

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université d'Oran 2 Mohamed BEN AHMED

Faculté des sciences de la terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire



## Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme  
de Master en Géographie et Aménagement du Territoire

**Option : CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ADAPTATION**

Titre :

### **L'impact de Changement climatique sur les ressources superficielles en eau dans la wilaya de Mostaganem (cas du barrage kramis)**

Par :

RACHI Ilham

Soutenu / 03Juillet 2017, devant la commission d'examen :

Noms et prénoms	Etablissement	Qualité
GHODBANI Tarik	Université d'Oran 2	Rapporteur.
BELLAL Sid-Ahmed	Université d'Oran 2	Examineur.
AIT MENGUELETTE Zoulikha	Université d'Oran 2	Président.

Promotion : 2017

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# Dédicaces

*A dieu puissant qui ma aider de faire ce travail.*

*En témoignage de tous mon amour, je dédier ce mémoire :*

*A ma chère mère qui m'a donné toute l'affection et l'amour durant toute ma  
vie.*

*A mon cher père qui a tout donné que ce jour arrive.*

*A mes chers sœurs  
Djazia, Khadija*

*A tous mes amies son exception*

*SAFIA, SALIMA, YAMINA, AICHA, NURIA, KHAIRA, ABBAS, TOUFIK,  
ABDERAHMANE, MOHAMED,  
A ma promotion.*

*A tous ceux avec qui j'ai passé de bons moments tout au long de ma vie.*



*ILHAM*



# Remerciement

*Tout d'abord nous remercions DIEU tout puissant de nous avoir donné la fois et le courage de mener à terme ce modeste travail.*

*Notre profond respect et remerciement vont en premier lieu à notre encadreur Mr GHODBANI TARIK pour son excellente collaboration, en mettant à notre disposition tous ses précieux conseils qu'il nous a donné pour la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons ainsi exprimer notre connaissance aux membres de jury d'avoir accepté de participer dans la commission d'examen.*

*Sans oublier de remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour l'élaboration de ce modeste travail, en particulier :*

*Abdeldjalil Samira Amouria khaira naima*

*Merci.*



*RACHI ILHAM*



# Sommaire :

Introduction.....01

## CHAPITRE I: ETUDE DE MILIEU PHYSIQUE

1.situation géographique.....	06
2. la géomorphologie .....	07
3.La géologie.....	09
3.1Quaternaire.....	09
3.2Miocène .....	11
3.3. Pliocène.....	11
3.4. Le crétacé .....	12
3.5.Trias .....	12
4. la hydrographique.....	12
4.1. Mesure de la longueur des cours d'eau .....	12
4.2.Profil en long de barrage Kramis.....	15
5. hydrogéologie.....	17
6. La hydrologie_ .....	22
7. L'OCCUPATION DE SOL .....	24
7.1 Culture pérennes.....	25
7.2Cultures annuelles.....	26
7.3. Agruculture.....	27

## II. LES ETUDES CLIMATIQUE

Introduction.....	30
1. La précipitation.....	32
1.1. Précipitations mensuelles .....	32
1.2 Précipitations saisonnières.....	33

2. Les températures.....	34
3. Synthèse bioclimatique .....	36
3.1 Climagrammes hygrothermiques.....	37
3.2 L'indice d'aridité de DEMARTONNE .....	38
3.3 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	39
3.4 -Le climagramme d'EMBERGER : .....	42
3.5 L'indice de THORNTHWAITE .....	44
3.5.1 L'évapotranspiration potentielle (ETP).....	44
3.5.2. Evapotranspiration réelle ( ETR ) .....	46
3.5.3 INDICE GLOBAL (IG) .....	49
<u>CONCLUSION</u> .....	50
 <b><u>CHAPITRE III : l'impact humain sur le climat local</u></b>	
Introduction.....	53
1. Méthode et matériel utilisé.....	53
2. Rappel théorique et applicat.....	55
<b>3. Inconvénients de l'interprétation</b> .....	56
4. Acquisition des données .....	57
5. Les différentes phases de traitement.....	59
5.1 Le prétraitement.....	59
5.2 Les corrections radiométriques.....	60
5.3 Les corrections géométriques .....	60

5.4Rehaussement de l'image .....	60
5.5Transformation de l'image .....	61
CONCLUSION.....	66
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>67</b>

## **INTRODUCTION**

Les experts scientifiques ont déterminé un phénomène qui ne cesse de prendre de l'ampleur vu le risque qu'il présente pour l'humanité. Ce phénomène est celui du changement climatique.

Des vérifications et suivis de l'évolution de plusieurs paramètres climatiques relatifs à la température, humidité, vent et évaporation ont permis de valider l'hypothèse d'existence et de persistance de ce phénomène.

Le changement climatique a fait l'objet de nombreux travaux à savoir ceux de J. CHOURCADE et P. DUMAS ( 2000) , J. ALIBOU(2006) et BAGHDADLI . I (2014).

Pour aller plus loin dans les hypothèses, des observations et des données ont été recueillies sur des phénomènes naturels qui commençaient à présenter des risques majeurs pour l'environnement et l'humanité. Si on parle d'aléa climatique, on parlera d'extrêmes climatiques à savoir sécheresse et inondations, de la fonte accélérée des neiges qui sont les conséquences directes et perceptibles de ces changements (Mr BARDADLI .I)

Ce phénomène est devenu une préoccupation majeure dans le cadre du développement durable vu que le climat est un paramètre qui a un impact direct sur les ressources naturelles et en particulier, sur l'élément vital qui est l'eau. Par conséquent, ces changements ont une répercussion sur différents secteurs telle que l'hydraulique, l'agriculture, la santé et l'économie.

Entre autre, ces bouleversements climatiques perturbent la faune et la flore ainsi que l'équilibre de tout l'écosystème. Dans ce contexte, l'exploitation et la gestion de l'eau est un enjeu de grande



importance. Irrémédiablement, Les systèmes hydraulique sont affectés par le changement, en terme quantitatif et qualitatif (ex ; augmentation de la salinité).

Cette étude consiste à analyser et vérifier d'éventuel changement climatique par l'exploitation des données anciennes et récentes et mettre en évidence l'impact du changement climatique sur la région du kramis suite à la construction d'un important barrage durant les années 2000. Ce barrage (comme la majorité des barrages) est destiné à réguler le débit du cours d'eau et en stocker l'eau pour différents usages tels que l'alimentation en eau potable (AEP) et l'irrigation. Ainsi l'important volume d'eau stocké depuis plus d'une dizaine d'année a conduit à une augmentation du taux de l'humidité dans l'air et le sol ainsi qu'à l'élévation du niveau piézométrique des nappes souterraines et par conséquent un changement significatif en matière de la composition de la couverture végétale.

## **Méthodologie**

Afin de vérifier cette corrélation nous avons opté par deux méthodes ; la première est la comparaison entre deux périodes de données climatiques issues de la même station climatique (**1913-1938 et 1980-2010**). La comparaison s'est faite par l'application de plusieurs formules et modèles mathématiques :

- Les climagrammes hygrothermiques
- l'indice de DEMARTONNE, qui est un indice d'aridité
- l'indice d'EMBERGER qui permet de situer la station dans un étage bioclimatique

- le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN qui permet de donner la période de sécheresse

- l'indice de THORNTHWAITE qui permet de donner le bilan hydrique.

L'objectif ici est de vérifier si des changements climatiques ont vraiment eu lieu et de mesurer leur importance.

Pour la deuxième méthode on s'est basé sur la télédétection par le calcul de l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI), qui est une méthode efficace pour l'étude des changements affectant la couverture végétale à travers la mesure de l'activité chlorophyllienne durant un laps de temps (avant et après la construction du barrage).

L'organisation des résultats a été faite selon trois chapitres :

- Un premier chapitre qui traite les caractéristiques naturelles de la région d'Achaacha intégrant la zone d'étude.

-Un deuxième chapitre qui sera consacrée à une étude climatique détaillée.

-Un troisième chapitre qui traitera le changement affectant la couverture végétale par le calcul de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI).

Enfin une conclusion générale qui englobe une synthèse relatant le déroulement de notre travail pour l'ensemble des chapitres.



# *Chapitre 01:* *étude de milieu physique*

## *Chapitre 01: physique* *étude de milieu physique*

### ***Introduction***

Le bassin du Chéelif est situé dans l'atlas tellien de l'Algérie occidentale. Il est constitué par une succession de plaines, les plateaux et de collines orientés suivant une direction E-W à NE-SW. Au nord, les collines bordières élevées de 650m sont adossées aux monts de l'Atlas Tellien, le Dahra et le Boumaâd d'altitude moyenne de 800m et 1000m. Au sud, elles butent contre les monts de l'Ouarsenis (1985m).

La grande étendue du bassin, 500km d'Est en Ouest et 25 à 75km du Nord au Sud, a nécessité sa subdivision en Haut, Moyen et Bas Chéelif (Perrodon A, 1957).

La zone du bassin de Chéelif couvre cinq wilayas, Chlef, Relizane, Oran, Mascara, et Mostaganem (où se situe notre zone d'étude)

## **1. Cadre géographique :**

### **1.1. Localisation géographique générale**

La zone d'étude, appelée « plateau des Achaachas», se situe dans la partie occidentale du Tell algérien, à une vingtaine de km au nord- et de la ville de Mostaganem à l'Est de l'embouchure de

l'oued Chélif.

(Fig.n°1). Le

barrage Kramis

est situé sur

l'oued Kramis en

correspondance à

la confluence

entre l'oued

Nekmaria et

l'oued kramis, à

quelques

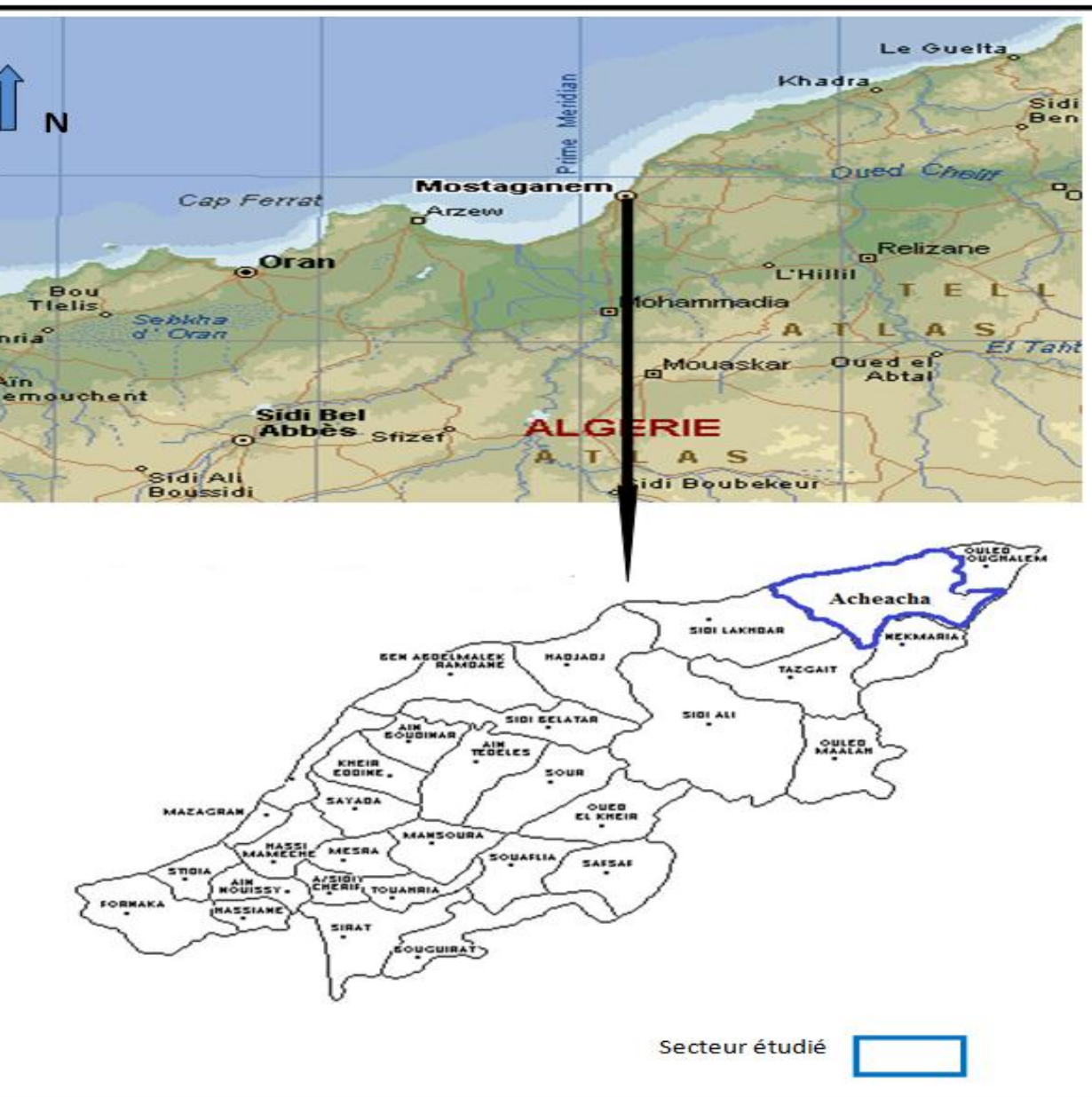
kilomètres de

l'embouchure au

sud. L'utilisation

principale de

l'eau du barrage



est l'alimentation en eau potable de la population des monts Dahra et l'irrigation des cultures dans la parties nord estde la wilaya de Mostaganem.

## Figure n°01: localisation géographique de la wilaya de Mostaganem

et la commune de Acheacha (Google earth).

### 1. 2La géomorphologique

Les principaux éléments géomorphologiques observés dans la région d'Achaacha sont décrits ci-après d'après l'étude de (Belkebir 1986) et de (Fenet, 1975)

Terrasses fluviales : elles sont concentrées dans le fond de la vallée, ou on en a reconnu au moins deux ordres.

Niches d'arrachement : c'est la zone du détachement des glissements .la niche principale est située sur la rive droite de l'oued, où est localisé effectivement le phénomène ébouleux principal, en termes de dimensions et de volumes de matériaux transportés, observable dans le secteur analysé.

Niches de dimensions plus réduites se trouvent dans le reste de la zone, notamment sur la rive gauche de la cuvette. Ces niches d'arrachement se présentent parfois encore actives et en recul, comme en témoigne la présence de crevasses.

Crevasses : il s'agit de dépressions linéaires, expressions d'ouvertures le long de surfaces verticales ou très inclinées et de fracturation ouvertes visibles sur la couverture superficielle des débris. Des crevasses sont visibles sur les deux versants pris en considération.

Terrasses morphologiques : il s'agit de surfaces plus ou moins horizontales interrompues par des gradins morphologiques ou des parois observables sur les versants, soit au droit soit à la gauche orographique. Dans certains cas, elles signalent probablement des niches

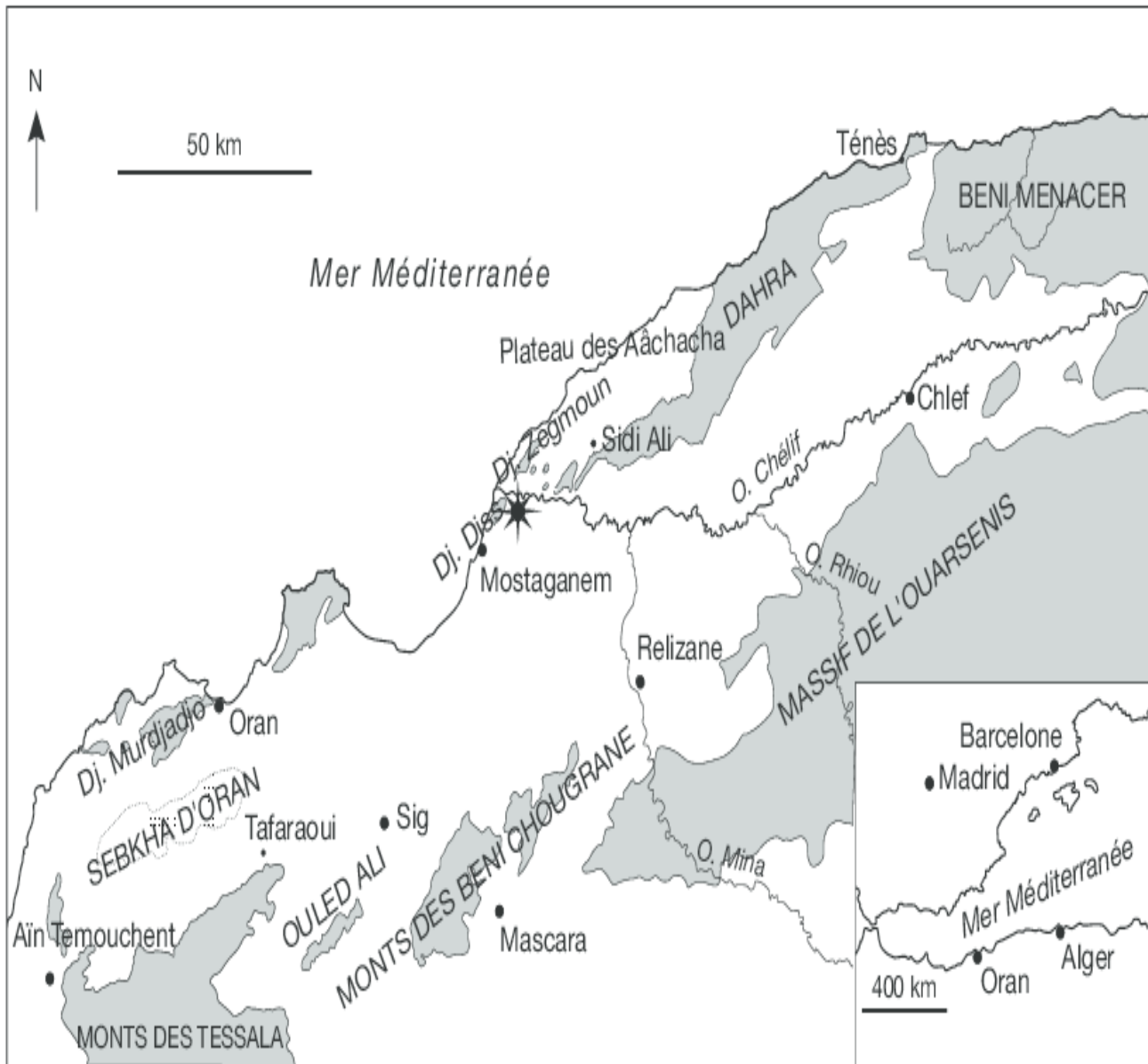
d'arrachement non plus actives : c'est le cas, par exemple, de la limite de terrasse visible à la gauche orographique à un niveau de 130m environ.

Contre-pente, c'est-à-dire l'évidence superficielle d'une inclinaison positive isolée ou associée à un escarpement avec manifestation de collapsus ou glissements. (Belkebir 1986).

Ce plateau comporte deux secteurs :

Une frange littorale ou domine les dunes littorales et les formations gréseuses du Quaternaire dessine un arc qui est peut être le résultat de l'action des vents dominants et de la houle sur les structures régionales. Un plateau qui s'étend sur une superficie de 350 km<sup>2</sup> son altitude qui décroît d'Est en Ouest est comprise entre 150 et 200 mètres (carte n°1).





**Carte n°1 : La géomorphologie de la zone d'étude**

**I -3-La géologie**

### **I.3.1. Quaternaire :**

Dépôts colluviaux qui donnent lieu à une couverture de formes par des galets de marne et de grès immergés dans une abondante matrice principalement sablonneuse et argileuse ; localement, on trouve aussi des niveaux avec présence de gypse. Des éboulis de dépôts à bloc accumulés à la base des parois rocheuse. Ces dépôts sont formés par des blocs de dimension variable (centimétrique à décimétrique) avec une matrice faible ou absente.

Dépôts alluviaux localisés le long du fond de la vallée, ils sont constitués par des éléments argileux limoneux et sablonneux limoneux ; vers le bas, à ceux-ci s'intercalent des niveaux de puissance métrique de graviers et des dépôts à blocs de dimension décimétrique.

Dépôts torrentiels qui sont liés à l'activité éphémère des torrents : on trouve donc des dépôts à blocs alternés à sables et sables limoneux. Localement ce sont des dépôts organisés en cônes de déjection ils sont localisés là où le gradient topographique change.

Dépôts d'accumulation de glissement : ils sont formés par des galets et des blocs allant de quelques décimètres à plusieurs mètres de marne, de grès, de roches carbonatées et cristallines ; la matrice a une composition variable, de sableuse argileuse à sableuse graveuse.

Dépôts liés à des coulées de boue et des débris, très répandus dans le site (débris flow).

Les dépôts se présentent généralement sans gradation et sont constitués par des galets de marne, de grès et de grands blocs provenant de la remobilisation des conglomérats du Pliocène ; la matrice est généralement formée par des terres limoneuses- argileuses.

### **I.3.2.Miocène:**

Le miocène sublittoral de l'Algérie occidentale forme un cycle sédimentaire complet qui se divise en deux ensembles : Miocène inférieur et Miocène supérieur. L'inférieur est caractérisé par une vaste transgression touchant tout le domaine algérien, il est représenté par des marnes bleues d'épaisseur plusieurs milliers de mètres, ces marnes passent latéralement et verticalement, à des grès marneux ; à des marnes bariolées ou à des conglomérats marins ou continentaux (Fennet, 1975). Le supérieur est un cycle précédé d'une phase d'érosion active accompagnée de l'accumulation de séries continentales puis la transgression messinienne se développe elle

n'envahit que très progressivement les horsts littoraux ainsi que les monts de Tessala. En général le Miocène comprend les Conglomérats grossiers mal classés et des Marnes noires, gypseuses à huîtres et à intercalations de quelques passées microbréchiques vers la base, ces marnes sont d'origine lagunaire. Enfin des Marnes franchement marines (Fenet, 1975, Belkebir, 1986).

### **I.3.3.Pliocène**

La Pliocène forme dans le bassin du Bas Chéelif un cycle sédimentaire complet qui débute par une transgression sur les séries gypseuses de la fin du Miocène pour se terminer par la régression Plais ancienne .Il est composé par les formations en relation avec le niveau détritique de base, bathypélagique, transgressive et discordante sur le Miocène, des grés marins et continentaux.

### **I.3.4.Le crétacé**

Il formé des marnes et des argiles avec de couches de grés quartzitique et des nodules fer érugineux

### **I.3.5.Le Trias**

Il est constitué d'argile ou de marnes plus ou moins gypseuses et saleés

## **I.4.-l'hydrographique**

Les lois pratiques qui ont été mise en œuvre par HORTON en 1945 et modifiée par S.A.SHUM en 1954, permettent de dresser en préliminaire un plan complet du réseau hydrographique puis de dénombrer les thalwegs et de mesurer leurs longueurs. Une classification par ordre et étude du chevelu hydrographique est basée sur l'ordre 1 qui désigne un cours d'eau sans affluent et tout

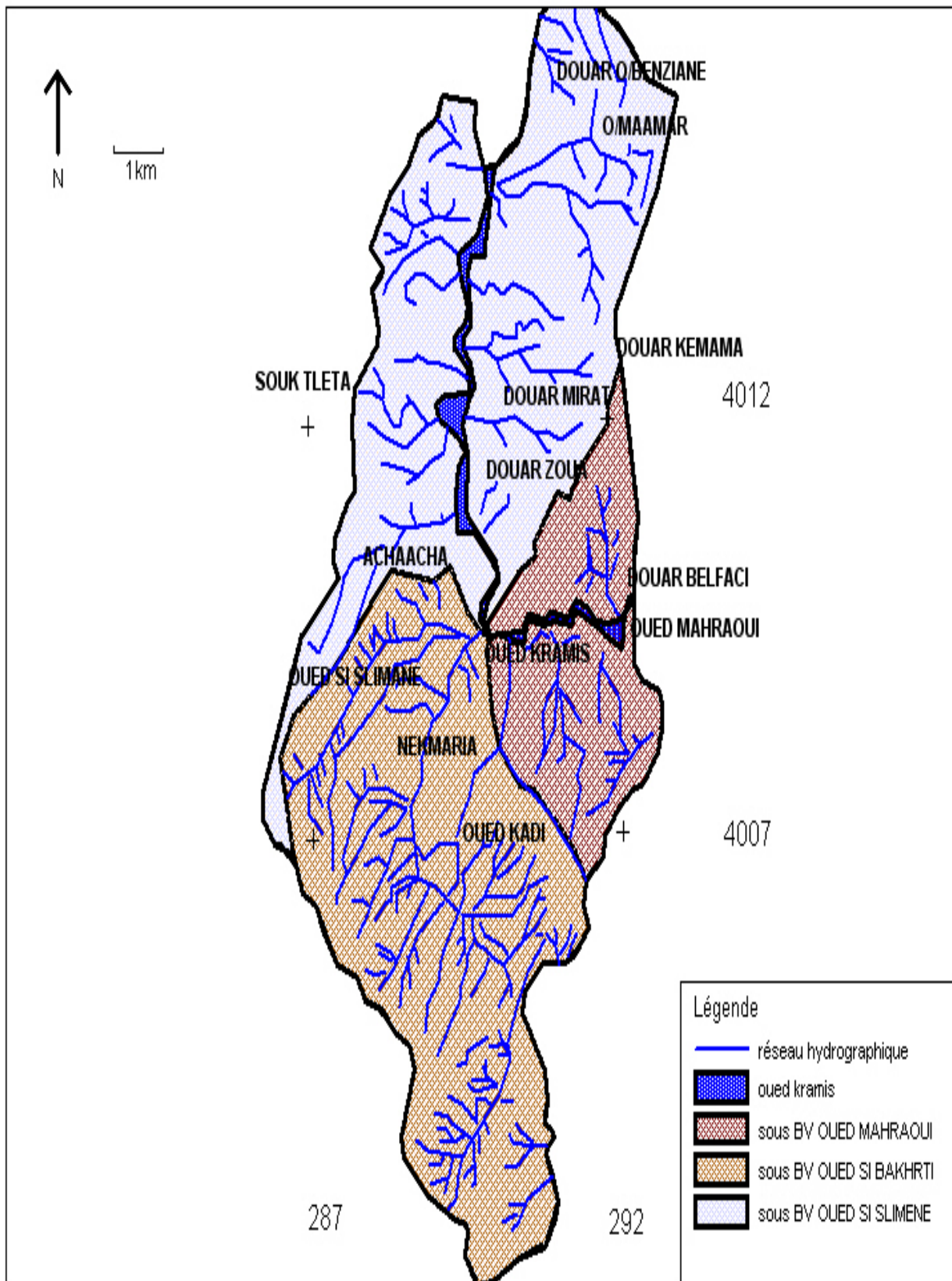
tronçon de rivière formé par la réunion de deux cours d'eau d'ordre  $< n >$  et d'ordre  $< n + 1 >$  selon SHUM.

#### I.4.1.Mesure de la longueur des cours d'eau

La longueur des cours d'eau principaux et de leurs affluents a été mesurée à l'aide d'un curvimètre. La longueur représentative pour chaque ordre sera donc égale à la longueur totale de tous les thalwegs de même ordre. Ainsi le bassin versant intégrant le barrage kramis sur la base de cette réflexion se présente comme suit :

**Tableau 01: Longueur cumulées et moyennes du barrage Kramis**

Nombre d'ordre	Nombre de thalwegs	Longueur (km)	Longueur cumulée (km)	Longueur moyenne (km)
1	1569	784.50	1919.70	0.50
2	493	542.30	1135.20	1.10
3	168	352.30	592.90	2.10
4	45	166.50	240.10	3.70
5	5	36.00	73.60	7.20
6	1	37.60	37.60	37.60
Total	2281	1919.70	3999.10	52.20



Carte n° 02 : Carte hydrographique du bassin versant du kramis

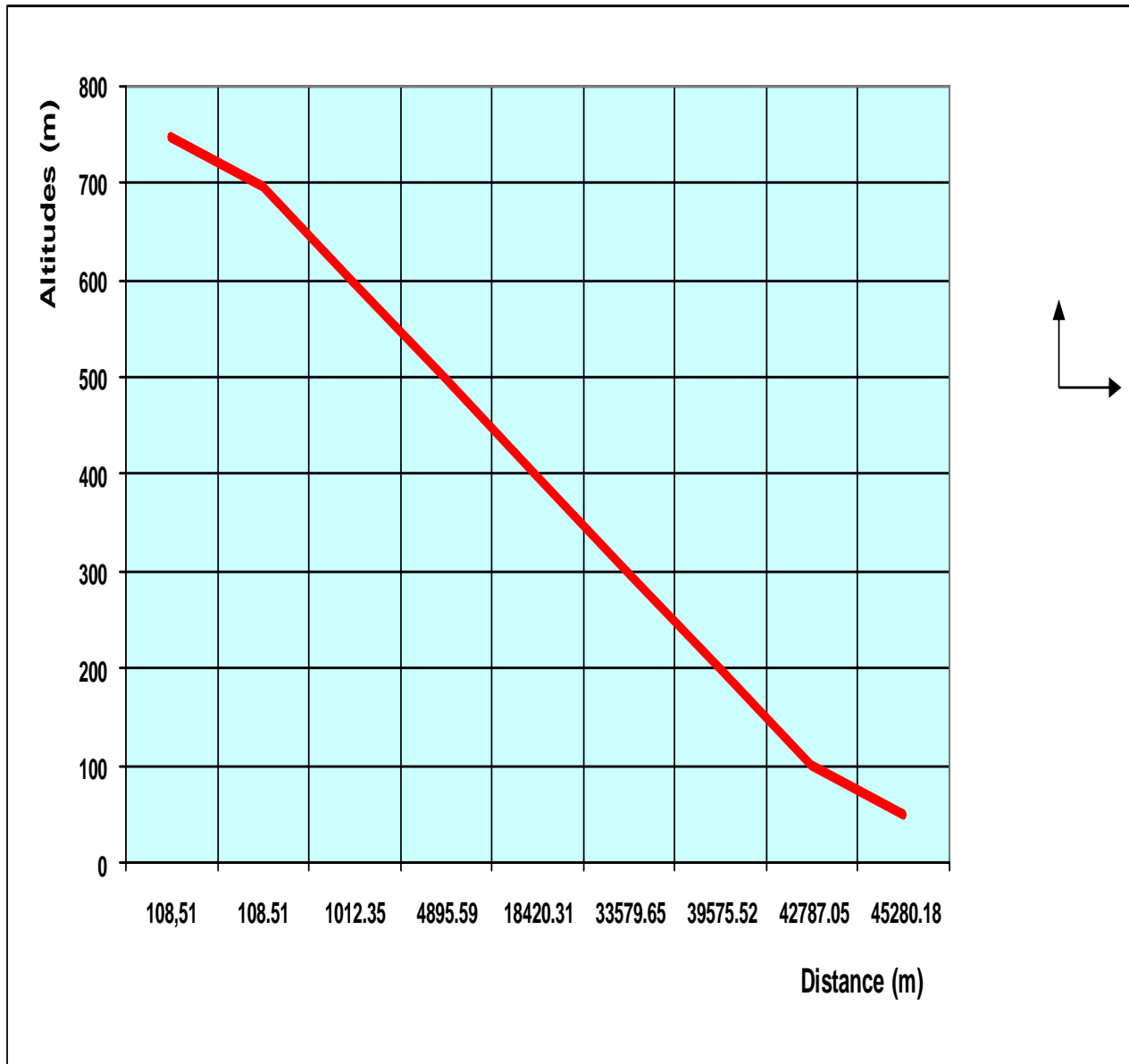
### I.4.2. Profil en long de barrage Kramis

Il est obtenue en portant en abscisse les longueurs développées du lit de l'oued et en ordonnées l'altitude du fond (ou de la cote de l'eau). A défaut d'avoir ces données on dressera des profils en longs approximatifs d'après les cartes des courbes de niveau et mesurant les distances à partir de l'exutoire à l'aide d'un curvimètre.

**Tableau 02: Calcul de la longueur totale de barage Kramis**

Altitudes (m)	Distances partielles (m)	Distances partielles cumulées (m)	Dénivelée (m)	Pentes (%)
700 – 750	108.51	108.51	50	46.07
600 – 700	903.84	1012.35	100	11.06
500 – 600	3883.24	4895.59	100	2.57
400 – 500	13524.72	18420.31	100	0.74
300 – 400	15159.34	33579.65	100	0.66
200 – 300	5995.87	39575.52	100	1.66
100 – 200	3211.53	42787.05	100	3.11
50 - 100	2493.13	45280.18	50	2.00

**Figure n°02 :**  
**Profil en long**  
**de l'Oued**  
**Kramis**



**I.5. Hydrogéologie**

Le système de drainage du plateau des

Achaachas comporte

plusieurs oueds dont les principaux sont :L'oued Ouillis, l'oued Boughalem, sidi Moussa, Seddaoua, Titinguel, kaddous, El Abid, Roumane, Zerrifa et l'oued ramis et Oued Kramis.

Les études hydrogéologiques ont été réalisées dans le but de reconnaître les différents ensembles hydrogéologiques et de définir le niveau de la nappe sur les versants et le long de l'Oued.

Le niveau de perméabilité des ensembles hydrogéologiques qui ont été repérés a été attribué par rapport au classement AFTES 1992, d'après lequel on peut distinguer les 4 classes de perméabilité qui suivent :

K1 < 10 <sup>-8</sup> m/s	perméabilité très faible.
K2 de 10 <sup>-8</sup> à 10 <sup>-6</sup> m/s	perméabilité de moyenne à faible.
K3 de 10 <sup>-6</sup> à 10 <sup>-4</sup> m/s	perméabilité de moyenne.
K4 > 10 <sup>-4</sup> m/s	perméabilité de moyenne à haute.

Au niveau de site du barrage, les complexes hydrogéologiques suivants ont été reconnus :

Complexe colluvial argileuse et limoneux correspondant aux dépôts colluviaux situés sur les versants en rive droite et gauche de l'Oued Kramis. Le complexe est caractérisé par une perméabilité en général faible, avec des valeurs de K allant d'environ 10<sup>-6</sup> m/s à 10<sup>-8</sup>m/s.

Complexe des dépôts à blocs, on le retrouve en général sur les versants et il est constitué par des éboulis, des dépôts torrentiels et des dépôts d'accumulation de glissements. En raison de la composition, notamment de matériaux grossiers avec des matériaux fins vaseux sablonneux, la perméabilité est en général de moyenne à faible, avec K qui varie entre 10<sup>-5</sup> et 10<sup>-7</sup>m/s.

- Complexe alluvial correspondant aux dépôts le long de l'oued kramis, dépôts de coulées et torrentiels et dépôts d'accumulation de glissements. Ledit complexe est constitué, au niveau du lit de l'oued kramis, par des graviers et des sable intercalés dans des niveaux argileux-limoneux et il est caractérisé par une perméabilité qui varie entre 10<sup>-5</sup>et 10<sup>-8</sup> m/s ; dans ces dépôts, on trouve



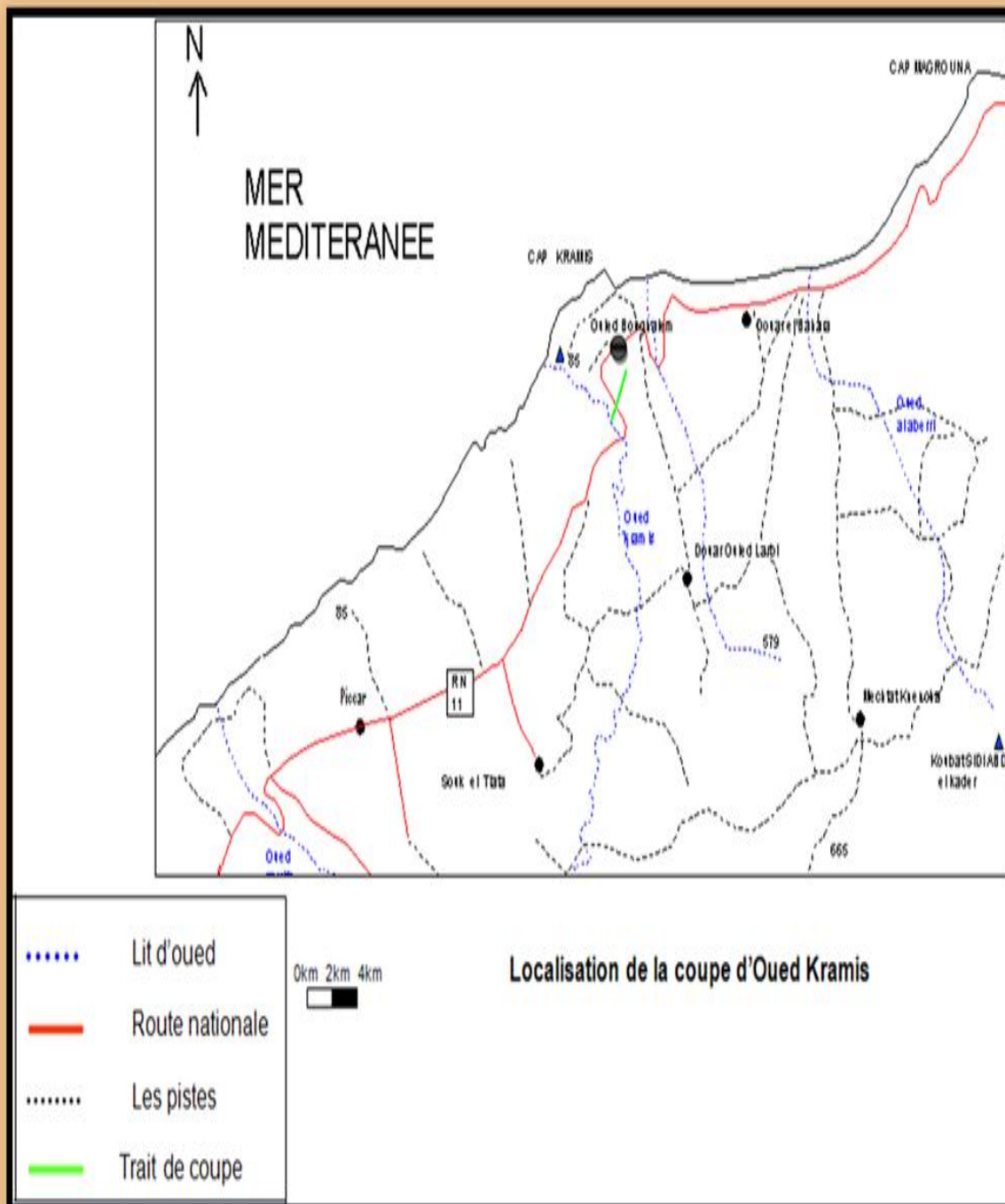
une nappe phréatique, alimentée par l'oued kramis et par l'eau de drainage des versants, située à peu à 2 et 6m du niveau du terrain.

- Complexe marneux correspondant au substratum marneux au-dessous des dépôts alluviaux-colluviaux.

En général la nappe est contenue entre les dépôts quaternaires (colluvions) et elle va en diminution en direction de l'oued. La direction de l'écoulement dans les marnes fracturées est influencée par le degré de fracturation et par la composition minéralogique.

Les mesures effectuées sur le site concernaient la conductivité tant de l'eau superficielle que de l'eau de la nappe ; les valeurs qu'on obtenues sont d'environ 4700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (à  $T=270\text{ C}$ ) pour l'eau prélevée de l'Oued kramis et d'environ 2700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour l'eau qui a été prélevée dans le forage SC12 à la profondeur de 21m (à  $T=220\text{ C}$ ).

Les résultats de l'analyse de laboratoire montrent que l'eau est très minéralisée (conductivité d'environ 6000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), très dure (valeur 1700 F) et avec un faciès chlorure-sodique.



**Figure n°03:localisation géographique du barrage kramis**

## Tableau 03 synthèse hydrogéologique

Bassins Hydrogéologiques	Superficie en Km <sup>2</sup>	Ecoulement	Gradient Hydraulique dans le sens de l'écoulement	Exutoires
Zerrifa- ramis	74	Sud- Nord	2.7 à 3,4 %	Mer
Oued Kramis	8.8	Sud- Nord	2.9.10 <sup>-3</sup>	Douar zouabria
Oued Kramis- Kaddous	11	Sud- Nord	3.10 <sup>-3</sup>	Sources ver le barrage
Oued Kaddous	24.4	Sud- Nord	11.9.10 <sup>-3</sup>	?????
Oued Kaddous-Zerrifa	24.2	Est-Ouest Nord-Est- Sud-Ouest	26.10 <sup>-3</sup> 1.5 à 4.10 <sup>-3</sup> 19.5.10 <sup>-3</sup> 1.5 à 4.10 <sup>-3</sup>	Captée douar ouledbouziane.
Zerrifa	5.4	Sud- Nord Sud- Est- Nord- Ouest	34 à 40.10 <sup>-3</sup> 4 à 5.10 <sup>-3</sup>	Sources de zerrifa
abbid	8.6	Nord-Est Sud-Ouest	62.5.10 <sup>-3</sup> 25.10 <sup>-3</sup>	Sources ouillis
Roumane	3.8	Nord-Est Sud-Ouest	26.7.10 <sup>-3</sup>	mer
Ain Titinguel	19.1	Nord-Est Sud-Ouest	58.10 <sup>-3</sup> 43.10 <sup>-3</sup> 3.10 <sup>-3</sup>	Coule autour du bassin
Seddaoua	19.5	Nord-Est Sud-Ouest	37.5.10 <sup>-3</sup> 4.10 <sup>-3</sup> 60.10 <sup>-3</sup>	Captée pour petit port
AbbidSeddaoua	40.7	Nord-Est Sud-Ouest	33 à 100.10 <sup>-3</sup> 2.10 <sup>-3</sup> 17 à 25.10 <sup>-3</sup> 11.4.10 <sup>-3</sup>	Sidi lakhdar.

## I.6. Hydrologie :

Dans l'étude hydrologique de l'avant-projet détaillé mené par , a évalué la disponibilité hydrique moyenne sur la base d'une pluviosité moyenne annuelle de 710 mm déduite des cartes du chaumont. La méthode des topohyètes (méthode de Thiessen) a été adoptée dans la présente étude en utilisant les précipitations des stations de Khadra (hannua =380 mm) et de Sidi M. Ben Ali (hannua=445 mm) ; on a obtenu une pluviosité moyenne annuelle de 439 mm. Compte tenu du fait que la précipitation de Khadra se rapporta à une période peu pluvieuse – après 1972 – cette valeur doit être considérée avec une certaine réserve. En utilisant le coefficient d'écoulement 0.232, observé sur le fleuve Allah et déjà utilisé dans l'A.P.D., le volume annuel moyen affluant au lac est par conséquent de 30,58 Mm<sup>3</sup>.

On remarque qu'en avril 2001 le département de l'Hydrologie du Ministère des Ressources en Eau, représentée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), a émis la "Note technique sur l'évaluation de l'apport moyen annuel au site du barrage projeté sur l'oued Kramis", dans laquelle il évalue le volume moyen annuel affluant à 27 Mm<sup>3</sup>.

Dans le tableau suivant sont reportées les valeurs de l'afflux liquide au barrage de Kramis prises en considération dans les différentes études.

Tableau04 : Les valeurs de l'afflux liquide au barrage Kramis

MON 1987	ENHYD 1993	ANRH 2001	PRESENTE ETUDE
----------	------------	-----------	----------------

Mm3	49,40 Mm3	Analogique 27,38 Mm3 Modèle NAM 32,64 Mm3 équation synthétique 25,62 Mm327,06 Mm3	30 Mm3
-----	-----------	---	--------

Source :ANBT

En définitive les apports ont été estimés à 30 Mm3 et par conséquent, pour le calcul de la régulation du réservoir, on a assumé l'historique des apports mensuels du bassin à hauteur de ceux de l'A.P.D. multipliés par 0,6(30 Mm3 / 50Mm3). Le volume solide des sédiments a été par ailleurs calculé selon la même étude et avec les mêmes critères que ceux de l'A.P.D à 9.74 kg/m3.



**Photo n°01 : Zone d'embouchure de l'Oued Kramis (ANBT)**



**Photo n °02 : Plan d'eau du**



**barrage(ANBT)**

**Photo n °3: Ecoulement d'O Kramis(ANBT)**

## **I.7.L'OCCUPATION DE SOL:**

L'étude du couvert végétal de la zone d'intérêt a été réalisée par photo-interprétation. Les images fournies par le satellite ASTER avec une résolution de 15 sur 15 mètres prise en Juillet 2001, offre une meilleure perception du couvert végétal (fig. 4).

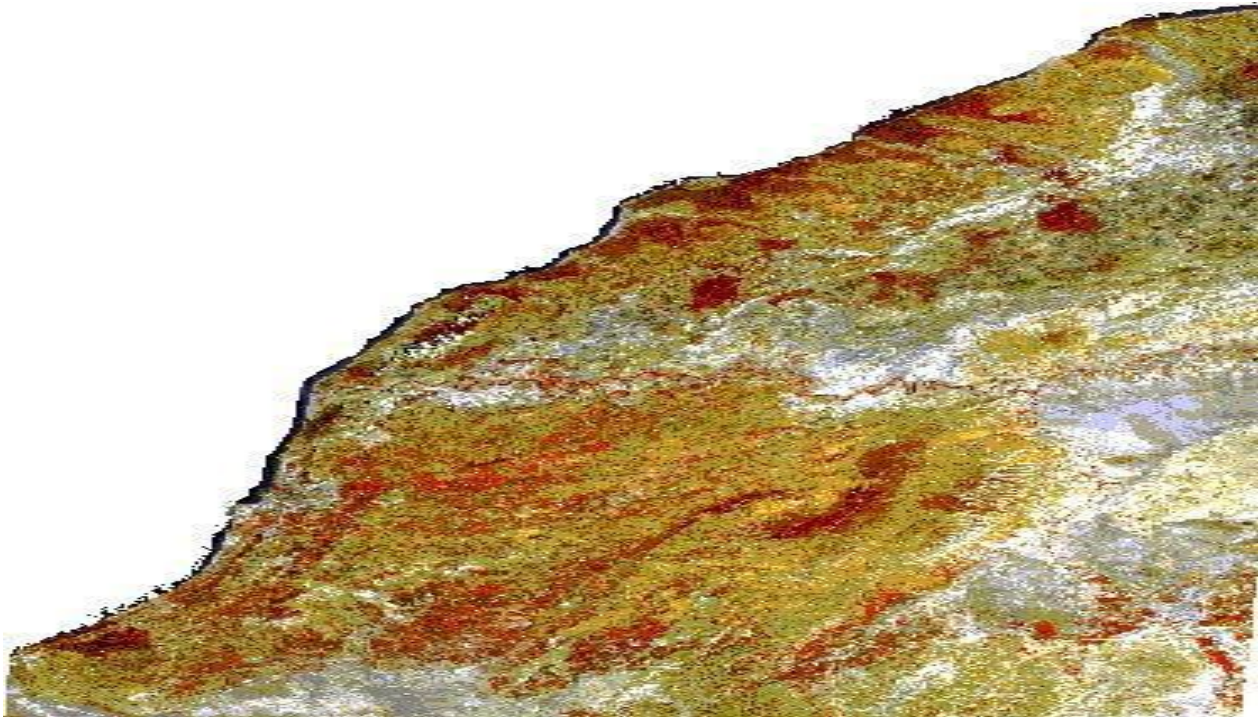


Figure n° 4 : Image du couvert végétal en couleur rouge

Pour le couvert végétal permanent, la végétation essentielle est constituée par des :

**I.7.1 Culture pérennes** comme les amandiers, l'olivier, la vigne qui sont pratiquées sur des sols rouges sur sables.

Un couvert forestier composée en majorité d'espèces comme le Pin d'Alep, l'Acacia et des Associations oléo-lentisque (olivier, lentisque) .

Un maquis plus ou moins dense de formation basse comme l'olivier sauvage et des variétés de lentisques qui se trouvent sur les glacis alluvial au pied de la montagne.

Reboisement par des essences de Pin d'Alep, l'eucalyptus et de l'Acacia. On observe aussi des plantations d'Atriplex

### I.7.2 Cultures annuelles

Les paysans cultivent généralement la céréaliculture (blé tendre, blé dur, et orge)

Ces spéculations sont pratiquées sur les sommets de collines et des sols profonds à proximité de barrage kramis et ainsi toutes les vallées des oueds de la zone d'étude.

Les cultures maraichères occupent les secteurs irrigués situés dans les valles de barrage. On y rencontre des espèces variées comme la pomme de terre ;( la fève, l'oignon et les petit pois)

PRODUCTION VEGETALE	ACHAACHA		KHADRA		NEKMARIA		O/ BOUGHALEM	
	Réalisation ( HA)	Production ( QX)	Réalisation ( HA)	Production ( QX)	Réalisation ( HA)	Production ( QX)	Réalisation ( HA)	Production ( QX)
Céréale	2019	28714	1385	19140	1390	17663	1407	20135
Fourrage	1090	39210	1078	38640	524	18450	555	18232



Legumes secs	209	1775	445	3700	85	690	207	1760
Maraichages Dont :	493	168850	257	77530	41	11172	341	122340
pomme dde terre	88	24200	51	13500	14	3200	38	11000
tomate	137	82860	66	42860	2	1112	104	64560
Oignons	22	5200	13	3050	6	1600	13	2550
Viticulture	91	3425	413	17090	15	550	45	1590
Noyaux Pépins	117	7345	146,5	10385	2077	54437	2710	242167
Oliviers	396	6150	123	2400	4154	108874	5420	484334
Total	4662	367729	3977,5	228295	8308	217748	10840	968668

**Tableau 05 : Occupation agricole dans les différentes zones de la wilaya de Mostaganem**

Source : DSA de Mostaganem 2017

### **I.7.3. Agriculture**

Les terres utilisées par l'agriculture occupent 21383 HA soit 16% de la SAU de la wilaya et les autres catégories (parcours, terres incultes, forêt et maquis) occupent 1643 HA .

On constate que les 04 communes de la daïra de Achaacha présentent les mêmes systèmes cultureux contrairement à la commune de Sidi-Lakhder qui elle se spécialise beaucoup plus dans la

viticulture. Cette tendance vers l'agriculture justifie l'intérêt des autorités gestionnaire en matière d'aménagement hydro-agricole pour venir au besoin en eau sans cesse en augmentation.

Le rapport TL : terres labourables /CP : cultures pérennes est égal à 1312 sidi Lakhder, ce qui indique la prédominance de l'arboriculture et maraichage. Par ailleurs les terres irriguées occupent 1544 ha pour les 5 communes et représentent 13960 de la SAU. Enfin les communes de khadra et O.boughalem ont plus de terres irriguées par rapport aux autres communes et par conséquent plus de consommation d'eau.

**Tableau N° 6 : La répartition des terres et leur occupation**

MUNE	IRRIGUEE	TERRE LABORATOIRE	CULTURES PERMANENTES	TERRAINS IMPRODUCTIFS	FORETS ET MAQUIS	GENERALE DES TERRES
AACHA	377	3821	613	1341	503	6358
DRA	404	3614	686	1485	1986	7863
MARIA	43	2037	231	1465	1432	5250
URALEM	235	2550	250	908	545	3483
HDAR	1544	1454	613600	1312	4877	13960

Source : DSA de Mostaganem 2016

## **Conclusion :**

Les sondages et l'étude de terrain relèvent l'existence de quatre types de formations qui sont du bas en haut :

- Le Trias : constitué d'argile ou marnes plus ou moins gypseuses et salées.
- Le crétacé : formé des marnes et des argiles avec de couches de grés quartzitique et des nodules ferrugineuses.
- Le Miocène: (Miocène inférieure, Miocène supérieure) : caractérisé par une vaste transgression touchant tout le domaine Algérien il est représenté par des marnes bleues d'épaisseur de plusieurs milliers de mètres, ces marnes passent latéralement et

verticalement, à des grès marneux ; à des marnes bariolées ou à des conglomérats marins ou continentaux pour la Miocène inférieure,

Ce cycle est précédé d'une phase d'érosion active accompagnée de l'accumulation de séries continentales puis la transgression messénienne se développe elle n'envahit que très progressivement les horsts littoraux ainsi que les monts de Tessala

- Le Quaternaire : caractérisé par Grès Calabriens et Formations dunaires.

## CHAPITRE II : étude climatique

## CHAPITRE II : étude climatique

## **Introduction**

Le climat est un élément très important du milieu, il résulte de l'action d'un ensemble de facteurs qui régissent l'atmosphère, le sol et la végétation d'une région. Son influence sur le rendement des cultures et la réussite d'un aménagement d'un espace n'est plus à démontrer. C'est un facteur essentiel du développement de la flore et de la formation et de l'évolution des sols. Ses principales composantes ont une influence importante, en occurrence les précipitations et les températures.

Les précipitations et les facteurs climatiques dans l'ensemble sont des variables très aléatoires dans le temps et dans l'espace, ils permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique dans sa conception la plus large.

Notre étude climatique portera sur la wilaya de Mostaganem par l'exploitation de données climatiques relatives à de station d'Achaacha et la station de Mostaganem. La Wilaya de Mostaganem compte plusieurs stations météorologiques réparties en différents sites. Le choix de la station d'Achaacha (pour les données anciennes) et de la station météorologique de Mostaganem (pour les données récentes) est justifié par le fait que le bassin versant de l'oued Kramis et le barrage se situe géographiquement dans la région de Achaacha, en plus, de la disponibilité des données climatiques de la zone en question.

Ces données porteront sur deux périodes de plus ou égale à 25 ans qui correspondent chacune d'elle à un cycle climatique important ou toutes les variations peuvent avoir lieu :

- Des données anciennes pour la période 1913-1938 ( données de SELTZER) soit 25 ans voir tableau 11
- Des données récentes pour la période 1980-2010 ( données de l'Office National de la Météorologie) soit 30 ans voir tableau 12

Cette étude climatique nous permettra de mieux cerner la zone d'étude dans l'espace et dans le temps pour voir s il ya, éventuellement, un changement plus ou moins perceptible du climat régional. L'exploitation de données se fera par la réalisation de graphes et le calcul d'indices, aussi bien pour la période ancienne que récente, à savoir :

- Les climagrammes hygrothermiques
- L'indice de DEMARTONNE, qui est un indice d'aridité
- L'indice d'EMBERGER qui permet de situer la station dans un étage bioclimatique

- Le diagramme ombro-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN qui permet de donner la période de sécheresse
- L'indice de THORNTHWAITE qui permet de donner le bilan hydrique.

## II.1 Les précipitations

### II.1.1. Précipitations mensuelles

Les données météorologiques de référence relatives aux précipitations sont celles relevées durant la période ancienne (1913-1938) correspondant à une moyenne des précipitations annuelles établies sur 25 ans et une période récente (1980-2010) correspondant à une moyenne des précipitations annuelles établies sur 30 ans.

**Tableau 07 : Présentation des précipitations moyennes mensuelles annuelles**

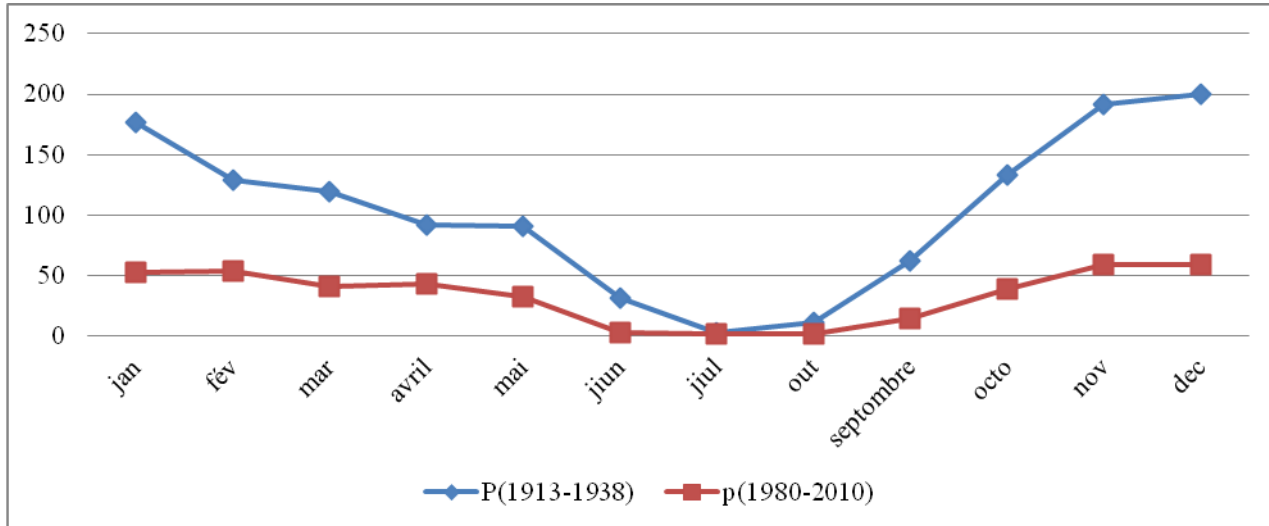
Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm) 1913-1938	177	129	119	92	91	31	2	11	62	133	191	200
P(mm) 1980-2010	52.00	53.14	40.74	42.86	31. 77	2.50	1.5 5	1.62	14.62	38. 67	59.01	59.10

Source(SELTZER et ONM)

La variation des précipitations mensuelles est présentée dans la figure n°5. Dans cette dernière, nous pouvons remarquer que le mois le plus pluvieux, pour la période ancienne et récente est le mois de décembre et le mois le plus sec est le mois de juillet pour les deux périodes.



Par ailleurs, on remarque que la quantité des pluies a diminué pour la période récente (1980-2010) par rapport à la période ancienne (1913-1938).



**Figure n° 5: Précipitation moyennes mensuelles : périodes (1913-1938) et (1980-2010)**

### II.1.2 Précipitations saisonnières

Les quatre saisons de l'année sont :

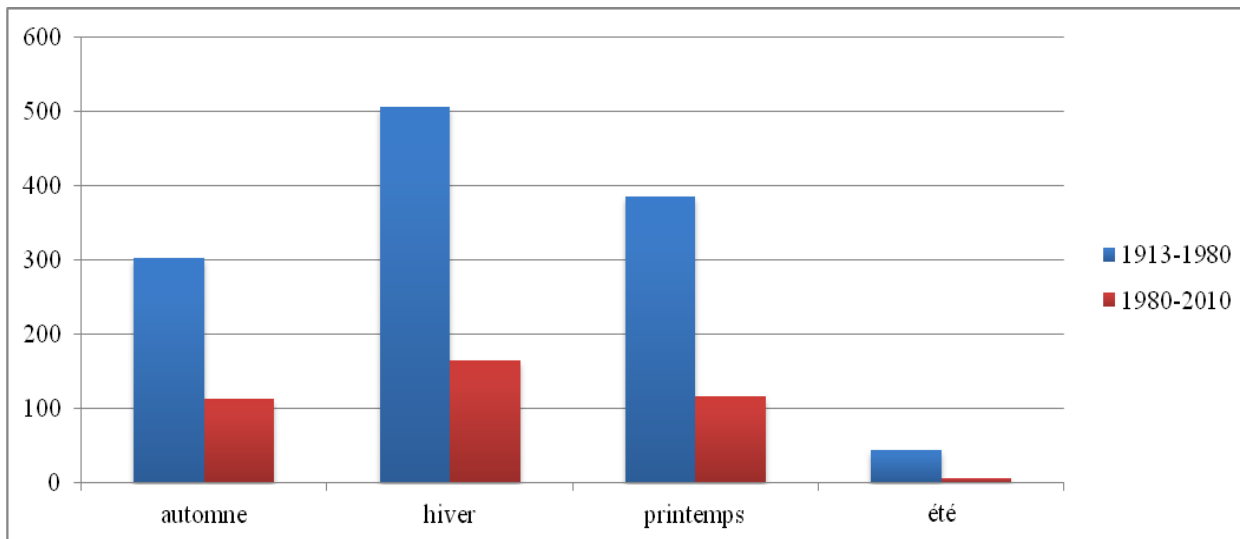
L'hiver (Décembre, Janvier, Février), Le printemps (Mars, Avril, Mai), L'Eté (Juin, Juillet, Août), L'Automne (Septembre, Octobre, Novembre).

Le régime pluviométrique est de type HPAE pour la période ancienne (1913-1938) , de même pour la période récente ( 1980-2010) sauf avec une diminution des quantités de pluies pour chaque saison ( tableau n° 08 et figure n°6 )

**Tableau n°08 : Précipitation saisonnières moyennes**

Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Été
1913-1938	302	506	386	44
1980-2010	112.3	164.24	115.37	5.67

Source(SELTZER etONM)



**Figure n°6 : Précipitations moyennes saisonnières (1913-1938) et (1980-2010)**

## II.2 Les températures

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

Les tableaux n°9 et 10 nous donne les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des températures, les moyennes des maximales et les moyennes des minimales et leurs moyennes.

**Tableau 09:Températures moyennes caractéristiques sur la période (1913 –1938)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T (C°)	22.30	23.33	27.10	29.73	30.33	35.53	36.70	41.50	37.00	32.95	24,76	21,86
m (C°)	3.76	2.86	5.50	6.83	9.60	14.73	19.65	20.15	15.50	13.15	9.10	5.10
(M+m)/2(C°)	13.03	13.05	16.30	18.28	19.97	25.13	28.18	30.83	26.25	23.05	16.93	13.48

**source(SELTZER)**

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
m (°C)	9.0	9.7	10.7	12.4	15.2	18.2	20.6	21.4	19.5	16.4	12.9	10.0
M (°C)	15.9	16.2	18.1	19.9	21.9	25.1	27.6	28.4	26.8	23.3	19.7	16.9
(M+m)/2 (c°)	12.45	13.25	14.40	16.15	18.55	21.65	24.10	24.00	23.15	20.10	16.30	13.15

**Tableau10: Températures moyennes caractéristiques sur la période (1980-2010)**

**source(ONM)**

Le tracé des courbes des variations des températures (figure7)et (figure8) montre deux pôles extrêmes ( pour les deux périodes) : un pôle froid correspondant aux mois : décembre, janvier et février et un pôle chaud correspondant aux mois : juillet et Août.

Par ailleurs, elles montrent une croissance régulière des températures de janvier à Août, suivie d'une décroissance jusqu'à décembre.

Le minimum et le maximum absolus se situent respectivement aux mois de janvier ( $9.0^{\circ}\text{C}$ ) et Août ( $28.4^{\circ}\text{C}$ ), pour la période (1980-2010). Le minimum et le maximum absolus se situent respectivement aux mois de février ( $2.86^{\circ}\text{C}$ ) et Août ( $41.50^{\circ}\text{C}$ ) pour la période (1913-1938).

Le tracé des courbes des variations des températures (figure09) montre une augmentation de température pour la période récent

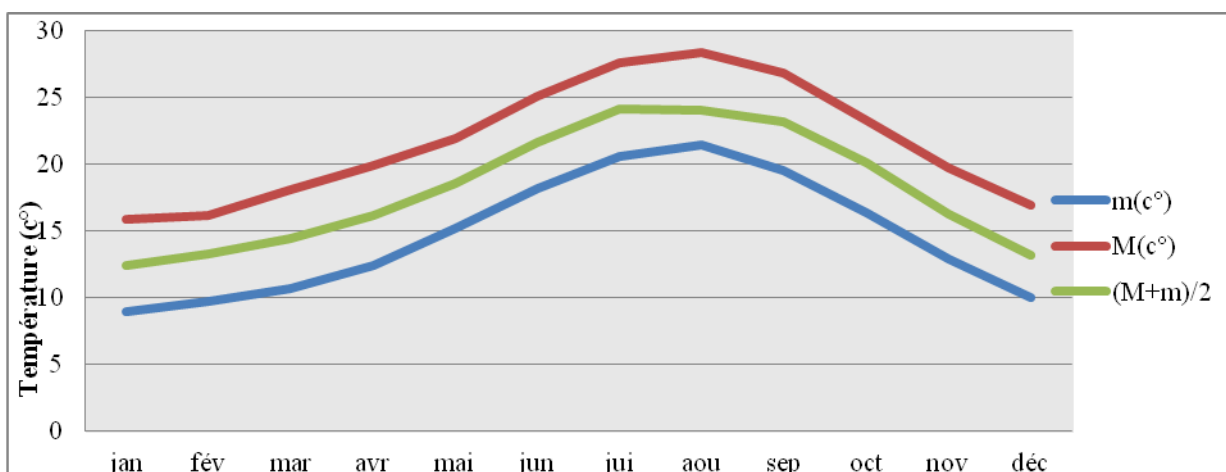


Figure n° 7: les températures minimales, moyennes et maximales (1913-1938)

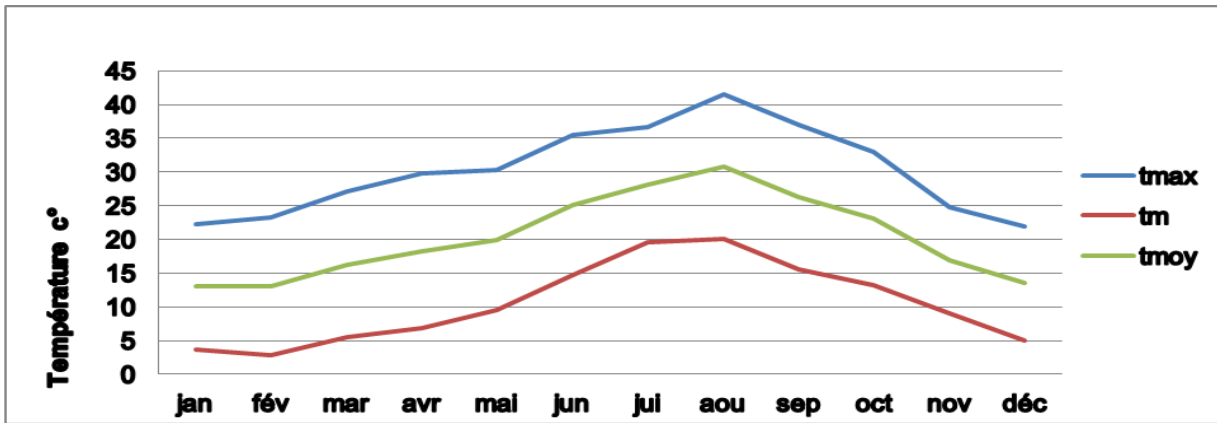


Figure n°8 : les températures minimales, moyennes et maximales (1980-2010)

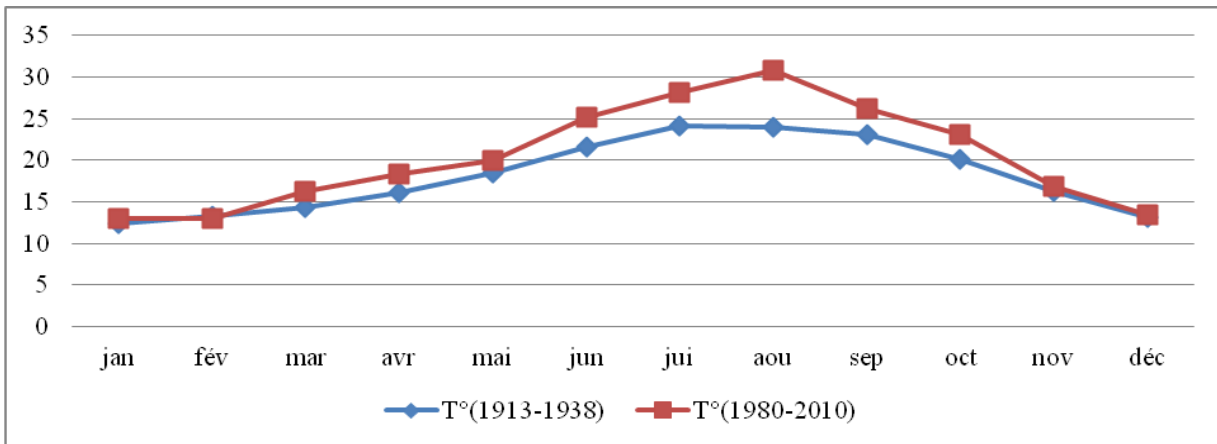


Figure n°9 : Les

températures moyennes des deux périodes (1913-1980)et (1980-2010)

## II.3.Synthèse bioclimatique

### II.3.1 Climagrammes hygrothermiques

Cette technique consiste à porter sur l'axe des abscisses les précipitations et sur l'axe des ordonnées les températures. On joint par une droite brisée les douze points correspondant aux douze mois. La configuration générale de la courbe nous indique le degré d'aridité.

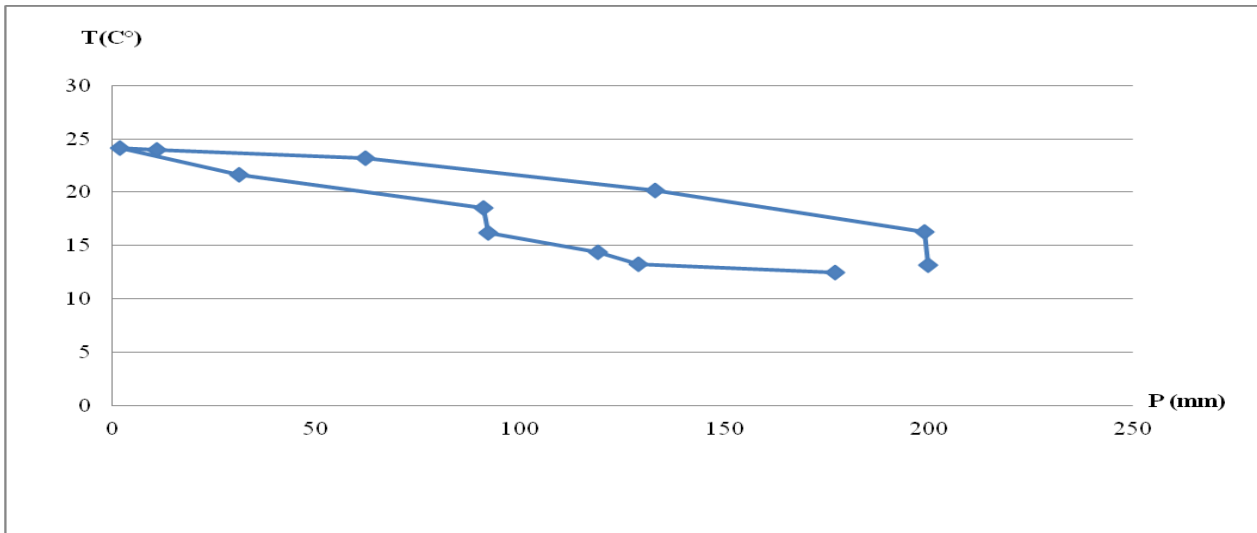
Les figures n° 10 et 11 nous montrent que la configuration générale de la courbe s'oriente vers l'axe des températures pour la période récente par rapport à la période ancienne qui s'oriente beaucoup plus vers l'axe des précipitations ce qui confirme l'aridité prononcée du climat pour la région en question ( pour la période 1980- 2010).

**Tableau N 11: Les températures et les précipitations moyennes mensuelles et annuelles (1913-1938) :**

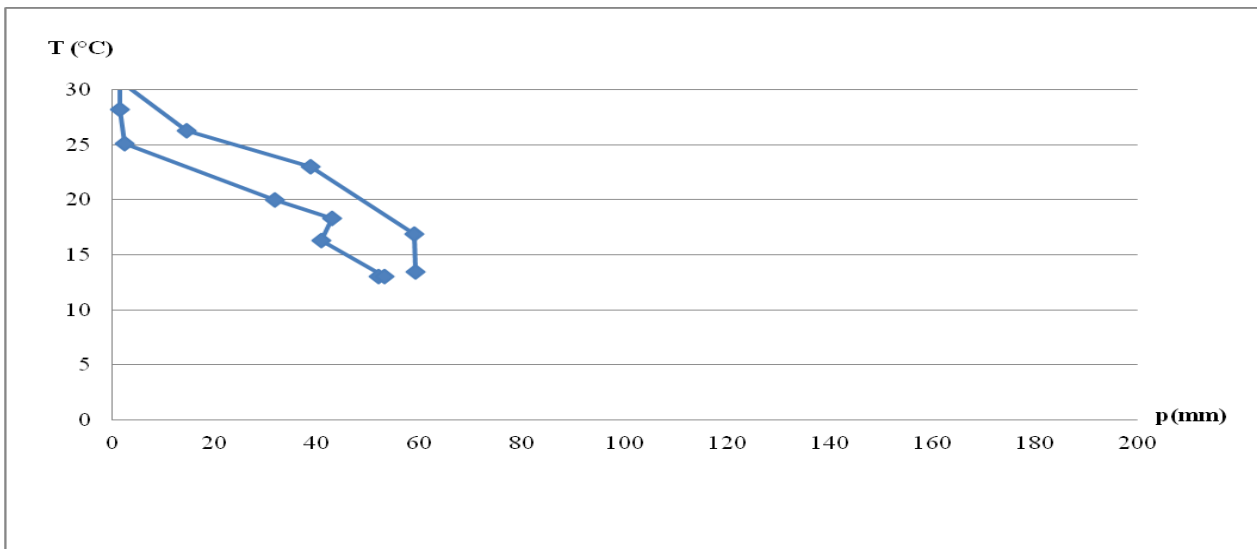
Mois	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	177	129	119	92	91	31	2	11	62	133	199	200
T (°C)	12,45	13,25	14,4	16,15	18,55	21,65	24,1	24	23,15	20,16	16,3	13,15

**Tableau N 12 : Les températures et les précipitations moyennes mensuelles et annuelles (1980-2010)**

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
P (mm)	52,01	53,15	40,74	42,86	31,78	2,50	1,56	1,62	14,62	38,67	59,01	59,10
T (°C)	13.03	13.05	16.30	18.28	19.97	25.13	28.18	30.83	26.25	23.05	16.93	13.48



**Figure n° 10 : Climagramme hygrothermique (1913-1938) :**



**Figure n11° : Climagramme hygrothermique (1980-2010) :**

### II.3.2 L'indice d'aridité de DEMARTONNE :

La formule de DE-MARTONNE, qui exprime l'indice d'aridité « I » en fonction de précipitation et de la température s'énonce comme suit :

$$I = P/T + 10$$

I : Indice d'aridité annuel

P : représente la moyenne des précipitations annuelles en (mm).

T : la température moyenne pour cette même période en (C°).

Pour :  $20 < I < 30$  : Climat tempéré.

$10 < I < 20$  : Climat semi-aride.

$7,5 < I < 10$  : Climat steppique.

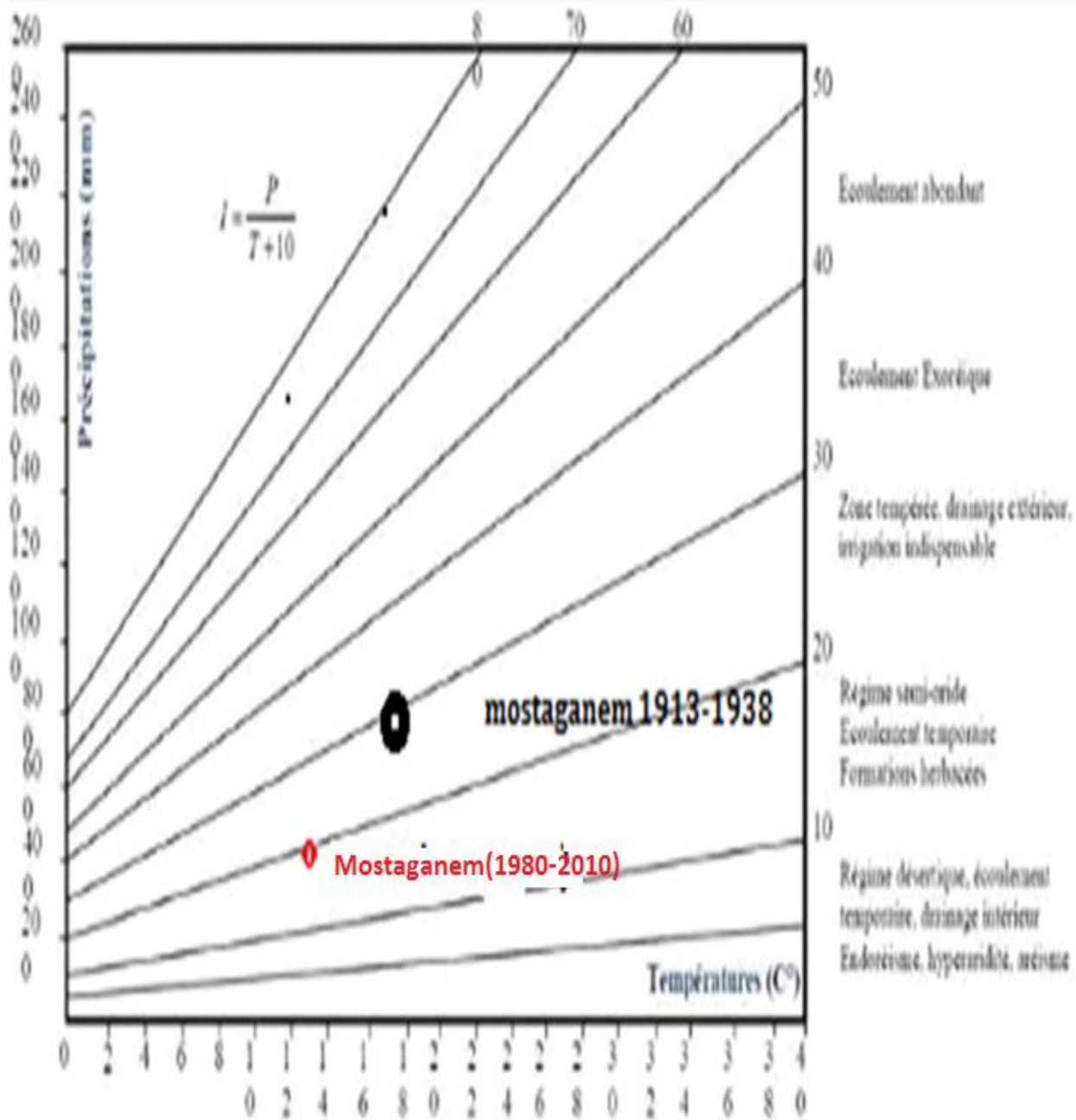
$5 < I < 7,5$  : Climat désertique.

$I < 5$  : Climat hyperaride.

L'application de cette méthode pour notre zone d'étude et les calculs nous donne un indice d'aridité de 44.21 pour la période ancienne (1913-1938) avec un classement dans un climat et un indice d'aridité de 13.09 pour la période récente (1980-2010) avec un classement du climat dans le semi aride ( $10 < I < 20$  : Climat semi-aride). Figure n° 12

D'après les données récentes et l'indice de DEMARTONNE, le climat de notre zone d'étude tend vers l'aridité.





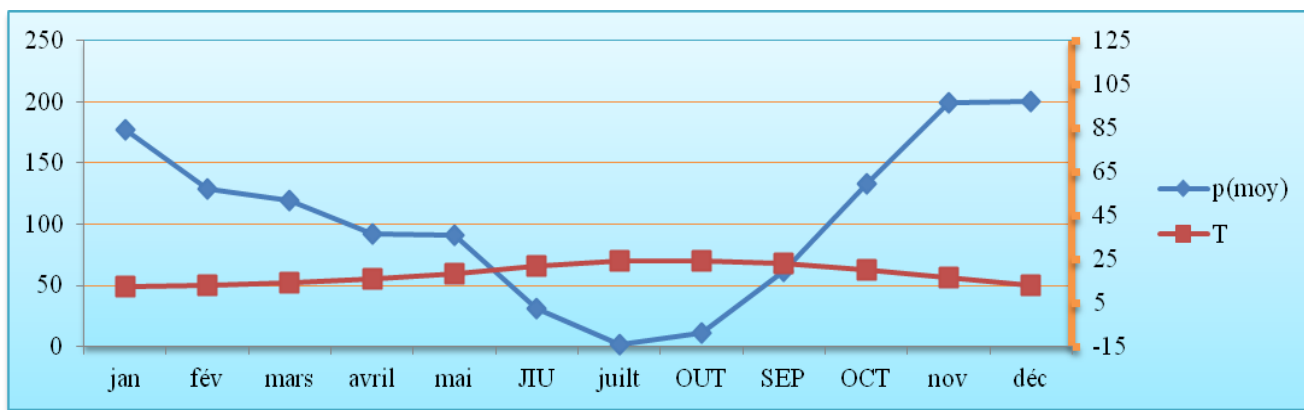
F

figure n°12:L'abaque de l'indice d'aridité de DEMARTONNE

### II.3.3 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon BANGOULS et GAUSSEN, un mois est sec si la précipitation moyenne mensuelle (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle (°C) ( $P \leq 2 * T$ ).

Cette relation permet d'établir des diagrammes et des courbes pluvio-thermiques sur lesquels, la température est portée à une double échelle de celle des précipitations, voir Les figures n° 13 et 14 qui représentent les diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN pour les périodes 1913-1938 et 1980-2010



Figure

n°13: diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la période 1913-1938

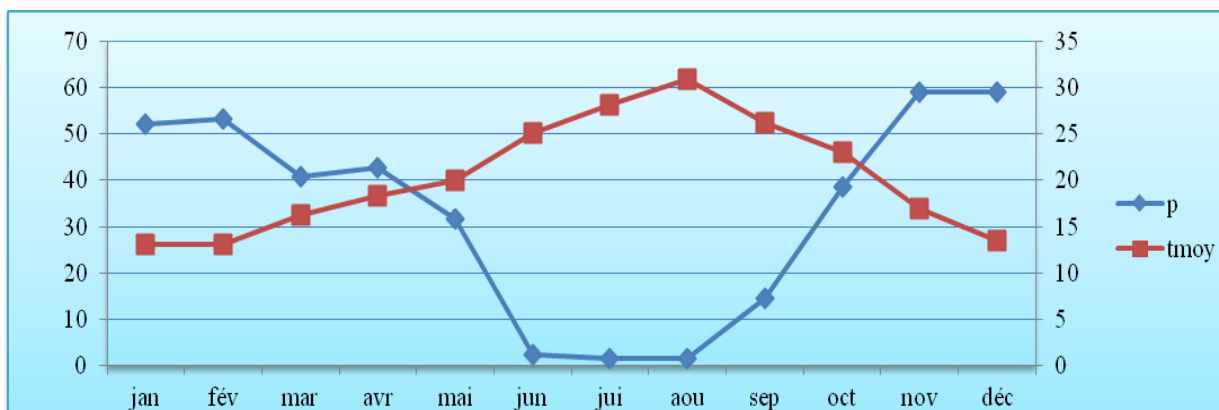


Figure n°14 :

diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la période 1980-2010

L'interprétation de ces deux figures montre qu' il y a deux saisons distinctes : sèche et humide.

Pour la période ancienne, la saison sèche s'étend de la mi Mai jusqu'au mois de septembre alors que pour la période récente, la saison sèche s'étend de la mi avril jusqu'au mois d' octobre à savoir une période de sécheresse de six mois .

#### II.3.4 Le climagramme d'EMBERGER :

L'indice d'EMBERGER est spécifique aux climats méditerranéens. Il permet de classer une zone dans un étage bioclimatique qui est fonction d'un indice Q2 qu'on appelle quotient pluviométrique donnée par la formule suivante :

$$Q2 = \frac{P}{[(M+m)/2] * (M-m)} * 100$$

[(M+ m)/2]\*(M-m)

Avec :

Q2 : Quotient pluviométrique ;

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K)

m: Moyenne des minima du mois le plus froid (°K).

L'application de cette formule nous donne un quotient pluviométrique Q2 égale à 31.47. Pour la période ancienne (1913-1938) qui se situe dans l'étage bioclimatique humide avec un Hiver

tempéré et un quotient pluviométrique  $Q_2$  égale à 135.17 pour la période récente (1985-2010) qui se situe l'étage bioclimatique climat semi- aride avec un Hiver chaud

( figure 15).

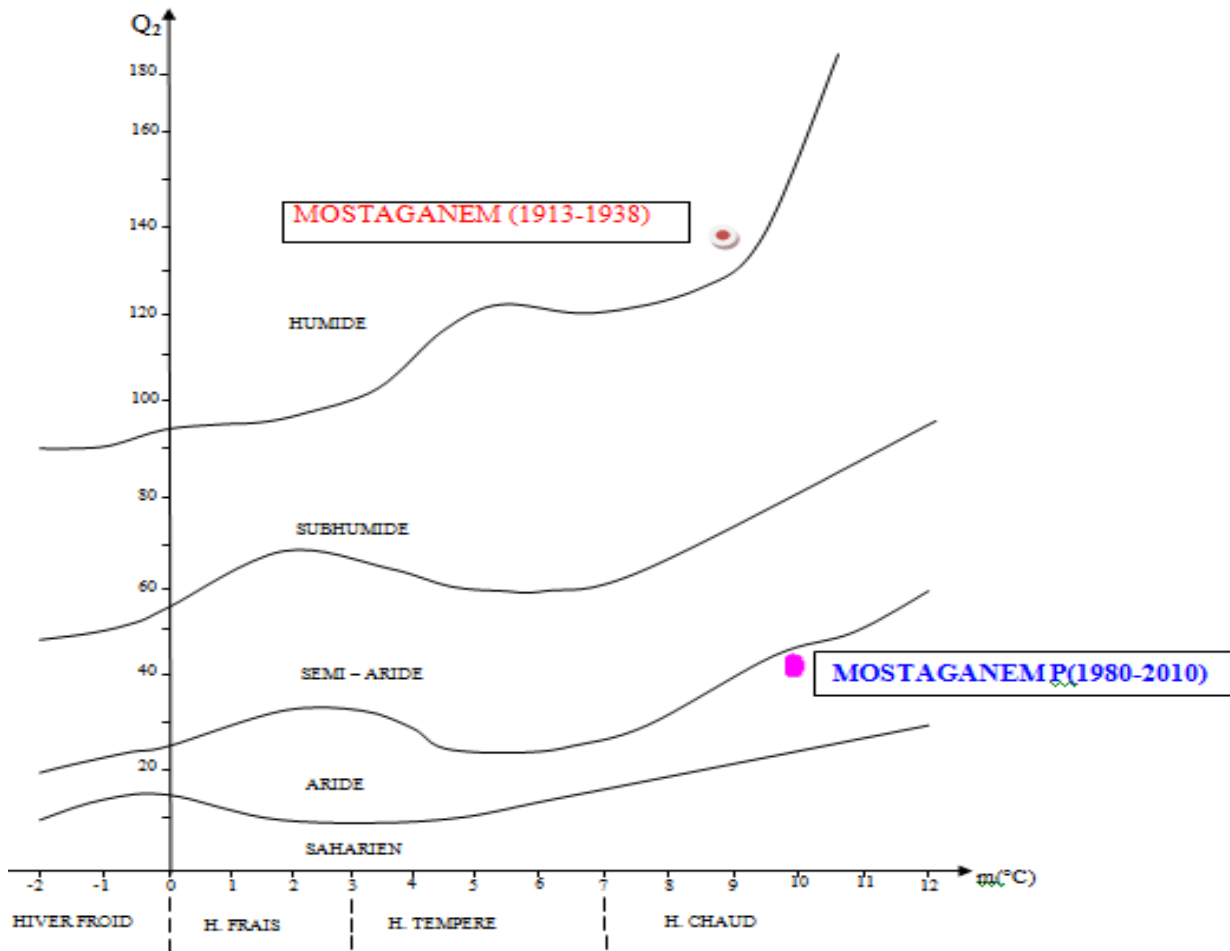


Figure n°15 : Climagramme d'EMBERGER

### II.3.5 L'indice de THORNTHWAITE

L'évapotranspiration désigne les pertes d'eau sous forme de vapeur. Plusieurs facteurs peuvent influencer l'évapotranspiration notamment la température, le vent et les caractéristiques de la

couverture végétale. Le déficit et le surplus hydrique sont définis par la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration.

Pour estimer ces paramètres dans le but d'établir le bilan hydrique et de classer climatiquement une région donnée, une méthode universelle est utilisée est celle de THORNTHWAITE.

### II.3.5.1 L'évapotranspiration potentielle ( ETP)

La Méthode de THORNTHWAITE permet de déterminer pour chaque mois une évapotranspiration potentielle (E.T.P) à partir de la relation suivante:

$$E.T.P = 1.6 * [(10 * T) / I]^a$$

Avec :

E.T.P : Evapotranspiration potentielle (cm) ;

T : Température moyenne mensuelle (°C) ;

I : Somme des indices thermiques mensuels de l'année.

12

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_n = 103.9$$

avec

$$\begin{cases} i = [T/5]^{1.514} \\ a = (1.6/100) * I + 0.5 \end{cases} \quad a = 2.16$$

Les résultats de l'application de cette méthode, aussi pour les données anciennes que récentes, pour le calcul de l'évapotranspiration (ETP) sont consignées dans les tableaux n° 13 et 14

**.Tableau13: L'évapotranspiration par la méthode de THORNTHWAITE (1913-1838)**

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	12,45	13,25	14,40	16,15	18,55	21,65	24,10	24 ,00	23,15	20,16	16,30	13,15
I	3,97	4,73	4,96	5,90	7,28	9,19	10,81	10,74	10,17	8,25	5,98	4,32
E.T.P (cm)	3,18	3.58	4.18	5.19	6.74	9.17	11.03	10.94	10.27	7.88	5.28	3.53
Facteur de Correction	0,84	0,85	1,03	1,10	1,21	1,2	1,22	1,24	1,03	0,97	0,86	0,84
E.T.P (cm) Corrigé	2.66	3.04	4.30	6.49	8.80	11.00	13.45	13.56	10.57	7.64	4.54	3.03

**Tableau14: L'évapotranspiration par la méthode de THORNTHWAITE (1980-2010)**

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	13.03	13.05	16.30	18.28	19.97	25.13	28.18	30.83	26.25	23.05	16.93	13.48
I	4.26	4.27	5.98	7.11	8.13	11.52	13.70	15.70	12.31	10.11	6.33	4.48
E.T.P (cm)	2.60	2.61	4.23	5.42	6.56	10.78	13.80	16.76	11.84	8.94	4.59	2.80
Facteur de correction	0,84	0,85	1,03	1,10	1,21	1,2	1,22	1,24	1,03	0,97	0,86	0,84
E.T.P (cm) Corrigé	2.26	2.19	4.35	5.96	7.93	13.15	17.11	19.44	12.19	8.67	3.94	2.35

### II.3.5.2. Evapotranspiration réelle( ETR )

Dans le calcul de l'évapotranspiration réelle (E.T.R), deux cas peuvent se présenter :

Précipitations supérieures à l'évapotranspiration potentielle (E.T.P) : L'évapotranspiration réelle (E.T.R) sera égale à l'évapotranspiration potentielle (E.T.P). L'excédent des précipitations sera emmagasiné dans l'humidité du sol dont il augmente les réserves jusqu'à saturation (voir tableau n° 15).

Précipitations inférieures à l'E.T.P : E.T.R est égale à la somme des précipitations du mois plus les réserves disponibles. A ce moment là, nous avons l'apparition du déficit agricole.

D'après la différence entre les précipitations et l'E.T.P, nous trouvons la variation de réserve d'eau du sol.

Si  $P - E.T.P > 0$ , nous avons un excédent d'eau,

Si  $P - E.T.P < 0$ , nous avons manque d'eau.

Par sa rétention spécifique qui est liée à sa texture, le sol pourra constituer une réserve qui sera mise à la disposition de la végétation aux mois déficitaires.

Le bilan hydrique est présenté dans les tableaux 15 et 16

MOIS	T(c °)	P (mm)	I	ETP	c	P-ETP	ETR (mm)	D	S

Jan.	12.45	177	3.97	26.6		150.4	26.6	0	150.4
Fév.	13.25	129	4.37	30.4	0.84	98.6	30.4	0	98.6
Mar.	14.40	119	4.96	43	0.85	76	43	0	76
Avr.	16.15	92	5.90	64.9	1.03	27.1	64.9	0	27.1
Mai.	18.55	91	7.27	88	1.1	3	88	3	0
Jun.	21.65	31	9.19	110	1.21	-79	31	79	0
Juil.	24.20	2	10.88	134.5	1.2	-132.5	2	132.5	0
Aout.	24.00	11	10.79	135.6	1.22	-124.65	11	124.6	0
Sep.	23.15	62	10.17	105.7	1.24	-43.7	62	43.7	0
Oct.	20.16	133	8.25	76.4	1.03	56.6	76.4	56.6	0
Nov.	16.30	199	5.98	45.4	0.97	153.6	45.4	153.6	0
Déc.	13.15	200	4.32	30.3	0.84	169.7	30.3	169.7	0
Total	217.41	1238	86.05	890.8	/	/	237	762.7	352.1

**Tableau 15 : Bilan hydrique de La période (1913-1938) :**

**Tableau 16 : Bilan hydrique de La période (1980-2010) :**

MOIS	T(c °)	P(mm)	I	ETP	C	P-ETP	ETR	D	S



							(mm)		
Jan.	13,03	52,01	4.26	22.6	0.84	29.41	22.6	0	25.7
Fév.	13.05	53,15	4.27	21.9	0.85	31.25	21.9	0	7.6
Mar.	16.30	40,74	5.98	43.5	1.03	-2.76	40.74	16.4	0
Avr.	18.28	42,86	7.11	59.6	1.1	-16.74	42.86	0	8.7
Mai.	19.97	31,78	8.13	79.3	1.21	-47.52	31.78	37.5	0
Jun.	25.13	2,5	11.52	131.5	1.2	-129	2.5	125.5	0
Juil.	28.18	1,56	13.70	171.1	1.22	-169.54	1.56	170.8	0
Aout.	30.18	1,62	15.70	194.4	1.24	-192.78	1.62	194.4	0
Sep.	26.25	14,62	12.31	121.9	1.03	-107.28	14.62	86.75	0
Oct.	23.05	38,67	10.11	86.7	0.97	-48.06	38.67	23.8	0
Nov.	16.93	59,01	6.33	39.4	0.86	19.61	39.4	0	9.35
Déc.	13.48	59,1	4.48	23.5	0.84	35.6	23.5	0	42.6
Total	217.41	397.62	103.9	995.4	/	/	340.5	655.15	93.95

P : précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm

T : températures moyennes mensuelles et annuelles en °c

ETP : évapotranspiration potentielle en mm

ETR : évapotranspiration réelle en mm

I : indice de chaleur

D : déficit

S : surplus

### **II.3.5.3 INDICE GLOBAL (IG) :**

Le calcul de cet formule est fonction de l'évapotranspiration potentielle, du déficit et du surplus qui permet de faire un classement climatologique d'une station ou d'une région. Le modèle est donné par la formule suivante :

$$IG = \frac{S - 0,6D}{E} * 100$$

S : surplus hydrique annuel en cm

D : déficit hydrique annuel en cm

ETP : évapotranspiration potentielle annuelle en cm

L'application empirique nous permet d'avoir un indice global, pour Les données anciennes (1913-1938) égale à 108 ce qui correspond à un type hygrométrique très humide. Pour les données récentes,

l'indice global ( IG ) est égale à 54 ce qui correspond à un type hygrométrique

(voir tableau 1 HT) .

$$IG=[73,5-0,6(-37,5)/89,08]*100$$

$$IG=108$$

Pour Les données anciennes (1980-2010) :

$$IG=[11,58-0,6(-71,66)/99,54]*100$$

$$IG=54$$

L'application empirique nous permet d'avoir un indice global, pour les données anciennes (1913-1938) égale à 108 ce qui correspond à un type hygrométrique très humide A1 et d'après la valeur extrême de l'ETP, la catégorie est Méso thermique (B' 3) .

(tableau 1HT).

Pour les données récentes, l'indice global ( IG ) est égale à 54 ce qui correspond à un type hygrométrique humide B et d'après la valeur extrême de l'ETP, la catégorie est Méso thermique (B' 3) (voir tableau 1 HT) .

## **CONCLUSION**

L'étude climatique de la zone d'étude a été réalisée sur deux périodes, une période ancienne (1913-1938), données de SELTZER et une période récente

( 1980- 2010) , données de l'ONM, afin de mieux cerner les caractères climatologiques du barrage Kramis et du bassin versant et la région d' Achaacha dans l'espace et dans le temps.

La synthèse bio climatologique a été basée sur l'exploitation de ces données par le calcul d'indices et la réalisation de diagrammes ( diagrammes hygrothermiques, diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN, indices d' EMBERGER et THORNTHWAITE).

Cette synthèse a montré qui a relativement un changement climatique, en particulier un changement d'étage bioclimatique (de l'humide vers la limite de l'aride) et une tendance vers l'aridité pour les données récentes

La région jouit d'un régime humide avec des influences méditerranéennes pour la période ancienne et semi-aride avec des influences méditerranéennes pour la période récente.

Le bilan hydrique et l'indice global qui tient compte du déficit annuel, du surplus et l'évaporation potentielle a classée notre zone d'étude dansle Méso thermique (B' 3) avec un type hygrométrique très humide A1 pour la période ancienne

alors que pour la période récente, notre zone d'étude est classée dans le Méso thermique (B' 3) avec un type hygrométrique humide B .



# CHAPITRE III : l'impact humain sur le climat local

## CHAPITRE III : l'impact humain sur le climat local

### **Introduction**

En plus des changements climatiques et leurs effets, les aménagements peuvent-ils aussi avoir des impacts sur le climat local. C'est notre cas pour le barrage kramis ou l'important volume d'eau stocké depuis plus d'une dizaine d'année a conduit à une augmentation du taux de l'humidité dans l'air et le sol ainsi qu'à l'élévation du niveau piézométrique des nappes souterraines. Afin de vérifier cette corrélation nous avons opté par le calcul de L'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) sur un lapse de temps couvrant la période avant et après la construction du

barrage. Le NDVI est une méthode efficace pour l'étude des changements affectant la couverture végétale à travers la mesure de l'activité chlorophyllienne.

### III.1.Méthode et matériel utilisé

La méthode que nous avons utilisée pour le calcul de l'NDVI est la télédétection par l'analyse d'images multi-spectrale de type Landsat à moyenne résolution 15 disponibles sur le site de la NASA.

Les caractéristiques des images téléchargées nous ont offert une application pratique de l'indice.

**Tableau n°17 Caractéristiques des images analysées pour le NDVI**

Référence	Résolution	Date	Surface de couverture (hectares ou km <sup>2</sup> )	Capacité (Mo)
LandSat 8	30 m, 15 m	18-12-2015	85,52 km <sup>2</sup>	845.3 Mo
OLI /TIRS	30 m, 15 m	17-11-2001	85,84 km <sup>2</sup>	226.0 Mo
LandSat 7ETM+				

Source : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

### III.2.Rappel théorique et application



Le NDVI est construit à partir des canaux rouges (R) et proche infra rouges (PIR). Il sert à mettre en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge.

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R})$$

Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance radiométrique dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0.

Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses (<https://geomorphologie.revues.org/9362>). Pour la présente étude, les valeurs du NDVI ont été groupées en 03 classes (Tableau 18) en références à des études standards qui ont couvert des régions qui partagent des caractéristiques bioclimatiques semblables avec notre région d'étude ([Shttp://www.amzaz.info/2013/11/indice-de-vegetation-normalise-ndvi.html](http://www.amzaz.info/2013/11/indice-de-vegetation-normalise-ndvi.html).) :

**Tableau n °18 : les valeurs du NDVI**

Classes	Valeurs
Faible densité	comprises entre 0,1 et 0,3

Densité Moyenne	comprises entre 0,3 et 0,5
Forte densité	valeurs comprises entre 0,5 et 0,7

### III.3. Inconvénients de l'interprétation

Nous rappelons ici que le NDVI peut être sensible et présente à la couleur du sol sous-jacent qui l'affecte d'une part et aux couverts végétaux denses qui saturent l'indice et le rendent insensible aux variations de la quantité de phytomasse verte d'autres part. Ainsi un très bas niveau de la couverture végétale verte peut le rendre insensible : 1% est le recouvrement minimal visible par le radiomètre AVHRR de NOAA. Des conditions atmosphériques telles les nuages, la poussière, la brume, la vapeur d'eau et d'autres aérosols peuvent diminuer la valeur du NDVI. Enfin, des problèmes techniques liés au capteur font que les pixels éloignés du NDVI ont une résolution plus basse que celles qui en sont proches, et ceux liés à l'âge du satellite (dérive par rapport à l'orbite).

Pour toutes ces raisons, des corrections radiométriques doivent être appliquées aux données avant leur utilisation.

### III.4. Acquisition des données :

La collecte des images a été faite grâce au site internet suivant : [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov) par l'usage du moteur de recherche Earth Explorer<sup>1</sup>. Les deux images couvrent la même période la fin de l'automne et début de l'hiver (novembre et décembre) (afin d'éviter les décalages qui peuvent

---

<sup>1</sup>Earth Explorer est un parc à thèmes couvert et un musée scientifique situé à côté du Fort Napoléon à Ostende, en Belgique. Le parc traite des quatre éléments naturels que sont la terre, l'eau, le feu et l'air. Il a reçu 80 000 visiteurs en 2010.

être causé par la différence saisonnière) et présentent une netteté acceptable par rapport à l'absence de couverture nuageuse.

Pour l'image de 2001 nous avons utilisé landsat7. Ce dernier est un satellite qui a été lancé le 15 avril 1999, pour mettre à jour l'archive mondiale de photos satellite, en fournissant des images, à moyenne résolution, récentes et sans nuage. Bien que le programme Landsat est géré par la National Aeronautics and Space Administration (NASA), les données du Landsat 7 sont recueillies et distribuées gratuitement par l'United States Geological Survey (USGS). Cette disponibilité a permis à la communauté scientifique de mener des Grands travaux sur l'évolution de la couverture végétale en relation avec l'occupation du sol sur des grandes surfaces du globe terrestre.

La formule que nous avons utilisée pour le calcul du NDVI relative à cette image est la suivante :

$$B4-B3$$

$$NDVI = \frac{B4-B3}{B4+B3}$$

$$B4+B3$$

B3 : bande spectrale de canal proche infrarouge

B4 : bande spectrale de canal rouge

Pour 2015 nous avons utilisé une image issue du satellite Landsat8. Ce dernier a été lancé en février 2013. Il couvre la Terre tous les 16 jours avec des images de 185 km x 185 km, en 16 bits, comptant

11 bandes spectrales : 9 dans le visible (8 multispectrales de résolution 30 m ; 1 panchromatique à 15m) et 2 thermiques (60 m).

B5-B4

NDVI=  $\frac{B5 - B4}{B5 + B4}$

B5-B4

Nous signalons ici qu'un changement du numéro de canal a été effectué par le concepteur du satellite pour les deux bandes proche infrarouge et le rouge :

B4 : bande spectrale de canal proche infrarouge

B5: bande spectrale de canal rouge

### **III.5. Les différentes phases de traitement**

Les images obtenues après acquisition ne sont pas utilisables directement pour une interprétation aisée. Nous pouvons dire que le prétraitement doit fournir à partir des images brutes des images propres c'est-à-dire améliorées.

Le traitement des images recouvre l'ensemble des techniques consistant à modifier une image dont le but est de faciliter son interprétation où d'extraire des informations à partir de données, c'est à dire extraire des caractéristiques pertinentes par rapport à une problématique choisie.

Le traitement numérique d'une image comprend trois grandes étapes; prétraitement, rehaussement (amélioration) d'image et classification.

### **III.5.1 Le prétraitement**

Le prétraitement est une opération effectuée sur les images en amont de tout traitement de façon à les corriger ou les améliorer géométriquement et thématiquement. La mise au point d'une méthode concertée de surveillance par télédétection suppose un certain nombre d'étapes techniques incontournables. Parmi celles-ci, les corrections Géométriques et les corrections radiométriques fondamentales pour la détermination des changements (Escadafal et al, 1999 in Sitayeb, 2005).

### **III.5.2 Les corrections radiométriques**

Comprennent entre autres, la correction des données à cause des irrégularités du capteur, des bruits dus au capteur ou à l'atmosphère, et de la conversion des données afin qu'elles puissent représenter précisément le rayonnement réfléchi ou émis mesuré par le capteur.

### **III.5.3 Les corrections géométriques**

Comprennent la correction pour les distorsions géométriques dues aux variations de la géométrie « Terre-capteur », et la transformation des données en vraies coordonnées (par exemple en latitude et longitude) sur la surface de la Terre.

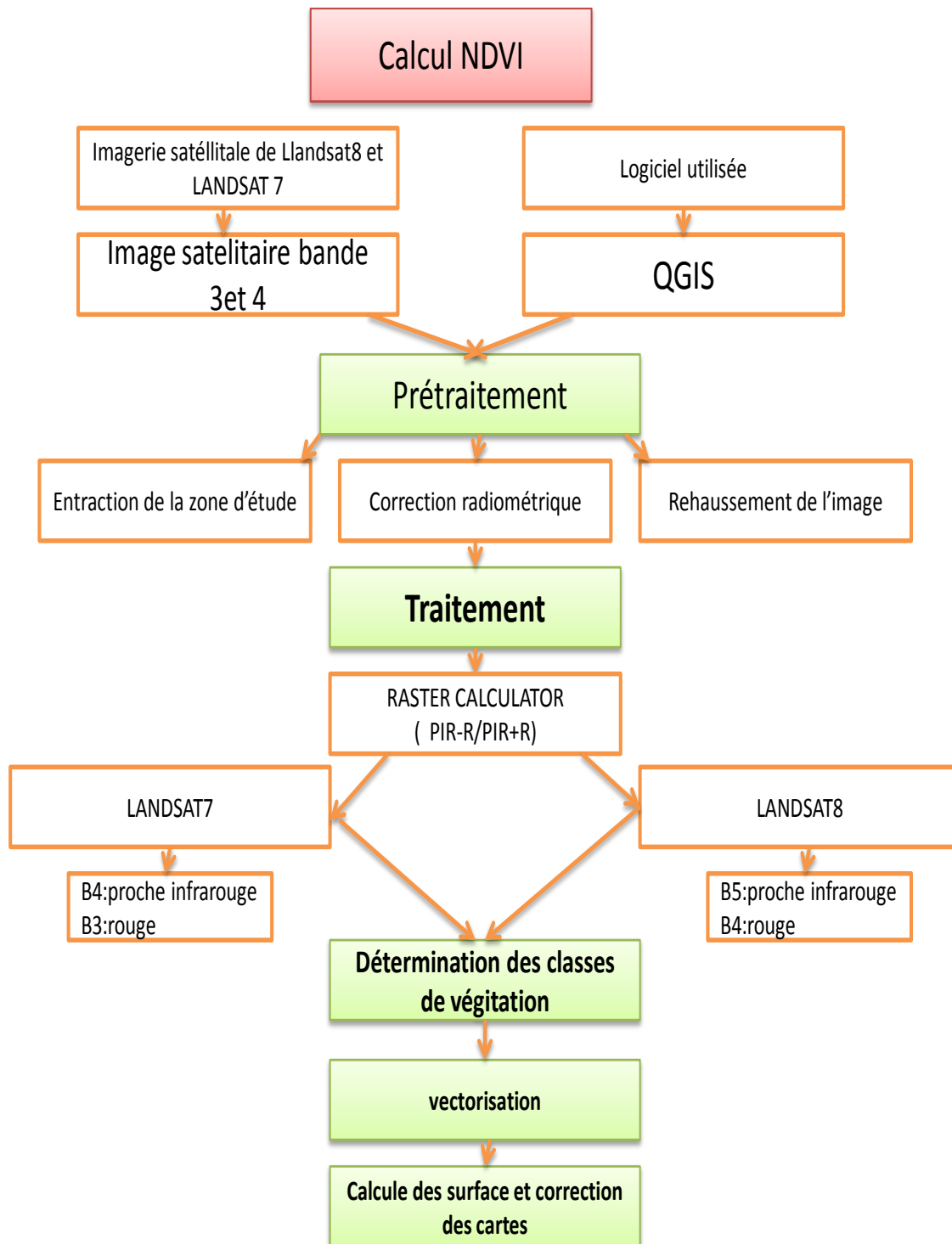
### **III.5.4 Rehaussement de l'image**

Cette fonction a pour but d'améliorer l'apparence de l'imagerie pour aider l'interprétation et l'analyse visuelles. Les fonctions de rehaussement permettent l'étirement des contrastes pour augmenter la distinction des tons entre les différents éléments d'une scène, et le filtrage spatial pour rehausser (ou éliminer) les patrons spatiaux spécifiques sur une image.

### **III.5.5 Transformation de l'image**

C'est une opération similaire à celle de rehaussement de l'image. Cependant, alors que le rehaussement de l'image qui est normalement appliqué à une seule bande de données à la fois, la transformation de l'image combine le traitement des données de plusieurs bandes spectrales. Des opérations arithmétiques (C'est-à-dire addition, soustraction, multiplication, division) sont faites pour combiner et transformer les bandes originales en de "nouvelles" images qui montrent plus clairement certains éléments de la scène.

Ces étapes de traitement ont été possibles à travers le logiciel open source QGIS version 2.18.0 selon le diagramme suivant :



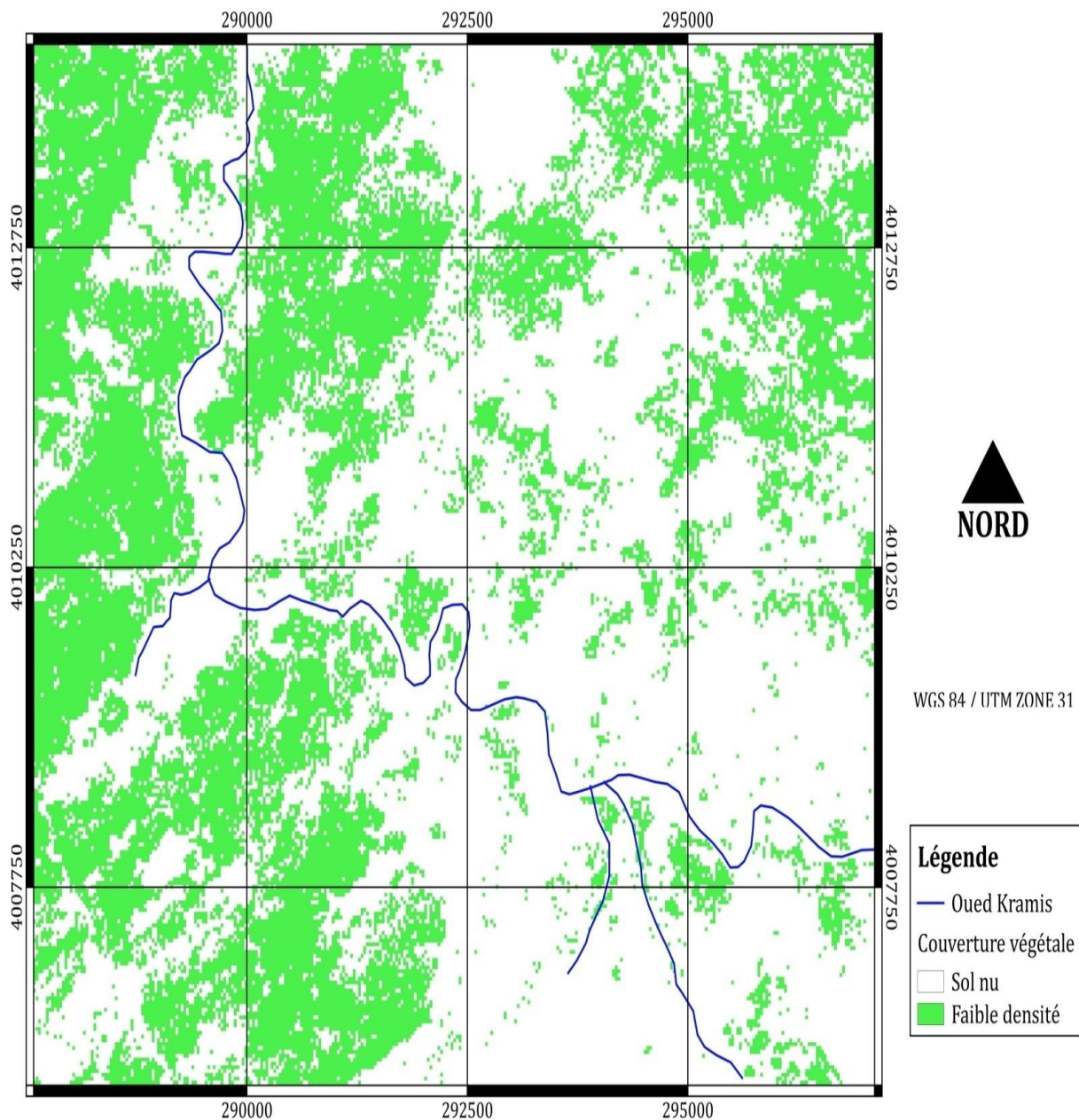
Fi

gure n°16 : les étapes de traitement dans le QGIS

## Résultats

L'indice de végétation par différence normalisée en 2001:

[0.027 ; 0.191]

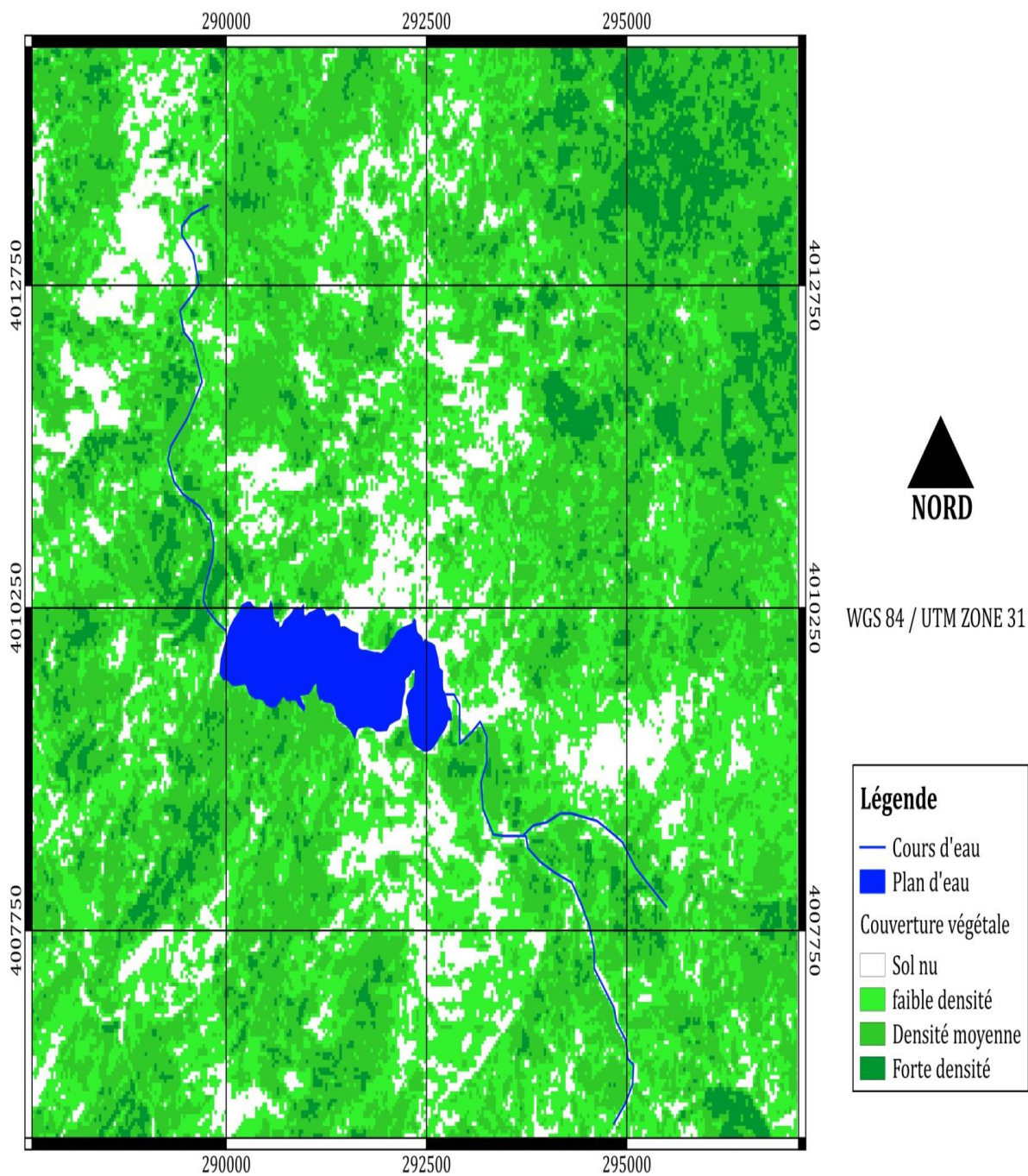


Carte n °3 : Répartition du NDVI pour le année 2001 pendant la saison d'automne

L'indice de végétation par différence normalisée en 2015 :



[0.119 ; 0.608]



#### Carte n ° 04: Répartition du NDVI pour l'année 2015 pendant la saison d'hiver

La comparaison entre les deux images traitées montre un changement spectaculaire dans l'évolution de la couverture végétale sur le plan de la surface mais aussi de la densité. Ainsi la part

du sol nu est passée de 51,62 (km<sup>2</sup>) à 13,43 (km<sup>2</sup>), la surface gagnée par la végétation et de 38,19 (km<sup>2</sup>). Nous constatons l'apparition de deux nouvelles classes, il s'agit de la classe densité moyenne et celle de la densité forte. Les deux couvrent environ 42,23 (km<sup>2</sup>). Ces changements sur le plan géographique restent concentrés sur la zone aval du barrage et sur la partie est de la zone d'étude

Afin de bien interpréter ces changements nous avons procédé, par la consultation de la couverture aérienne publiée sur Google Earth (2017) et effectué des visites de prospection. Le résultat de cette interprétation montre l'importance de la pratique agricole qui a pris de l'ampleur durant ces dix dernières années suite à la disponibilité de l'eau. Les cultures maraichères sont les plus dominantes et occupent des parcelles irriguées à dimension moyenne et petite. Sur la partie gauche de l'ouvrage sur les sommets du bassin versant une flore s'étale composée généralement de maquis pas trop dense composée d'espèces méditerranéennes climat semi-aride (lentisque, genévrier...). Par ailleurs au niveau de la digue principale vers le nord la couverture dense est plutôt liée à l'existence d'une végétation arborée composée de Pin Maritime et de Pin d'Alep. Cette dernière s'étale sur une surface importante. Elle est le résultat d'un travail de terrassement et de reboisement effectué par l'homme destinée à la stabilisation des versants contre l'érosion et d'éventuelles éboulements.

## **Conclusion**

Le travail sur l'indice de végétation a montré un double intérêt, le premier est la précision de la méthode utilisée et de sa rapidité pour obtenir des résultats sur une surface aussi importante et peu accessible comme celle de Achaacha, le second est l'impact de l'homme matière de modification

microclimatique et de son incidence sur le l'écosystème. Cela a été bien démontré pour le cas du barrage Kramis qui a engendré une amélioration de la couverture végétale.

## **CONCLUSION GENERALE**

Le changement climatique est un ensemble de variations des caractéristiques climatiques en un endroit donné au cours du temps. Il représente une modification durable du climat global ou des différents climats régionaux.

Selon plusieurs études et recherches ce phénomène commence à prendre de plus en plus d'ampleur à travers le monde durant ces dernières années.

A travers notre étude, nous avons essayé de montrer que notre zone d'étude (La région d'Achaacha ou se situe le barrage kramis) et elle aussi touchée par le changement climatique, en particulier de son bioclimat, qui est fonction de la quantité des précipitations et des minimas et des maximas.

L'étude climatique détaillée a mis en relief ce changement relatif dans le temps en utilisant des données anciennes (données de SELTZER) et données récentes

De l'ONM. Les résultats de la synthèse bioclimatique ont montré qu'il y a une tendance vers l'aridité avec une augmentation de la période de sécheresse, un changement d'étage bioclimatique ( de l'humide vers le semi-aride, et un bilan hydrique qui montre un déficit hydrique important pour la période récente qui classe la région dans le sub humide méso thermique pour les données récentes par rapport à un classement dans l'humide méso thermique pour les données anciennes.

En plus de ces changements globaux un aménagement hydraulique

( implantation d'un barrage ) a engendré des modification remarquables sur le microclimat .

En effet, l'important volume d'eau stocké depuis plus d'une dizaine d'année a conduit à une augmentation du taux de l'humidité dans l'air et le sol ainsi qu'à l'élévation du niveau piézométrique des nappes souterraines.

Ce changement a affecté la couverture végétale, ce qui a été démontrée par une méthode basée sur le calcul de l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) . Suite à l'exploitation d'images Landsat multitudes et aux sorties de prospection, on a pu voir l'importance de la pratique agricole ( cultures maraichères ) qui a pris de l'ampleur durant ces dix dernières années suite à la disponibilité de l'eau d'irrigation à partir du barrage.

Par ailleurs, des travaux forestiers, en occurrence, les reboisements ont eu lieu pour permettre la stabilité des versants.

Enfin, pour pallier aux effets des changements climatiques et dans le cadre du développement durable dont l'objectif principal est la préservation des ressources naturelles entre autre l'eau, élément vital pour l'homme ainsi que son environnement avec ces différents écosystèmes, il est nécessaire d'intégrer la dimension du changement climatique dans toute actin de développement durable.

De même économiser l'eau en utilisant des techniques d'irrigation plus appropriées tel que le goutte à goutte.

# BIBLIOGRAPHIE

## **BLIOGRAPHIE**

**ATTERBERG; 1911**: the dynamic properties of soil. In soil physics. John Wiley; Inc; New York; 74-+129.

**A VENARD J.M 1966** :La solifluxion ou quelques méthodes de mécaniques des sols appliqués au problème géomorphologique des versants centre de documentation universitaire ,paris

**BAGNOULS S.F et GAUSSEN H ; 1953**: saison sèche et indice xérothermique  
Bull.Soc.Hist.Nat ; vol8, 193-239

**BELKEBIR L. 1986**. — Le Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra : biostratigraphie, paléoécologie et paléogéographie. Thèse de Doctorat, université de Provence, Marseille, France, 289 p. (inédites)

**BEN MERIDJA N ,2012** :. Cartographie de bassin versant de barrage kramis

**BAGHDADLI Ilyas 2014** : L'influence du changement climatique sur les ressources en eaux du Meffrouch . Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master

**DEBRECH J.1953**-note sur les climats du Maroc occidental .Maroc méridional ; 32 1122-34

**DJEBAILI S ; 1978** : Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des hauteurs des plaines steppiques et de L'Atlas saharien algérien .Thèse. Doct .univ .languedoc.Montpellier.

**ELMEDDAHI Yamina2016** : les changements climatiques et leurs impacts sur les ressources en eau.

**KOUTI, A. (1985)** : Approche de la dynamique actuelle dans un bassin versant du tell oranais cas du bassin d'oued Fergoug (Beni Chograne). Université d'Oran. thèse de doctorat.

**MAAMAR KOUADRI K 2012** : Etude de l'érosivité des pluies et de l'érodibilité dans le Tell oranais ;mémoire de magister en agronome option gestion conservatoire des sols et l'environnement (université de mostaganem)

**NICHANE M., KHELIL M.A** : changements climatiques et ressources en eau en algerie vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation département d'écologie et environnement .faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers. Université abou bekr belkaid, tlemcen, algérie

**SELTZER P 1913- 1938** : le climat de l'Algérie, les précipitations annuelles et la température moyenne annuelle

## **LISTE DES TABLEAUX :**

**TABLEAU N°1** :Longueur cumulées et moyennes du de barrage Kramis .

**TABLEAU N°2** : Calcul de la longueur totale de barrage Kramis

**TABLEAU N°3** : synthèse hydrogéologique

**TABLEAU N°4** : Les valeurs de l'afflux liquide au barrage de Kramis



**TABLEAU N°5** : Présentation de la subdivision achaacha2015

**TABLEAU N° 6** : La répartition des terres et leur occupation

**TABLEAU N°7**: Présentation des précipitations moyennes mensuelles période (1913-1938)et (1980-2010).

**TABLEAU N°8** : Précipitation saisonnières moyennes (1913-1938)et (1980-2010).

**TABLEAU N°9** : Températures moyennes caractéristiques sur la période (1913 –1938)

**TABLEAU N°10** : Températures moyennes caractéristiques sur la période (1980-2010)

**TABLEAU N°11** : Les températures et les précipitations moyennes mensuelles et annuelles (1913-1938)

**TABLEAU N°12** : Les températures et les précipitations moyennes mensuelles et annuelles (1980-2010)

**TABLEAU N°13** : L'évapotranspiration par la méthode de THORNTHWAITE (1913-1838)

**TABLEAU N°14**: L'évapotranspiration par la méthode de THORNTHWAITE (1980-2010)

**TABLEAU N°15** : Bilan hydrique de La Période(1913-1938)

**TABLEAU N°16** : Bilan hydrique de La Période (1980-2010)

**TABLEAU N°17** : Caractéristiques des images analysées pour le NDVI

**TABLEAU N°18** : les valeurs du NDVI

## **LISTE DES FIGURES :**

**Figure N°1 :** Plan de situation de la région d'étude .

**Figure N°2 :** Profil en long de l'Oued Kramis

**Figure N°3 :** localisation de la barrage kramis

**Figure N°4 :** Image de la couvert végétal

**Figure N°5 :** Précipitation moyennes mensuelles : périodes (1913-1938)et (1980-2010).

**Figure N°6 :** Précipitations moyennes saisonnières(1913-1938)et (1980-2010).

**Figure N°7 :** les températures minimales, moyennes et maximales (1913-1938)

**Figure N°8 :** les températures minimales, moyennes et maximales (1980-2010)

**Figure N°9 :** :les températures moyennes de les deux périodes (1913-1980)et (1980-2010)

**Figure N°10** : Climagramme hygrothermique (1913-1938)

**Figure N°11** : Climagramme hygrothermique (1980-2010)

**Figure N°12**: L'abaque de l'indice d'aridité de DEMARTONNE

**Figure N°13**: diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la période 1913-1938

**Figure N°14** : diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la période 1980-2010

**Figure N°15** : Climagramme d'EMBERGER

**Figure N°16** : les étapes de traitement dans le QGIS

## **LISTE DES CARTES :**

**CARTE N°1 :** La géomorphologie de la zone d'étude

**CARTE N°2 :** Carte hydrographique

**CARTE N°3 :** Répartition du NDVI pour l'année 2001 pendant la saison d'automne

**CARTE N°4 :** Répartition du NDVI pour l'année 2015 pendant la saison d'hiver

## **LISTE DES PHOTOS :**

**PHOTO N°1 :** Embouchure de l'O. Kramis

**PHOTO N°2 :** Plan d'eau du barrage

**PHOTO N°3 :** Ecoulement d'O Kramis

ANNEXE

**Annexe N°01 :**  
**LES TYPES**  
**HYGROMETRI**  
**QUE**

TYPE HYGROTHERMIQUE	VALEURS EXTREMES DE L'INDICE GLOBAL		NOTATION
Très humide	>100		A
Humide	+100	+80	B4
Humide	+80	+60	B3
Humide	+40	+20	B1
Sub humide-humide	+20	0	C2
Sub humide-sec	0	-20	C1
Semi-aride	-20	-40	D
Aride	-40	-60	E1
Hyper- aride	<-60		E2

catégorie	Valeurs extrêmes de l'ETP l'ETP (E) en cm	Notation
Mégathermique	114	A'

Mésothermique	114.-997	B'4
	997-88.5	B'3
	88.5-71.2	B'2
	71.2-57.0	B'1
Microthermique	57.0-42.7	C'2
	42.7-28.5	C'1
Toundra	28.5-14.2	D'
Gel perpétuel	<14.2	E'

**Annexe**

**N°02 : Les**

**Classement**

**Climatologique,**

**L'efficacité**

**Thermique,**

**Exprimée Par**

**L'évapotranspiration**

**Potentielle**

**Annuelle(E)**