,1	420	10,8	20,6
ras el ma	1957	14,5	462	10,2	19,8
ras el ma	1958	14,5	495	10,3	19,8
ras el ma	1959	15,6	387	11,3	21,1
ras el ma	1960	15,1	438	10,5	20,6
ras el ma	1961	14,4	513	10,1	19,8
ras el ma	1962	14	375	9,8	19,2
ras el ma	1963	15	699	10,6	20,3
ras el ma	1964	15,1	450	10,8	20,5
ras el ma	1965	14,7	309	10,2	20,2
ras el ma	1966	13,9	390	9,5	19,5
ras el ma	1967	13,4	579	9,3	18,5
ras el ma	1968	14,6	795	10,7	19,6
ras el ma	1969	14,4	312	10,1	19,6
ras el ma	1970	14,8	501	10,5	20,1

ras el ma	1971	14,8	471	10,3	20,5
ras el ma	1972	14,2	675	9,8	19,5
ras el ma	1973	14,8	501	10,2	20,4
ras el ma	1974	15,1	339	10,7	20,8
ras el ma	1975	14,3	315	9,9	19,9
ras el ma	1976	15	285	10,3	20,8
ras el ma	1977	14,8	552	10,5	20,3
ras el ma	1978	15,1	423	10,7	20,5
ras el ma	1979	14,7	528	10,4	20,1
ras el ma	1980	13,9	597	9,9	18,9
ras el ma	1981	14	372	9,8	19,2
ras el ma	1982	14,4	612	10,3	19,5
ras el ma	1983	14,2	354	9,8	19,7
ras el ma	1984	14	513	10	19,1
ras el ma	1985	13,9	570	9,8	19
ras el ma	1986	14,9	306	10,5	20,4
ras el ma	1987	15,4	231	10,9	21,1
ras el ma	1988	15,9	171	11,2	21,9
ras el ma	1989	15,4	318	11	21,1
ras el ma	1990	15	414	10,4	20,7
ras el ma	1991	14,4	303	10	19,9
ras el ma	1992	15,3	279	10,7	21
ras el ma	1993	14,1	537	10,1	19
ras el ma	1994	14,3	501	10,2	19,4
ras el ma	1995	15,5	351	11,2	20,9
ras el ma	1996	15	213	10,4	20,7
ras el ma	1997	15	567	10,6	20,8
ras el ma	1998	14,3	264	10	19,7
ras el ma	1999	15,1	378	10,6	20,6
ras el ma	2000	15,2	228	10,6	20,9
ras el ma	2001	15,8	324	11,2	21,6
ras el ma	2002	17,2	345	12,5	23,1
ras el ma	2003	15,6	465	11,1	21,3
ras el ma	2004	15,8	414	11,4	21,3

ras el ma	2005	14,9	390	10,3	20,6
ras el ma	2006	15,8	324	11,2	21,6
ras el ma	2007	17,2	345	12,5	23,1
ras el ma	2008	15,6	465	11,1	21,3
ras el ma	2009	15,8	414	11,4	21,3
ras el ma	2010	14,9	390	10,3	20,6
ras el ma	2011	16,3	210	11,8	21,9
ras el ma	2012	16,5	375	12	22,2
ras el ma	2013	15,6	189	11	21,2
ras el ma	2014	16	231	11,3	22
ras el ma	2015	15,2	453	10,8	20,6
ras el ma	2016	15,8	330	11,2	21,6
ras el ma	2017	16,4	228	11,7	22,4
ras el ma	2018	15,8	636	11,5	21
ras el ma	2019	15,9	249	11,3	21,7
ras el ma	2020	16,4	669	12,1	21,7
ras el ma	2021	16,3	348	12,1	21,7
ras el ma	2022	15,3	573	11	20,7
ras el ma	2023	15,8	378	11,4	21,4
ras el ma	2024	16,9	255	12,4	22,7
ras el ma	2025	15,5	606	11,4	20,7
ras el ma	2026	15,4	600	11,2	20,7
ras el ma	2027	17,2	375	12,6	23,1
ras el ma	2028	15,7	345	11,5	20,9
ras el ma	2029	15,7	402	11,5	21,2
ras el ma	2030	17,8	252	13	23,6
ras el ma	2031	15,3	390	10,9	21,9
ras el ma	2032	16,2	546	12	22,2
ras el ma	2033	16,4	315	11,7	21,2
ras el ma	2034	16,2	300	11,5	22
ras el ma	2035	15,6	396	11,4	20,6
ras el ma	2036	17,1	213	12,5	21,6
ras el ma	2037	16	411	11,7	22,4
ras el ma	2038	16,3	297	11,8	21

ras el ma	2039	16,1	393	11,4	21,7
ras el ma	2040	17,3	159	12,4	21,7
ras el ma	2041	16,7	315	12,2	22,3
ras el ma	2042	15,6	342	11,3	21,2
ras el ma	2043	16,7	414	12,3	22,2
ras el ma	2044	16	369	11,6	21,8
ras el ma	2045	18,6	210	13,6	24,8
ras el ma	2046	17	270	12,4	22,7
ras el ma	2047	16,1	420	11,8	21,5
ras el ma	2048	17,3	159	12,7	23,3
ras el ma	2049	17,8	261	13,1	23,8
ras el ma	2050	16	429	11,7	21,5