

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département des sciences et Technique



N° Ref :.....

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Spécialité : Sciences Hydrauliques

**Contribution à l'étude des impacts du barrage de
Béni Haroun sur le plan climatique et hydrologique
de la région de Mila**

Réalisé par :

-Teffaha Somia

-Kihal Keltoum

Soutenu devant le jury :

Mme. Boumessenegh Amel

M. Athamna Ali

Mme Chebbah Lynda

Président

Examineur

Promoteur

Année universitaire : 2015/2016



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

LADY LORETTA



وما أوتيتم من العلم إلا قليلاً

صَدَقَ اللهُ الْعَظِيمُ

Remerciement :

Dire merci c'est un point trop difficile, c'est un travail laborieux, mais il est très important dans notre vie surtout pour notre dieu qui dit « لئن شكرتم لأزيدنكم », donc en premier terme nous exprimons mes sincères remerciements à notre Dieu, qui a éclairé notre itinéraire du savoir, pour la volonté, la santé et la patience qu'il a donné durant toutes ces années d'étude.

En second terme, comme notre imam Mohammed « صلى الله عليه و سلم » dit « qui ne remercie pas les gens ne remercie pas Dieu », il est agréable de donner mes vifs remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce travail en particulier :

- En tête mes parents pour ses encouragements et ses conseils
- Spécialement notre promoteur Mme **Chebbah. L**, qui a proposé et dirigé ce travail, pour son encadrement efficace, ainsi que pour sa patience et sa gentillesse ainsi que ses conseils au long de ce travail
- Nous exprimons également notre profond remerciement et mes vives gratitude à notre enseignants du département d'Hydraulique de centre universitaire de Mila
- A Mr. **Athamna A**, d'avoir accepté de juger ce travail
- A Mme. **Boumessenegh A**, d'accepter de juger ce travail et de présider le jury de soutenance
- A tous les personnes de la direction d'hydraulique de ferdjoua particulièrement la directrice.
- A la direction d'ONM de Aïn Tinn et Constantine, sans oublier la direction d'ANBT de Mila, et l'université de constantine1
- A tous les collègues de notre promotion (2015/2016)
- A tous ceux et celles qui nous ont aidés de près ou de loin

Résumé :

Le climat ou Klima en grec, est caractérisé dans n'importe quel lieu par les températures, les précipitations, l'humidité, l'évaporation, et les vents ; bien que les variations de ces éléments météorologiques conduit directement à un dérèglement climatique. Ces changement climatiques résultent de plusieurs facteurs, parmi les « l'existence d'une masse d'eau », soit par les lacs naturel ou les barrages...etc. les barrages à loin de ses tailles et ses types possèdent un poids positif et négatif en même temps sur leur endroit de construction.

L'objet de ce travail que nous présentons n'est que une approche à l'évaluation des conséquences climatiques et hydrologiques du grand barrage de Béni Haroun dans un climat allé de sub-humide vers tempéré. D'après l'étude comparative entre les périodes avant et après l'existence du barrage, on trouve que les précipitations sont augmentées au niveau annuel pour les stations les plus proches de la retenue et décroît quand on allant à la lointaine ; Pour les températures, on remarque l'abaissement de ses valeurs annuelle dans toutes les stations. Concernant le régime hydrologique, on détecte évidemment la surabondance du débit des deux Oueds (Endja et Rhumel) qui forment l'oued principale du barrage (oued El Kébir) qui est également affecté par l'accroissement de son niveau à l'amont du barrage.

Abstract

The Climate or Klima in Greek is characterized in any place by temperature, precipitation, humidity, evaporation, and the winds; although variations of these weather elements lead directly to climate change. These climatic changes result from several factors, among them "the existence of a body of water», by the natural lakes or dams ... etc. the dams away from its sizes and types have a positive and negative weight at the same time on their construction place.

The purpose of this work we present is only one approach to assessing climate and hydrological impacts of large dam of Béni Haroun went in a climate of sub-humid to temperate. According to the comparative study between the periods before and after the existence of the dam, we find that precipitation are increased at the annual level for the nearest stations restraint and decreases when going to the distant; For temperatures, lowering its annual values we see in all stations. On the hydrological regime, obviously sensing the flow overabundance of two wadis (Endja and Rhumel) that form the main river dam (Oued El Kebir), which is also affected by the increase in its level upstream of the dam.

المخلص

المناخ أو Klima في اليونانية، ويتميز في أي مكان بدرجة الحرارة، التساقط، الرطوبة، التبخر، والرياح؛ المعروف ان الاختلافات في هذه العناصر الجوية يؤدي مباشرة إلى تغير مناخي. هذه التغيرات المناخية ناتجة عن عدة عوامل، من بينها "وجود جسم من الماء"، بالبحيرات الطبيعية أو السدود... الخ. السدود بعيدا عن أحجامها وأنواعها تملك وزن إيجابي و سلبي في نفس الوقت على مكان بنائها.

الغرض من هذا العمل الذي نقدمه هو ليس الا تقريب لتقييم النتائج المناخية والهيدرولوجية (المائية) من السد الكبير « بني هارون » في مناخ يذهب من شبه الرطب إلى المعتدل. وفقا للدراسة المقارنة بين الفترتين قبل وبعد وجود السد، نجد أن الأمطار تزداد على المستوى السنوي بالنسبة للمحطات القريبة من البحيرة وتتناقص كلما اتجهنا إلى بعيد. بالنسبة لدرجات الحرارة، نلاحظ انخفاض قيمها السنوية في جميع المحطات. فيما يخص النظام الهيدرولوجي، نستبين بوضوح زيادة في التدفق للواديين (النجاء و الرمال) المشكلان للنهر الرئيسي للسد (الواد الكبير)، الذي يتأثر على حد سواء بزيادة مستواه من أمام السد.

Liste d'abréviation :

GES : gaz à effet de serre

CNRS : centre nationale des recherches scientifiques

DGIH : direction de grandes infrastructures hydrauliques

BCR : béton compacté au rouleau

ADP : avant projet détaillé

CMP : crue maximum probable

NPHE : niveau des plus hautes eaux

RN : retenue normale

ETP : évapotranspiration potentiel

ETR : évapotranspiration réel

Cp : coefficient pluviométrique

Ch : coefficient d'hydraulicité

CMD : coefficient mensuel du débit

RFU : réserve facile utilisable

Ø : diamètre

Dj : djebel

SOMMAIRE

Introduction générale	01
------------------------------------	-----------

Chapitre I : Aperçus bibliographique

Introduction	02
I-1) définition du barrage	02
I-2) les différents types des barrages	02
I-3) Cas particuliers des barrages	03
I-4) Exigences des barrages	04
I-5) Principaux éléments du barrage	04
I-6) Les objectifs des barrages	04
I-7) Impacts généraux	04
I-8) Impact sur le plan économique	05
I-9) Les effets des barrages sur l'environnement	06
I-10) Impacts sociaux des barrages	10
I-11) Les effets des barrages sur le climat	10
I-12) Les effets des barrages sur le régime hydrologique	14
Conclusion	14

Chapitre II : généralité sur la zone d'étude

Introduction	15
II-1) situation géographique	15
II-2) le climat	17
II-3) Réseau hydrographique du bassin de Beni Haroun:	17
II-4) Le couvert végétal	19
II-5) Activité humaine et économique	20
II-6) Environnement du site	20

II-7) Aperçus historique sur le barrage	21
II-8) Caractéristiques hydrotechniques du barrage	22
Conclusion	25

Chapitre III : Géomorphologie et Géologie

Introduction	26
III-1) Aperçue géomorphologique	26
III-1-1) Caractéristiques morpho-structural	26
III-1-2) Ensemble physique	27
III-1-3) Les altitudes	28
III-1-4) Les pentes	29
III-1-4) Hydrographie et densité de drainage	30
III-2) Aperçue géologique	31
III-2-1) : Géologie du bassin de Mila	32
III-2-2) Lithologie	33
III-2-3) : Description litho stratigraphique	35
Conclusion	37

Chapitre IV : Hydro-climatologie et hydrologie

Introduction	38
IV.1) Représentation des stations climatologiques	38
IV-2) Analyse des paramètres climatiques	39
IV.2.1) Contrôle et homogénéisation des données pluviométriques ..	39
IV-2-2) Etude des précipitations	39
IV.2.3) Etude statistique	44
IV-2-4) Etude des variations thermiques	46
IV-3) Hydrologie	51
IV-3-1) Etude du débit	51
IV-3-1-2) Présentation des stations hydrométriques	51

IV-3-1-3) Variation des débits moyenne annuels et interannuels ..	52
IV-3-1-4) Variabilité mensuel et saisonnières des débits	55
IV-3-1-4-1) Méthode de CMD	57
IV-3-1-5) Commentaire sur le débit	57
IV-3-1) Apports annuels fréquentiels : Ajustement à des lois de répartition statistiques	58

Conclusion **61**

Chapitre V : contribution à l'évaluation des changements climatiques et hydrologiques résultent du barrage de Béni-Haroun

Introduction **62**

V-1) Perturbation des précipitations

V-1-1) Variation temporelle

V-1-2) Variation spatiale

V -2) changements des températures

V-2-1) Variation temporelle

V-2-2) variations spatiales

V-3) Le régime climatiques

a) Les indices climatiques

b) Les diagrammes climatiques.....

V-4) Bilan hydrique

V.4.1) Evapotranspiration potentiel (ETP)

V.4.2) Evapotranspiration réel (ETR)

V-4) Incidence sur le régime des débits

Conclusion **93**

Conclusion général **95**

Référence bibliographique

Annexes

Liste des figures

Figure N° :	Titre	Page:
Fig. I-01 :	Les différents types des barrages	03
Fig. I-02 :	Comblement d'une retenue	08
Fig.I-03 :	L'effet de serre et son impact sur la température globale moyenne	13
Fig. II-01 :	Situation géographique du bassin de Béni Haroun	16
Fig.II-02 :	Le barrage du Béni Haroun	17
Fig.II-03 :	Le lac de la retenue du barrage de Béni Haroun (image satellite, Google Earth, 2016)	17
Fig. II-04 :	Réseau hydrographique du bassin de Béni-Haroun	18
Fig. II-05 :	Réseau hydrographique du Bassin de Kébir-Rhumel	18
Fig. II-06 :	Carte de la superficie forestier dans la wilaya de Mila	19
Fig. II-07 :	profil longitudinale du barrage de Béni-Haroun (Mébariki 2009)	25
Fig. III-01 :	Ensemble morpho structuraux et bassins hydrologiques de l'Est Algérien (d'après M. Cote)	26
Fig. III-02 :	Carte d'altitudes de la Wilaya de Mila (Zouaoui. S 2008 modifier)	29
Fig. III-03 :	Principaux affleurements des séries néritiques Constantinoises (d'après J.M. Vila, 1980)	33
Fig.III-04 :	Carte lithologique de la wilaya de Mila	34
Fig.III-05 :	Colonne stratigraphique des dépôts néogènes du bassin deMila (P.E. Coiffait, 1992)	36
Fig. IV-01 :	Représentation géographique des stations pluviométriques	38
Fig.IV-02 :	Représentation graphique des résultats d'homogénéisation pluviométrique par double cumul	39
Fig. IV-03 :	Histogramme de la distribution annuelle des précipitations des stations, période (1998/2015)	40
Fig. IV-04 :	Représentation des variations mensuelles interannuelles des précipitations	41
Fig. IV-05 :	Représentation graphique de la répartition saisonnière de la précipitation	42

Fig.IV-06 : Représentation graphiques des résultats d'ajustement des lois de Gumbel et Galton aux précipitations des notre stations	44
Fig. IV-07 : Diagrammes des corrélations (1998/2015)	47
Fig. IV-08 : Répartition mensuelle des températures (1998/2015)	48
Fig. IV-09 : La variation saisonnière des températures	50
Fig. IV-10 : Situation géographiques des stations hydrométriques	51
Fig.IV-11 : Distribution moyen annuel du débit pour les deux stations	52
Fig. IV-12 : Représentation graphique du coefficient d'hydraulicité	54
Fig. IV-13 : Variation mensuelles et saisonnières des deux stations	56
Fig. IV-14 : Variation mensuelle des CMD pour les deux stations	57
Fig. IV-15 : Représentation de la régression linéaire entre Ch et Cp pour les deux stations	58
Fig. IV-16 : Représentation graphiques des résultats d'ajustement des lois de Galton et Gumbel aux débits des stations étudiées	59
Fig. V-01 : Représentation des variations mensuelles et saisonnière des précipitations des stations d'étude avant et après la construction du barrage	64
Fig. V-02 : carte des isohyètes avant la construction du barrage (1998/2003)	66
Fig.V-3 : Carte des isohyètes après la construction du barrage (2003/2015)	67
Fig. V-03 : Répartition mensuelle des températures	69
Fig. V-04 : La variation saisonnière des températures	71
Fig. V-05 : Carte des isothermes avant la construction du barrage (1998/2003)	73
Fig. V-7 : Carte des isothermes après la construction du barrage (2003/2015)	74
Fig. V-06 : Situation des notre stations sur l'abaque climatique de De Martonne avant et après la construction du barrage	76
Fig. V-07 : Climagramme de L'EMBERGER	80
Fig. V-08 : Diagramme pluvio-Thermiques pour notre stations	82
Fig. V-09 : Bilan moyen annuel de l'eau des stations étudiées	87
Fig. V-10 : Variations du module annuel	91
Fig. V-11 : Les variations moyennes mensuelles-saisonnières des débits avant et après la construction du barrage de Béni Haroun	93

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° :	Titre	Page :
Tableau I-1 :	les principales caractéristiques hydrotechniques de l'ouvrage	23
Tableau III-1 :	statistiques relatives aux facteurs des pentes	30
Tableau III-2 :	densité de drainage	31
Tableau III-3 :	Répartition en pourcentage des différentes formations lithologiques dans la wilaya de Mila	34
Tableau IV-1 :	les caractéristiques des stations pluviométriques	38
Tableau IV-2 :	certaines influences des précipitations sur l'écoulement	40
Tableau IV-3 :	Précipitations moyennes mensuelles interannuelle en (mm) des stations étudiées	41
Tableau IV-4 :	Précipitations moyennes saisonnier en (mm) des stations d'études	42
Tableau IV-5 :	Répartition des coefficients pluviométriques	43
Tableau IV-6 :	Répartition mensuelle interannuelle des températures (1998/2015)	48
Tableau IV-7 :	Températures moyennes saisonnières en (°C) des stations d'études	50
Tableau IV-8 :	Caractéristiques des stations hydrométriques	51
Tableau IV-9 :	Représentation des coefficients d'hydraulicité des stations étudiées	54
Tableau IV-10 :	Variation moyenne mensuelle et saisonnière des débits	55
Tableau IV-11 :	Répartition des CMD pour les trois stations	57
Tableau V-1 :	Les variations des précipitations moyennes annuelles avant et après la construction du barrage	62
Tableau V-2 :	Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières en (mm) des stations d'études	63
Tableau V-3 :	Les variations des températures moyennes annuelles avant et après la construction du barrage	67
Tableau V-4 :	Répartition mensuelle interannuelle des températures	68
Tableau V-5 :	Températures moyennes saisonnier en (°C) des stations d'études	71
Tableau V-6 :	Les valeurs de l'indice d'aridité	75
Tableau V-7 :	Le quotient pluviométrique annuel de Moral	77
Tableau V-8 :	Valeurs du rapport P/T des stations utilisées	78

Tableau V-9 : Les valeurs de Q2	79
Tableau V-10 : les valeurs de la méthode de diagramme pluviotermique	81
Tableau V-11 : Les résultats des diagrammes pluviométriques	83
Tableau V-12 : Bilan hydrique des stations étudiées	85
Tableau V-13 : perturbation des modules annuels des deux oueds (Endja, Rhumel)	91
Tableau V-14 : les conséquences du barrage B-Haroun sur le régime hydrologique du débit	92

Introduction générale

Pour pallier les grandes pénuries temporaires l'homme fait appelle à plusieurs ouvrages hydrauliques, parmi ces ouvrages celles qui barrent le cours d'eau (les barrages). Ce type d'ouvrages de retenue c'est un organe très important pour retenir l'eau aux plusieurs buts, il est également un facteur de dégradation environnementales, de dérèglement hydrologique et climatique.

Les barrages sont existe depuis la préhistoire et réparties selon divers types et tailles sur la surface mondiale, comme dans l'Algérie qui dispose sur son territoire d'un certain nombre des grands barrages. Parmi les, celui de Béni Haroun dans la wilaya de Mila qui est à ce jours le plus grand complexe hydraulique Algérien. Il est l'essentiel de notre travail, où le but de ce travail est portera sur l'évaluation des changements climatiques et hydrologiques résultent du barrage et de sa retenue, nous avons utilisé une méthode analytique statistique des paramètres météorologiques et hydrologiques afin d'arriver à notre but.

Notre travail s'appuis sur les hypothèses suivantes :

- Le barrage de Béni Haroun augmente les précipitations
- Le barrage de Béni Haroun perturbe la température
- Le barrage de Béni Haroun augmente le niveau d'eau à l'amont

Pour arriver à la confirmation ou l'infirmité des ces hypothèses nous avons divisé notre travail à cinq chapitres titrés comme :

- Aperçus bibliographique : c'est une généralité sur les barrages et ses effets, fait partie de l'objet du premier chapitre ;
- Généralité sur la zone d'étude : c'est l'objet du deuxième chapitre qui donne une idée sur la situation géographique, et hydrographique de la région de Mila ;
- Géologie et géomorphologie : c'est le troisième chapitre qui mis la lumière sur la situation géologique, lithologique et géomorphologique de la région d'étude ;
- Hydro-climatologie et hydrologie : c'est le quatrième chapitre qui nous donne l'occasion de savoir l'état climatique et hydrologique actuel de notre région d'étude ;
- Influence du barrage de Béni Haroun sur les paramètres climatiques et hydrologiques: c'est le cinquième chapitre qui rendre notre but en lumière.

Introduction :

La construction du barrage c'est la solution adaptée par l'être humaine, afin de rattrapé le déficit hydrique (par l'accumulation des eaux des oueds), pour pouvoir couvrir ses besoins surtout dans le temps hors pluies (sèche), ainsi le déficit électrique (par des barrages hydroélectriques). Cet ouvrage possède des impacts positifs et négatifs en même temps, environnemental, climatiques et socio-économiques, et sans oublier ses impacts sur la morphologie des cours d'eau. Tous ses impacts sont souvent oubliés par les décideurs de réaliser un barrage.

I-1) définition du barrage :

Un barrage est un ouvrage établi dans le lit d'un cours d'eau dans le but de créer une dénivellation entre les plans d'eau situés en amont et en aval [15]. Cet ouvrage est destiné à retenir, dériver ou stocker l'eau pour plusieurs usages.

I-2) les différents types des barrages :

Le type du barrage n'est pas standard, parce que la nature du site, soit géologiquement, topographiquement ou hydrologiquement, ainsi les dimensions adaptés tant sur le plan technique qu'économique commande le type du barrage utilisé. [16]

Selon les matériaux de construction, les barrages peuvent être classés en deux groupes :

- Rigides, en béton ou maçonnerie
- Souples, en terre ou enrochement

La figure ci-après résume les types des barrages selon les matériaux de construction [16] :

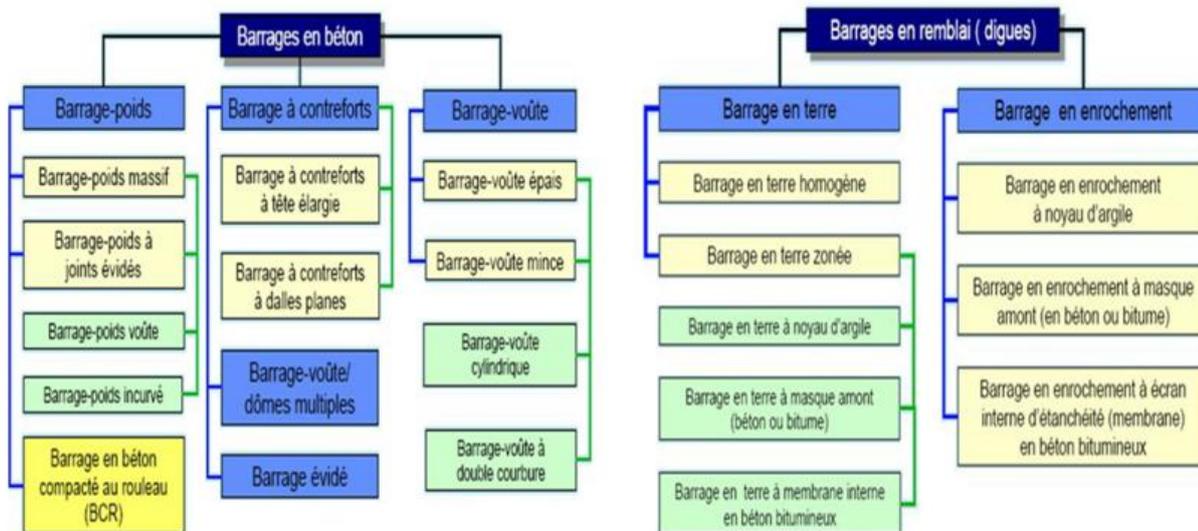


Fig. I-1 : Les différents types des barrages

I-3) Cas particuliers des barrages :

Il existe d'autres catégories de barrage, mais en taille réduite :

- Le barrage peut être souterrain, ouvrage souterrain construit en vue de retenir l'eau d'une nappe souterrain (l'exemple du barrage de Naré au Burkina) [17]
- Barrage de stériles, barrage construit avec les stériles miniers (résidus de terre des mines) en vue de stocker les résidus (liquides ou solides souvent dangereux) de ces mines. Les barrages sont montés au fur et à mesure de l'exploitation de la mine, ils s'apparentent au barrage en remblai. [18]
- Les barrages de montagne sont des ouvrages destinés à lutter contre les effets de l'érosion torrentielle. Ce sont des ouvrages construits en travers des torrents. Ils peuvent interrompre (partiellement ou complètement) le transport solide ; ils peuvent également fixer le profil en long d'un thalweg en diminuant l'agressivité des écoulements. [18]
- Les digues filtrantes sont des ouvrages construits en pierres libres à travers un talweg ou bas-fond dans lequel des eaux de ruissellement se concentrent lors des grandes pluies. La digue sert à freiner la vitesse de l'eau des crues, et elle épand ces eaux sur une superficie au côté amont, action par laquelle l'infiltration est augmentée et des sédiments sont déposés. La superficie inondable constitue un champ cultivable sur laquelle sont obtenus de bons rendements grâce à une meilleure disponibilité en eau et en éléments nutritifs pour les cultures comme le sorgho. En même temps, l'érosion de ravine dans le talweg est arrêtée ou évitée. [18]

I-4) Exigences des barrages

Le barrage répond à deux exigences principales [17]:

- L'étanchéité : empêche le passage de l'eau
- La stabilité : résiste à la poussée de l'eau.

I-5) Principaux éléments du barrage [17]:

- Une digue ou barrage principale
- Un évacuateur des crues
- Un ou des ouvrages des prises
- Un ouvrage de vidange.

I-6) Les objectifs des barrages :

Le principe général d'un barrage est de barrer une vallée, plus ou moins encaissée pour accumuler l'eau. Cette accumulation peut avoir plusieurs objectifs.

Les caractères du barrage et la retenue et le site qui va les recevoir doivent être adaptés à la nature et à l'importance des besoins à satisfaire [19]:

- Satisfaction des besoins en eau domestique, agricoles ou industriels
- Tourisme et pêche
- Ecrêtement des crues ou écrêtement des ruissellements d'orage des zones urbaines
- Constitution de réserves pour la lutte contre l'incendie
- Lagunage

En plus de ces buts, l'homme retient l'eau dans un barrage pour, la production de l'énergie (barrage hydroélectrique), navigation et loisirs, et la protection des estuaires contre les remontées d'eau salée depuis la mer.

I-7) Impacts généraux :

Les conséquences environnementales, sociales et climatiques d'un barrage varient selon le volume et la hauteur de l'eau dans la retenue, et aussi selon le contexte biogéographique ; parmi ces conséquences on cite [21]:

- La mise en eau des barrages induit très souvent des déplacements de population et la disparition des zones agricoles ; [20]

- La création de retenue d'eau artificiel peut entraîne la sous-oxygénation de l'eau. Au contraire la libération subite de l'eau a pour conséquence une suroxygénation dans un cas comme dans l'autre, l'équilibre des écosystèmes est mis à mal ; [20]
- Noyant des vallées entières ; [21]
- Bouleverser des écosystèmes locaux ; [21]
- Les barrages arrêtent les sédiments créant des cuvettes artificielles, les cours d'eau ont alors tendance à s'envaser ; [20]

I-8) Impact sur le plan économique :

1. Impacts positifs :

Les effets positifs des barrages sur le plan économique des pays sont résumés dans le rattrapage des déficits électriques (production de l'énergie électrique), une bénéficie pour le plan agriculture (l'irrigation des terres agricoles), l'alimentation en eau potable, création d'un réseau routier, l'activité touristique...etc.

Le barrage est un aménagement essentiel permet les échanges économiques entre les pays riverains du fleuve sur le quelle il est construit , comme l'exemple du barrage de Diama qui définit comme le seul point de franchissement routier dans la région aval du fleuve Sénégal qui sert de frontière naturelle entre la Mauritanie et le Sénégal, et permet de relie Nouakchott et toute la Mauritanie à Saint-Louis au Sénégal. [22]

Ainsi que le barrage de Trois-Gorges qui possède des nombreux impacts positifs sur l'économie de la Chine. D'abord, la production d'électricité qu'elle a engendrée profite grandement à ce pays en plein développement économique, et permet les transferts entre le Sud de la Chine, région des moussons riche en eau, et le Nord clairement défavorisé en matière hydrographique, et permet un développement économique et social durable de ces régions du Nord, et d'autre part, permet la gestion des crues, qui furent autrefois meurtrières à plusieurs reprises, permet un meilleur développement des régions traversées par le fleuve Bleu, sur lequel est construit le barrage .

Enfin, la navigation des bateaux de plus de 10 000 tonnes s'en est trouvée permise sur le fleuve Bleu, favorisant le commerce, le désenclavement économique de certaines métropoles chinoises, et l'essor du Nord [21].

D'un exemple Algérien, il existe plusieurs barrages qui bénéfices l'économie du pays, parmi les, le barrage de Guenitra sur l'oued Fessa, affluent de l'oued Gaebirapour but d'apporter le volume d'eau nécessaire à l'approvisionnement de la ville de Skikda aux prise à une forte urbanisation et pole industriel important (pétrochimie) et également à l'irrigation de périmètre

de Safsaf (5400 ha). Ainsi le barrage de Chefia (1965), permet l'irrigation du périmètre de 16000ha de Bounamoussa et l'approvisionnement du pôle urbano-industriel d'Annaba. Sans oublier le barrage de Béni Haroun qui amélioré le plan touristique de la wilaya de Mila, ainsi la satisfaction des besoins des agglomérations et des industries des 5 principales wilayas (Mila, Constantine, Oum El Bouaghi, Batna et Khenchela), en plus de l'irrigation des plusieurs terres. [6]

2. Impacts négatifs :

Le grand effet négatif des barrages sur le plan économique c'est les pertes des terres, ce qui mis à mal l'agriculture qui est l'un des branches économiques, on prend comme un exemple, le projet de trois-gorge en chine, qui submerge plus de 100 villes ainsi que 34000 ha de terres agricoles qui étaient pour la plupart fertiles. A l'échelle mondiale plus de 400 000 km² de terres ont ainsi été perdu. [29]

I-8) Les effets des barrages sur l'environnement :

Les barrages peuvent avoir des impacts sur l'environnement en modifiant les habitats et en altérant les processus hydrologiques et géomorphologiques.

Les éléments environnementaux susceptibles d'être affectés par les mesures de gestion des ouvrages sont La présence des différentes espèces migratrices car les ouvrages peuvent empêcher leur passage[21]

- Le type d'écoulement, car les ouvrages constituant des barrages peuvent ralentir l'écoulement en amont et l'accélérer en aval.
- Le fonctionnement du transport des sédiments, car les ouvrages peuvent favoriser le dépôt des sédiments en amont immédiat de l'ouvrage et/ou créer des érosions ;
- L'état des berges car le niveau de l'eau peut varier dans la zone de remous et provoquer une érosion ;

La présence de frayères à poissons car le dépôt de sédiments colmate les frayères en amont et le courant devenu plus lent ne peut plus charrier les éléments les plus grossiers nécessaires à la constitution des frayères.

➤ Dégradation de la qualité de l'environnement :

Les barrages sont généralement construits dans des environnements uniques, où l'on retrouve des terres de qualité qui ont permis le développement d'une biodiversité exceptionnelle. De plus, le flux naturel des rivières permet le transport des minéraux et de nutriment organique qui nourrissent les terres et permet d'avoir des eaux de bonnes qualités. Les barrages viennent donc altérer cette réalité en détruisant des écosystèmes et en favorisant la prolifération d'algues sur les eaux.[20]

➤ **Dompage à la biodiversité :**

Les écosystèmes où sont construits les barrages contiennent une biodiversité qui a su s'adapter à son environnement. La modification de celui-ci par la construction d'un barrage nuit à certaines espèces animales qui n'arrivent pas à s'adapter. Des espèces sont non seulement menacés d'extinction par les barrages mais la migration de certaines espèces animales est aussi compromise, ce qui affaibli d'autant plus la biodiversité. [20]

➤ **Sur les poissons**

Les barrages empêchent aussi la route migratoire des poissons amphihalins. Les poissons potamotoques (qui se reproduisent dans les fleuves), comme les saumons, n'accèdent plus à leurs frayères. Les thalassotoques (qui se reproduisent en mer mais vivent dans les fleuves), comme les anguilles, ne circulent plus, ou mal, dans leur lieu de vie. [31]

➤ **Contamination de la santé :**

Plusieurs études réalisées avant et après la retenue des eaux ont constaté un niveau de mercure beaucoup plus élevé chez les populations humaines et animales après la construction du barrage. Les taux de mercure chez certaines personnes dépassaient grandement les quantités maximales recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé.[31]

➤ **Impacts sur le cours d'eau :**

La construction des barrages modifie le territoire et le paysage, et également intervient directement sur le cours d'eau (ralentissement du courant, réchauffement de l'eau, envasement...)

La retenue d'un barrage joue le rôle d'un énorme décanteur. Les matériaux solides transportés par le cours d'eau sont déposés du fait du ralentissement de la vitesse. Un tri granulométrique s'opère avec dépôt des éléments les plus grossiers à l'entrée de la retenue (en amont du barrage) (figure I-2). Les éléments plus fins se déposent plus à l'aval. Les végétaux et animaux (zooplancton, poissons...) créent de la matière organique qui sédimente également, le tout formant une vase plus ou moins riche en matière organique qui se consolide rapidement. Les opérations de vidange n'arrivent qu'à extraire vers l'aval le bouchon de vase proche de l'orifice, et le comblement progressif de la retenue être irréversible. Ce phénomène est très marqué dans les pays des Maghreb. [27]

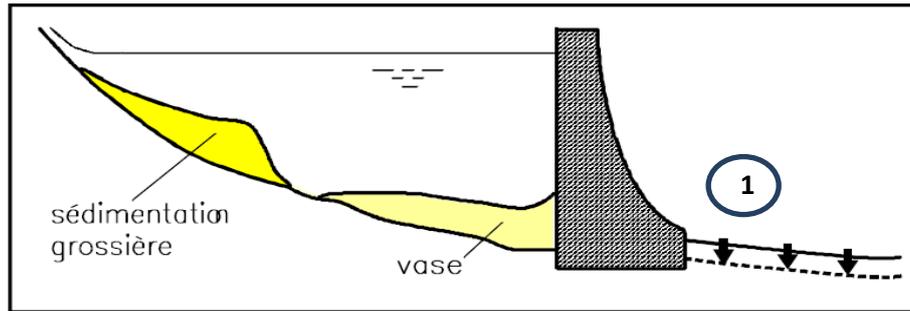


Fig I-2 : Comblement d'une retenue

Une autre influence forte a lieu à l'aval qui est parfois oubliée ; Schématiquement, elle est due à la fois à la réduction de débit et au déversement d'eau claire.

Pour tous les barrages, avec ou sans dérivation, le premier mécanisme aval est dû au lâcher d'une eau pratiquement débarrassée de toute charge solide. Le principe de saturation en débit solide explique que l'écoulement doit prélever des matériaux sur le fond ou sur les berges. Sauf dans les cas où l'écoulement atteint le substratum, c'est sur le fond que les matériaux sont prélevés. La rivière s'enfonce donc selon un mécanisme d'érosion progressive (fig. I-2(1)). [27]

L'érosion des rives en aval, induit un surcreusement du cours d'eau ou modifier la morphologie du lit mineur ou majeur en aval. Cet effet est à relativiser dans les cas où l'érosion a été exacerbée en amont par l'homme avant la construction du barrage, comme l'exemple des barrages de castors qui renaient une grande partie des sédiments ; Au total des centaines de milliards de mètres cubes de sédiments ont été piégés par les barrages et mares de castors. [27]

Pour les retenues où l'eau est prélevée (dérivation, pompage), il y a une réduction souvent très forte du débit à l'aval du barrage. La végétation peut alors coloniser un espace autrefois occupé par l'eau. Mais les fortes crues, qui sont peu atténuées par la retenue, entraînent des débordements plus graves mais aussi des arrachements d'arbres, en particulier les peupliers, alors que les saules et les aulnes résistent mieux. [27]

Tous ces mécanismes entraînent une réduction notable et durable de la largeur du lit mineur. [27]

- D'une manière générale, les barrages induisent à leur amont une augmentation des profondeurs d'eau et une réduction des vitesses. L'augmentation des profondeurs et la réduction des vitesses ont des effets majeurs sur les processus physico-chimiques. On constate généralement

une augmentation de la température de l'eau, notamment en étiage, ce qui se traduit par une baisse de la teneur en oxygène dissous.[28]

- Les barrages modifient la physionomie des cours d'eau et ont des conséquences majeures. Ainsi, ils ralentissent et uniformisent l'écoulement. Les eaux courantes deviennent des eaux dormantes, modifiant la composition de la flore et de la faune. [31]

- Les crues saisonnières, notamment lors de la fonte des neiges dans les cours d'eau de montagne, sont nivelées par les barrages. Le cours d'eau perd alors toute saisonnalité.[31]

- Le piégeage puis l'accumulation des sédiments fins dans les retenues se traduit généralement par un changement radical des biocénoses aquatiques. [31]

➤ **Impact sur les eaux souterraines :**

En amont : Impact positif, car les nappes seront rechargées davantage surtout dans la zone qui entoure la cuvette. [26]

En aval : l'impact indirect est dû à la rupture de l'alimentation des nappes qui occupent le lit majeur de l'oued par la mise en place du barrage. Cette rupture peut affecter non seulement les nappes alluviales phréatiques, mais aussi probablement les nappes profondes dont les eaux remontent à travers les failles de cette zone. [26]

➤ **Impact sur la qualité de l'air**

Au cours des constructions surtout dans les phases initiales, le besoin de procéder à des excavations avec des explosifs provoquera de quantité non négligeable de poussières dans l'atmosphère. [26]

L'augmentation de la circulation, des personnes et des véhicules dans les aires d'aménagement pourra conduire également à l'accroissement de poussières atmosphériques, cet impact est négatif mais de signification très réduite. Pendant la phase d'exploitation on ne prévoit aucun impact sur la qualité de l'air. [26]

➤ **Impact sur le patrimoine ornithologique**

Les plans d'eau des barrages sont des zones calmes et protégées. Ils se révèlent souvent un lieu privilégié pour l'hivernage des oiseaux d'eau et le passage des oiseaux migrateurs, comme le barrage Sikkak (Tlemcen) qui peut contribuer à la protection des espaces rares. [26]

I-9) Impacts sociaux des barrages :

En plus de ses impacts positifs sur le plan social comme l'approvisionnement des populations en eau potable, et en énergie électrique, la protection contre les crues, les barrages possèdent plusieurs impacts négatifs comme :

- **Evection forcés** : les populations qui sont déplacées pour laisser place au barrage sont souvent réfractaires à quitter leurs terres ancestrales. Les évictions peuvent donc se faire dans la violence, les opposants au projet de barrage peuvent voir leur vie menacée pour leur opinion [20]. On titre d'exemple on prend le barrage de trois-gorge en Chine, qui affectent la vie, l'habitat et l'économie d'au moins 20 millions de personnes vivant au-dessus du barrage et 300 millions autres en aval, d'où les premières estimations des populations à déplacer varient d'environ 1 million à près de 2 million. Cependant, il semble désormais possible que pas moins de 6 millions des personnes au total devront être déplacées et réinstallées à cause du barrage et de ses impacts environnementaux. [20]
- **Baisse de la nourriture disponible** : les barrages affectent les espèces animales, notamment les poissons, et les pêches deviennent moins fructueuses. L'agriculture est aussi affectée, en partie à cause de la mauvaise qualité des eaux qui irriguent les terres après la construction d'un barrage. [20]
- **Augmentation des maladies** : bien souvent l'eau du réservoir ou l'eau entourant le barrage est la seule disponible pour les populations. Pourtant, cette eau n'est bien souvent pas potable. Les maladies et infections augmentent donc chez les individus. De plus, la prolifération des moustiques augmente le risque de transmission de certaines maladies comme la malaria et agit grandement à la qualité de vie des habitants. [20]
- **Dégradation du milieu de vie** : les populations sont souvent déplacées dans des milieux où l'infrastructure laisse à désirer. Elles peuvent donc être déplacées dans un environnement où il n'y a pas d'accès à l'eau potable ou tout simplement dans des logements insalubres. [20]

I-10) Les effets des barrages sur le climat :

Selon la capacité du barrage, il est possible de croire que les ne donne que des petites changements, mais ces petits changements des paramètres météorologiques comme la température, la précipitation et le vent, peuvent avoir un impact considérable sur les activités humaines comme l'agriculture, les transports, le bâtiment et l'urbanisation.

L'inondation d'une vaste région ou la construction d'un barrage pour accumuler un volume considérable d'eau, peut avoir des effets appréciables

sur les caractéristiques climatologiques près de la masse d'eau et à une certaine distance dans le sens du vent. L'ampleur et l'importance de ces effets dépendent surtout de la morphologie de la masse d'eau, de sa situation géographique et du type de changement dans l'utilisation des terres. [23]

➤ **Les barrages et les précipitations :**

Des études des Grands lacs démontrent que les lacs de grande taille peuvent empêcher la croissance des nuages de convection et diminuer le nombre d'averses au printemps et au début de l'été (Phillips et McCulloch 1972). Le contraire semble être vrai en automne et au début de l'hiver.

Natrus (1964) disait, en concluant son étude, que la précipitation estivale au lac Omega sur la Volga (Europe) est de 5 à 7 % plus faible sur le lac même qu'aux stations riveraines. D'yakonov et Reteyum (1965) ont constaté qu'en juillet, dans certaines régions, le réservoir de Rybinsk (nord de Mouscou en Russie) est la cause directe d'une augmentation des précipitations atteignant 90mm, mais qu'il y a une diminution de 10 mm sur le réservoir lui-même. En outre, il y a une légère différence diurne entre les chiffres. L'intensité de la précipitation est d'environ les deux tiers de l'intensité mesurée dans les stations intérieures. Au Canada, R. W. Verge (données inédites) a découvert que, pour un petit réservoir de la vallée du Fraser, en juillet, la pluviosité peut être diminuée de 20 % dans le sens du vent à partir du réservoir. Pour la même zone, les précipitations estimatives en hiver étaient d'environ 10 % supérieures. [23]

➤ **Les effets des barrages sur les vents :**

Après la création d'un réservoir, les roses des vents sont généralement allongées dans la direction du fetch le plus long. Le nombre de jours de vent fort augmente et la fréquence des vents légers diminue probablement, et les différences entre les vitesses du vent au-dessus du lac et au-dessus des terres seraient à leur maximum la nuit et à leur minimum le jour (Phillips et Irbe 1977). [23]

➤ **Le barrage et le régime thermique de la zone de cet ouvrage :**

Il existe de nombreuses communications scientifiques sur les effets de température qui résultent de la construction de lacs et de réservoirs de petite taille dans les régions tempérées, sans doute parce que la modification de la température de l'air est facilement détectée pour les petites masses d'eau, les températures extrêmes de l'air sont généralement supprimées, les températures moyennes sont légèrement plus froides que les températures des terres au printemps et légèrement plus chaudes en automne. Les réservoirs ont également une influence sur la gamme des températures diurnes. En moyenne, les réservoirs relèvent les températures nocturnes et abaissent les températures diurnes de mai à juillet et réchauffent l'air environnant de septembre à novembre, quelle que soit l'heure de la journée.

Un des effets positifs de la retenue des eaux est la hausse générale des températures nocturnes près de l'eau, de sorte que dans certaines localités, la saison de gel est raccourcie de 5 à 15 jours sur la rive, selon la capacité d'emmagasiner thermique du réservoir. [23]

➤ **Explication comment les barrages ont des impacts indirects sur la température :**

Les barrages sont souvent considérés comme une énergie verte et leur construction est vue comme un moyen de lutter contre le réchauffement de la planète, mais la construction d'un barrage entraîne une hausse effective des gaz à effet de serre. Même si le niveau des émissions varie grandement d'une année à l'autre et en fonction de la région où le barrage est construit (milieu tropical forêt boréal), tous les réservoirs analysés émettent des GES. [20].

L'inondation des terres et de forêts entraîne une décomposition microbienne qui augmente les émissions de GES[25].

Pour mieux compris, il faut savoir la relation de GES avec la température, en l'absence du gaz à effet de serre (CO_2, CH_4, N_2O), la plus grande partie de la chaleur pénétrant dans l'atmosphère terrestre serait directement réémise dans l'espace, et la température moyenne de la terre serait de $-18^\circ C$ au lieu de $+ 15^\circ C$, par contre l'accroissement des concentrations de GES accentue l'effet de serre naturel (absorption des chaleurs de la surface par les gaz et la vapeur d'eau présents dans l'atmosphère) et fait monter la température moyenne de la surface du globe. Ce réchauffement de la planète causés des changements pour l'ensemble des paramètres de climat, car il déclenche une modification des circulations atmosphériques (fig.I-3). [24]

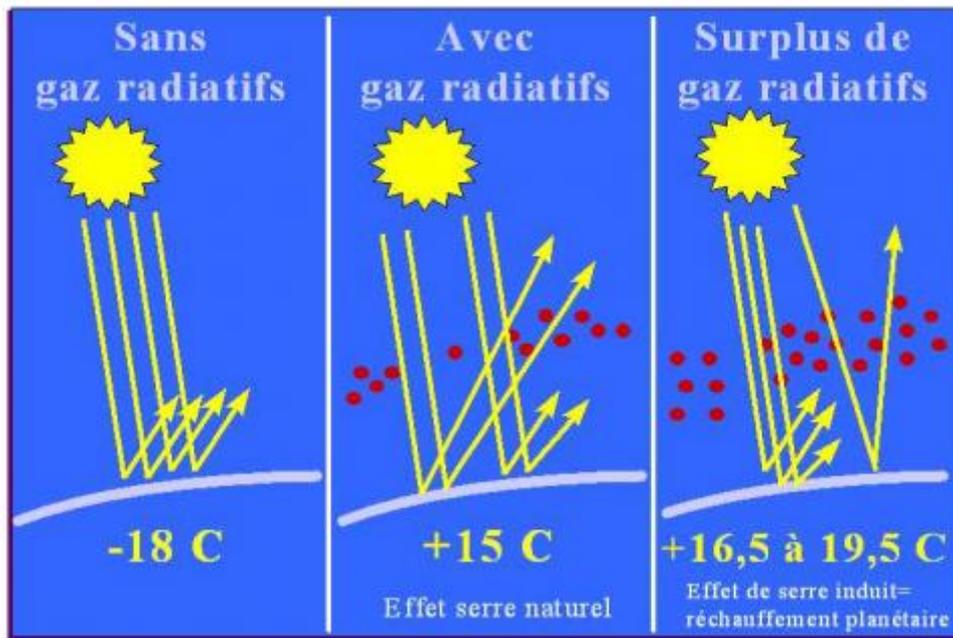


Fig.I-3 : L'effet de serre et son impact sur la température globale moyenne

➤ **Les barrages augmentent l'évaporation :**

La quantité d'eau en aval étant plus faible, elle est plus sensible aux changements de température, perturbant les organismes qui y vivent. Dans les bassins de retenue, la quantité d'eau à l'étiage diminue, à cause de l'évaporation plus forte des eaux stagnantes l'été. En Egypte, où la chaleur atteint des records, l'eau retenue par le barrage d'Assouan perd 10 milliards de mètres cubes d'eau par an par évaporation (CNRS). [31]

➤ **Dégradation de l'humidité :**

Élévation de l'humidité dans l'air et accroissement de la fréquence du brouillard dans la région, créant un milieu propice à la prolifération d'insectes vecteurs de maladies (tels que les moustiques et la mouche tsétsé). [30]

Les études effectuées en Union soviétique indiquent que l'humidité est légèrement supérieure dans la région immédiate entourant un lac, par comparaison aux stations terrestres situées dans le sens du vent (Vendrov 1965). Buckler (1973) a constaté que la configuration du lac Diefenbaker exerçait sur l'humidité spécifique une influence trop faible pour être mesurable. Schaefer (1976) a fait des constatations semblables pour le lac Williston (Canada). [23]

I-11) Les effets des barrages sur le régime hydrologique :

Les barrages perturbent fortement le régime hydrologique du cours d'eau en aval de la retenue, ils suppriment totalement les crues et les zones humides, ainsi la quantité d'eau en aval qu'est beaucoup plus faible.

➤ Le barrage affecte la relation pluie-débit :

Dans l'Afrique de l'ouest, les faibles corrélations pluies/débit entre les mois humides de l'année en cours peuvent être liées au stockage d'eau, à la baisse des crues et/ou en partie à l'importance de la variation de l'évaporation de la retenue, mais le point essentiel est que la corrélation pluie/débit dans le bassin de Mono est fortement dégradée de 1988 à 2000, du fait de l'effet tampon joué par la retenue de Nangbéto (Togo). [25]

Tels que la bonne relation entre pluie et débit dans le bassin du Mono est remarqué avant la mise en eau du barrage de Nangbéto, en 1988. Ainsi, les débits d'étiage d'une année sont soutenus par les lames d'eau précipitées des mois humides de l'année précédente. Par contre les effets des déficits pluviométriques sont encore perceptibles dans les années 1990, avec un tarissement à la hausse sur le Couffo à Lanta malgré la reprise des précipitations. Avec la mise en eau du barrage, le régime hydrologique du fleuve Mono a été modifié: les débits d'étiage sont abondants et soutenus par les lâchers d'eau et les crues sont en légère baisse, avec pour conséquence l'augmentation du coefficient d'écoulement de 1988 à 2000. Les relations pluie/débit sont donc modifiées, du fait de la dynamique du couvert végétal et certainement des vidanges précoces des nappes de la retenue. Cette pérennisation de l'écoulement dans la basse vallée du Mono, détermine aussi la dynamique géomorphologique de l'embouchure du fleuve, du fait des déficits sédimentaires et de la modification des activités socio-économiques [impacts des variabilités climatiques et de barrage. [25]

Conclusion :

Comme on a vu dans ce chapitre, les barrages construits pour plusieurs objectifs comme la satisfaction des eaux pour plusieurs buts, c'est l'un des impacts positifs des ces ouvrage.

Les barrages présents aussi des impacts négatifs tels qu'ils obligent à déplacer de nombreuses personnes, peut noyer d'importantes surfaces de terres cultivées...etc.

Et enfin malgré ses impacts négatifs le barrage reste toujours un organe très important dans notre vie, parce que avant tout le barrage assurer à nous une quantité d'eau stocké par il dans le temps sécher.

Introduction :

La wilaya de Mila est située au Nord-Est d'Algérie ; fait partie du bassin versant de l'Oued Kébir-Endja. Cette wilaya abrite le plus grand complexe hydraulique au niveau national, le barrage de Béni-Haroun qui alimente une grande partie de l'Est-Algérie en eau potable et d'irrigation. Ce barrage est la solution adoptée par l'état pour couvrir toutes les besoins en eau de la région constantinoise et les graves pénuries connues par celle-ci surtout en période sèche.

Le barrage de Béni-Haroun constitué la plus grande retenue artificielle algérienne et la seconde du continent africain avec une réserve de 1 milliard de m^3 d'eau atteinte en Février 2012, située sur l'oued El Kébir répartis sur 3900 ha. Il est alimenté par 2 bras principaux avec les oueds Rhumel et Endja avec une superficie d'environ à $6595 km^2$.

II-1) situation géographique :

a. Situation du bassin de Béni-Haroun :

Le bassin versant du Béni-Haroun est situé en grand partie sur le versant méridional du bombement tellien [1]. Il fait partie du grand bassin Kébir-Rhumel (Fig. II-1) avec une superficie de $6595 km^2$, soit 85% de la surface totale. Ce bassin limité naturellement par les limites du Kébir-Rhumel qui sont:

- Au Nord-Ouest et Nord-Est par les bassins des côtiers constantinois Ouest et centre respectivement (BV n°03).
- Au Sud, le bassin des hautes plateaux constantinoise (BV n°07).
- A l'Ouest les bassins de Soummam (BV n°15).
- Et à l'Est le bassin de Seybouse (BV n°14).

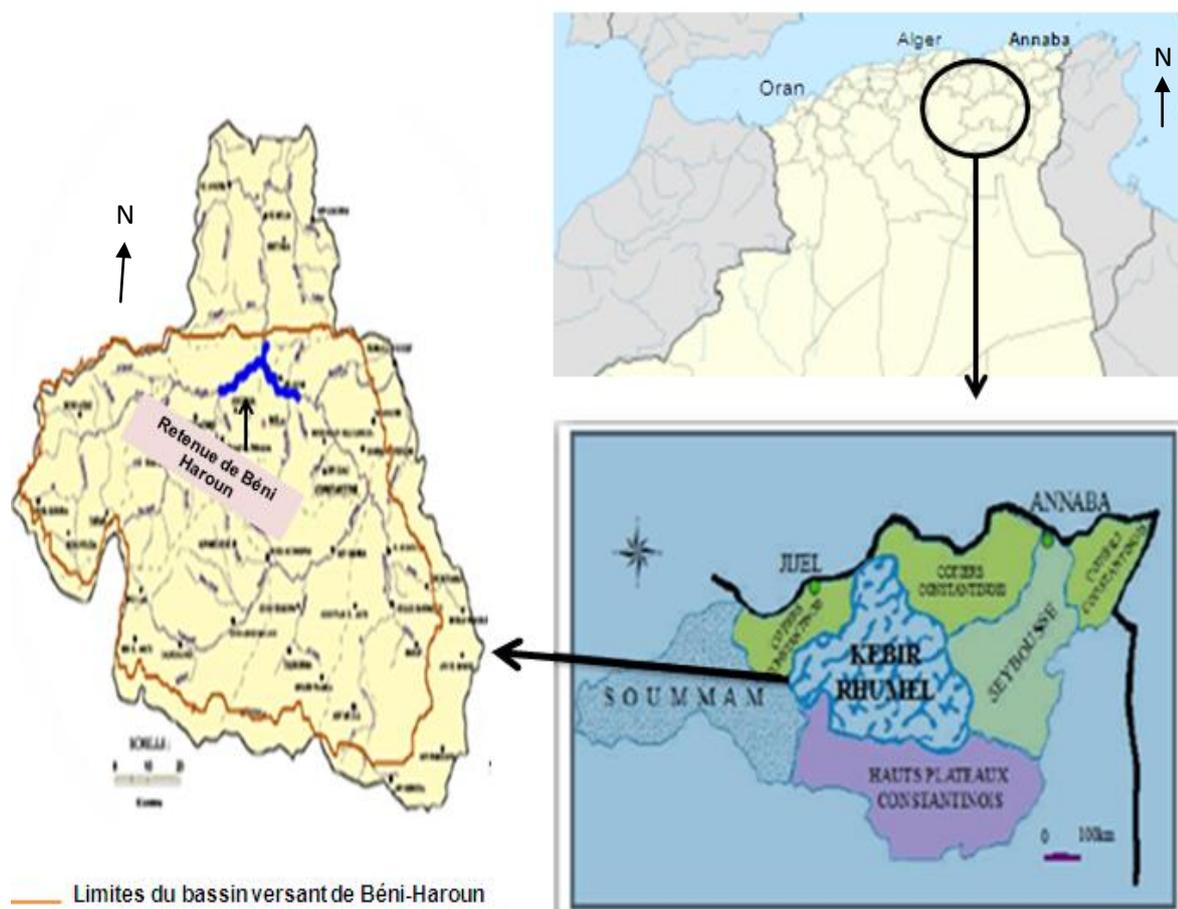


Fig. II-1: Situation géographique du bassin versant de Béni Haroun

b. Situation du barrage de Béni-Haroun et sa retenue:

Le barrage de Béni-Haroun (Fig. II-2) est situé dans le Nord-Est de l'Algérie sur l'oued Kébir-Rhumel à une quarantaine de km de son embouchure dans la mer méditerranée [2].

La retenue créée par le barrage se trouve au Sud de ce dernier (Fig. II-3) ; elle est située à environ de 40 km au Nord-Ouest de la ville de Constantine et à 350 km à l'Est d'Alger [2]. Le barrage et sa retenue sont trouvés dans la wilaya de Mila au Nord-Est d'Algérie.

La retenue de Béni-Haroun s'étend sur une longitude allant de $6^{\circ}24'$ à $6^{\circ}06'$, et une latitude de $36^{\circ}29'$ à $36^{\circ}29'$ (de l'Est à l'Ouest), et de Nord au Sud sur une longitude de $6^{\circ}16'$ à $6^{\circ}15'$, et une latitude de $36^{\circ}33'$ à $36^{\circ}31'$.

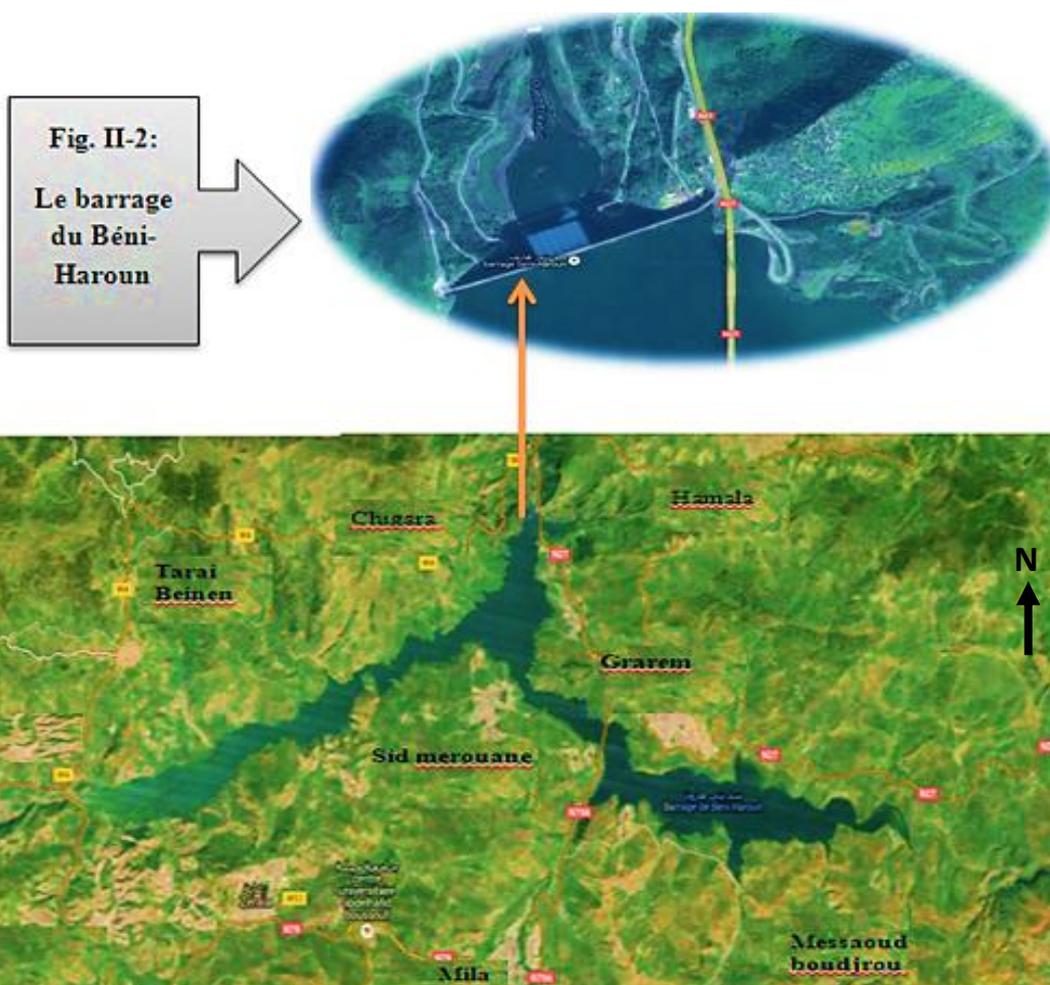


Fig. II-3 : Le lac de la retenue du barrage de Béni Haroun (image satellite, Google Earth, 2016)

II-2) le climat :

La situation géographique des régions conditionne le type du climat tels que notre région et avec sa position située dans un climat tempéré, à subhumide [3].

II-3) Réseau hydrographique du bassin de Béni Haroun:

Le bassin de Béni Haroun présente un chevelu hydrographique très dense totalise un réseau de plus de 4200 km, quarante Oueds ont une longueur supérieure à 10km. Ce bassin drainé par deux cours d'eau très importants : l'Oued Rhumel d'un linéaire de plus de 123km, et Oued Endja d'un linéaire de 15 km. La confluence de ces deux oueds donne la naissance de l'oued El Kébir [4] (Fig. II-4).

Le bassin à l'amont de Béni Haroun constitue une partie prédominante (87.6%) du bassin du Kébir-Rhumel dont l'étendue jusqu'à son embouchure, à la mer méditerranée (Fig. II-5), sa surface est de l'ordre de 8 815 km². Il se départage, selon le contexte physiographique et climatique très différencié de la région, en trois grandes zones hydrographiques distinctes [5] :

- Une zone méridionale « les hautes plaines » correspondant au bassin de l'oued Rhumel supérieur et son principal affluent, l'oued Boumerzoug (au total : 4 247km²) ;
- Une zone septentrionale Est ou « piémont Sud-tellien oriental » assimilée par souci de simplification au bassin inférieur du Rhumel avec son affluent l'oued Smendou, jusqu'à sa confluence avec l'oued Endja (sous- bassin du Rhumel-Smendou : 1 085 km²) ;
- Une zone septentrionale Ouest « piémont Sud-tellien occidental » épousant le bassin de l'Oued Endja jusqu'à sa confluence avec l'Oued Rhumel (sous bassin de Dehamcha-Kébir, amont et Kébir-Endja : 2 146 km²)

A l'aval de la confluence Rhumel-Endja, jusqu'au site du barrage sur l'Oued El Kébir, la zone des « massifs telliens du nord » se limite à une surface de 247 km² [5].

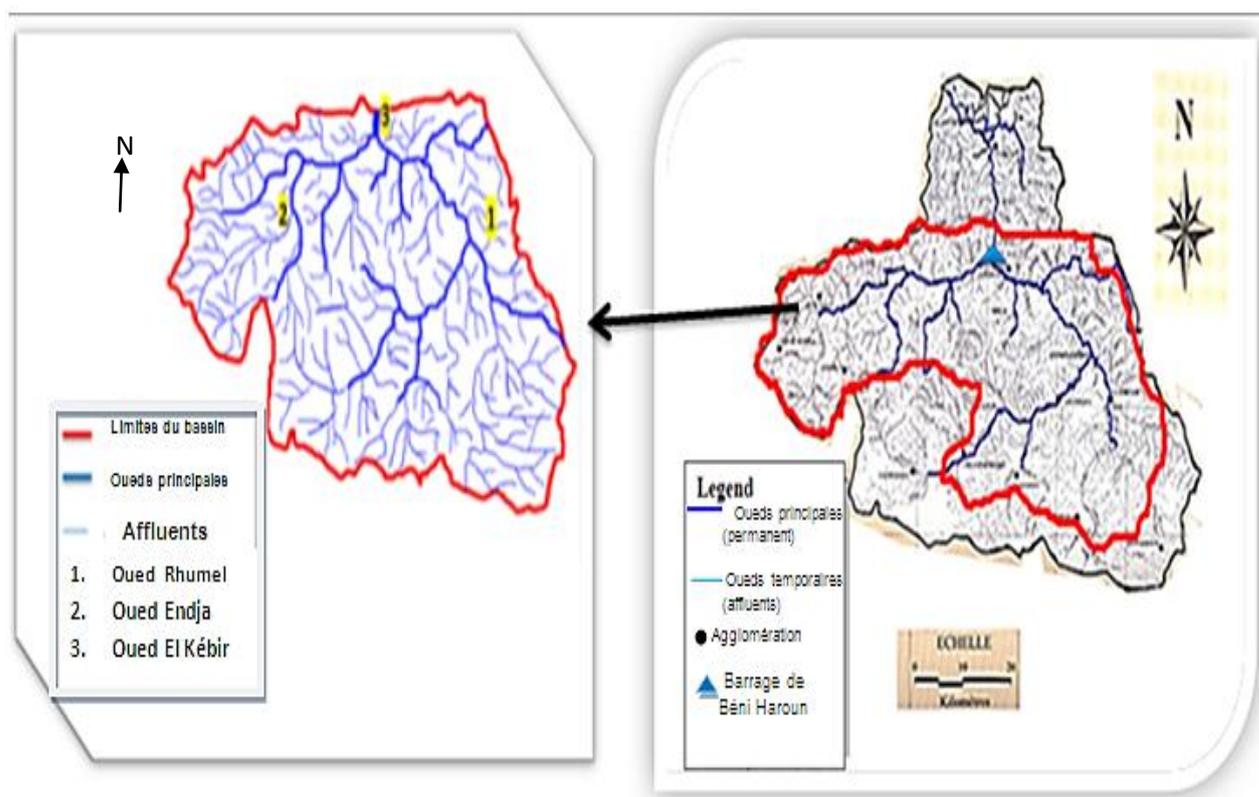


Fig. II-4 : Réseau hydrographique du bassin de Béni-Haroun

Fig. II-5 : Réseau hydrographique du Bassin de Kébir-Rhumel

II-4) Le couvert végétal :

Le couvert végétal d'un bassin agit directement sur l'érosion, le ruissellement, l'infiltration, et par conséquent sur l'évapotranspiration potentiel (ETP). Notre but en ce titre c'est la présentation des principales formations végétaux, et forestier de la région qu'on va étudier.

a) La végétation forestier de Mila :

La wilaya de Mila s'étendant sur une superficie de **340.684** ha, est dotée d'une superficie forestier de 33.670ha (soit 9,88%) (Fig. II-6), répartissent selon les domaines suivants [6] :

- Forêts naturelles représentant 6.762ha dont l'espèce dominante est le chêne liège.
- Les reboisements avec une superficie de 18.493ha les principales essences sont le pin d'Alep et le cyprès.
- Les maquis représentent une superficie de 8.415 ha

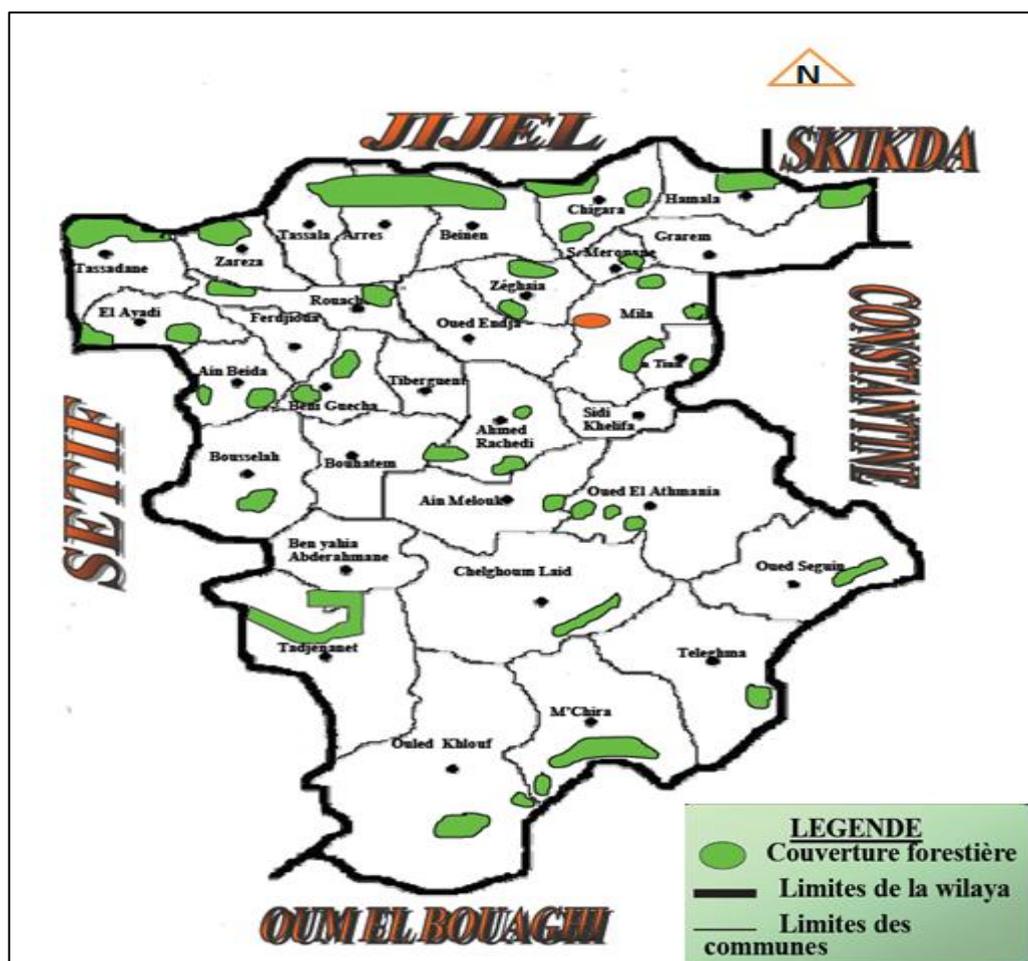


Fig. II-6 : Carte de la superficie forestier dans la wilaya de Mila.

b) Sur le bassin de Béni Haroun :

Les principaux types d'occupation du sol sont [7] :

- L'agriculture qui représente 58% ; la plupart du type de grande culture (céréales...), et de prairie et pâturage naturel.
- Le milieu naturel représente par 37% où domine la forêt et les maquis ; feuillue faible densité la plupart du côté Nord du bassin versant du barrage de Béni Haroun.

II-5) Activité humaine et économique

La région de Mila est essentiellement à vocation agricole. Les céréales et l'élevage représentent la principale activité. Le secteur industriel est réduit à quelque petite industries [8] :

- Unité briqueterie : Ferdjioua et Mila d'une capacité de 50000 t/an
- Unité de mis en bouteille d'eau minérale: Tassala 16000.000 b/an
- Pierres tallées : Sidi Khelifa 1000m³/an
- Unité de fabrication de faïences (carreaux et plaintes) : Mila 150.000m²/an

Le réseau routier de la wilaya de Mila est peu développé, il est dominé par les anciennes routes souvent dégradées et des pistes dont certaines sont impraticable en hiver [8].

II-6) Environnement du site :**1. Habitat:**

La wilaya de Mila compte une population totale estimée à 865 370 habitants (fin de 2011), soit une densité de 92,3 habitants par km², avec un taux de croissance de population de 1 ,46% [9].

2. Faune :

Présence de quelques insectes de type coléoptères, la présence de celle-ci s'explique surtout par l'existence des flaques d'eaux dans les lits de l'oued et de végétation aquatiques.

Une existence notable de mollusques surtout les gastéropodes locaux, et aussi on remarque l'existence de quelque oiseaux migrateurs tels que l'étourneau rouge gorge qui viennent hiberner dans la région.

On constate aussi la présence des corvidés (corbeaux) des chacals, des lièvres et des sangliers [10].

3. Flore :

Elle est constituée des plantes xérophytes telles que armoise blanche (Chih) ainsi que des graminées et légumineuses particulièrement des trèfles blanc, quelques chardons ou plantes épineuses, et en fin on retrouve quelques ombellifères [10].

II-7) Aperçus historique sur le barrage :

1. Le choix du site :

Le choix définitif du site de Béni-Haroun n'avait été arrêté qu'après examen de 3 variantes, identifiées par la direction des grandes infrastructures hydrauliques (D G I H) de l'époque et ayant donné lieu à une étude technico-économique :

- Le barrage d'Ain Kerma sur l'oued Rhumel
- Le barrage de Kodiat Amrane sur l'oued Endja
- Le barrage de Béni-Haroun sur l'oued El Kébir.

L'étude a révélé que la variante Béni-Haroun était la plus intéressante du point de vue tant du coût du m^3 mobilisé que du volume régularisé [5].

2. Adoption de la solution BCR :

En plus d'une analyse technico-économique, le choix porté sur un barrage - poids en BCR a été guidé par plusieurs facteurs favorables, tels la facilité d'évacuation des crues de chantier et le délai globale de la réalisation moins long que pour la solution en enrochement qui choisie au début par le bureau d'étude américain (HARZA).[5]

3. Déroulement des travaux du barrage :

- **1983 à 1986** : l'étude d'avant projet détaillé (APD) est menée par le bureau d'étude américain (HARZA).[5]
- **1988 à 1991** : les travaux des chinois ont porté sur le creusement et le soutènement de 2 galeries de dérivation en rive gauche, l'excavateur de l'évacuateur de crue en rive droite tel qu'il était prévu initialement, la réalisation d'un essai d'injection dans les marnes et d'un plot d'essai de BCR et enfin, l'exécution de divers décapages superficiels. [5]
- **Juin 1992** : le contrat avec la société chinoise est résilié (faible avancement des travaux et problème financier) [5]
- **1993** : choix de l'entreprise espagnole DRAGADOS.[2]

- **1996** : Installation du chantier et les travaux reprennent sérieusement par l'entreprise espagnol DRAGADOS. [5]
- **1999** : Démarrage du barrage à l'aval du batardeau/ Achèvement du niveau 158 en Rive Gauche. [11]
- **2002** : Travaux de finition. [11]
- **2003** : Le barrage est mise en eau. [5]

II-8) Caractéristiques hydrotechniques du barrage :

La digue, construite en béton compacté, a un volume de 17 00 000 m^3 environ. Elle se dresse sur une hauteur totale de 107 m, au dessus du lit de l'Oued El Kébir, et possède une hauteur maximale, au dessus des fondations, de 118m.

L'ouvrage de type poids rectiligne a une longueur en crête de 710m. La section non déversant à une crête d'une largeur de 8m, arasée à la cote 216,3m.

L'évacuateur de crue, « à seuil libre », est obtenu en aménagement d'un déversoir la partie centrale du barrage (fig. II-6). D'une longueur de 124m, il est prolongé par un coursier raccordé à un saut de ski.

Le débit maximum pouvant transité par ce déversoir atteint 13 700 m^3/s , ce qui correspond au laminage de la crue maximum probable (CMP) de 16 640 m^3/s , d'une période de retour de 10 000 ans. La surélévation de crue, c'est-à-dire la charge maximale exercée sur le déversoir en correspondance avec la crue de projet, atteint 14,8 m, et la revanche est de 1,5m au dessus du niveau des plus hautes des eaux (NPHE : 214 ,8m).

La vidange de fond (ou plutôt de demi fond) est implantée sur la rive droite de la digue, au niveau 140 m. elle est constitué de deux pertuis, contrôlés par des vannes, pouvant évacuer, sous le niveau de retenue normale, un débit total de 700 m^3/s . La vidange permet de contrôler la montée du plan d'eau lors de remplissage du réservoir, de faire descendre dans un délai de 2 à 4 semaines le plan d'eau jusqu'aux environs de la cote 140 m et enfin de lutter contre l'envasement de la retenue à proximité de la digue, en effectuant des chasses de vase.

Le système de galeries (3 galeries réparties sur 3 niveaux 100 ,140 et 175,1 m) aménagé à proximité du parement amont du barrage, permet de collecter les eaux de drainage provenant du corps du barrage, de la fondation et des versants. Il permet le contrôle du comportement de l'ouvrage et également d'entreprendre des opérations de maintenance et d'éventuels travaux de réparation.

A la cote normale de 200m, le lac de la retenue épouse l'Oued El Kébir et les deux vallées du Rhumel et de Endja, sur une surface de $39,29\text{km}^2$, soit près de 4 000 ha. La retenue permet d'emmagasiner 963 hm^3 d'eau. D'un volume utile de 732hm^3 , entre les cotes 172 ,200 m elle permet de régulariser un apport annuel de 435 hm^3 .

Le rapport entre la capacité de la retenue et sa surface donne une lame d'eau moyenne de 24 m. Le bilan pluie réservoir permet de déterminer un déstockage net par évaporation, équivalant à une tranche annuelle moyenne de 350 mm.

Les pertes en terres agricoles de fait de la submersion jusqu'à la cote de retenue normale, avoisinent les 3 632 ha. A celle-ci, s'ajoutent les terres susceptibles d'être inondées lors des crues exceptionnelles (cotes 205 à 217 m) représentant une superficie totale de 819 ha. Par ailleurs, d'importants infrastructures (routes, lignes électrique, habitations...) ont fait l'objet d'abandons ou de transfert, car situées dans la zone d'emprise du barrage. [5].

Tableau II-1: les principales caractéristiques hydrotechniques de l'ouvrage [2] :

Retenue : Niveau normale (RN) Niveau des plus hautes eaux (NPHE) Niveau minimale d'exploitation Volume de tranche morte (110-172) Volume utile (172-200) Volume totale (110- 200)	200m 214,8m 172m 240 hm^3 723 hm^3 963 hm^3
Barrage : Type Hauteur maximale : <ul style="list-style-type: none"> • Au dessus du terrain naturel • Au dessus des fondations Longueur en crête Largeur en crête Largeur maximale au niveau des fondations Fruit du parement amont Fruit du parement aval Cote de la crête	Barrage poids en béton compacté au rouleau (BCR) 107m 118m 710m 8m 93m Vertical 0,8H/1V 216,3m
Evacuateur de crue : Type Localisation Cote de la crête Cote du bec aval du saut de ski Longueur totale de l'évacuateur en crête	Déversoir de surface à seuil libre-coursier et saut de ski Partie centrale du barrage 200m Variable de 124à 126m 124m

Longueur utile de l'évacuateur en crête Longueur de la cuillère Débit maximale	114 répartis sur 6 passes de 19m 130m 13 230 m ³ /s pour NPHE à 214,74m
Vidange de demi-fond : Type Localisation Calage d'entrée Section de 1 pertuis Vannes Débit maximale Débit : 1 pertuis Débit : 2pertuis	2 pertuis blindés dans le corps du barrage avec saut de ski Rive droite 140m 3m×4,1m <ul style="list-style-type: none"> • 2 vannes Wagon à l'amont • 2vannes segment à l'aval 670m ³ /s sous RN200 >700 m ³ /s sous RN>200 336,35 m ³ /s 672,7m ³ /s
Injection et drainage de la fondation : Voie d'injection Rideau de drainage	Vertical multifilaire axé sur galerie de pied amont, profondeur de 40 à 120 m Un rideau foré à partir de la galerie de pied amont.
Ouvrage de dérivation : 2 galeries souterraines	Ø 8m (galerie de la solution « digue en enrochement »)
Hydrologie : Superficie du bassin versant Longueur du thalweg principal Altitude Pluviométrie moyenne annuelle sur la retenue Evaporation brute Apport moyen annuel Apport solide annuel Crue moyenne annuelle Crue 5 ans Crue 10 ans Crue 20 ans Crue des travaux (T= 50 ans) Crue de projet (CMP)	6 595 Km ² 190 Km 150 à 1400 m 744 m 1094 mm 435 millions m3 6 millions m3/an Q = 1.350 m3/s Q = 2.000 m3/s Q = 2.800 m3/s Q = 3.700 m3/s Q = 5.100 m3/s Q = 16.640 m3/s ; V = 1.930 Hm3

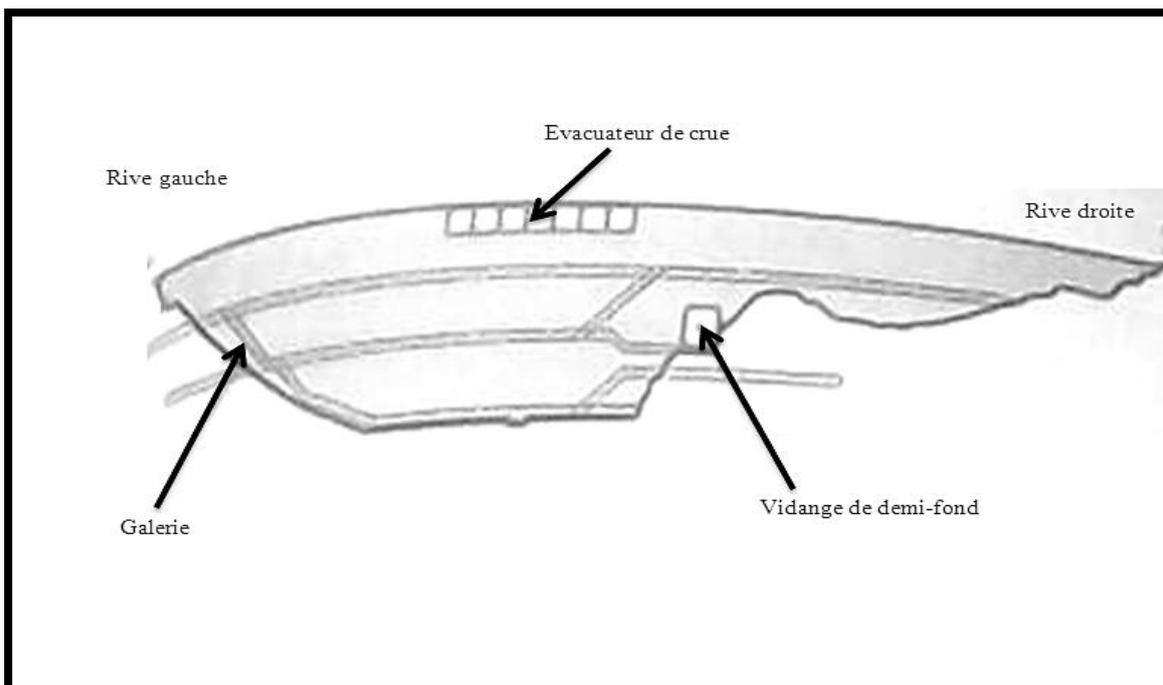


Fig. II-7 : profil longitudinale du barrage de Béni-Haroun

(Mébarki 2009)

Conclusion :

La wilaya de Mila est située au Nord-Est Algérien, elle est caractérisée par un climat méditerranéen. Cette wilaya abrite un grand chevelu hydrographique, résumé par les trois oueds principaux, oued Endja, Rhumel, et El Kébir qui forment après la confluence des deux premiers à l'amont de la gorge du barrage de Béni-Haroun.

Le grand complexe hydraulique de la wilaya de Mila, le barrage de Béni-Haroun, qui appartient dans la famille des grands barrages avec une hauteur d'ordre de 118m au-dessus de fondation, et un type BCR qui est adapté selon un choix technico-économique. Ce barrage est construit sur l'Oued El Kébir, où les travaux ont débuté de 1983/1986 à 2003 où le barrage est mis en exploitation.

Introduction :

La variation géologiques et géomorphologiques des milieux influe directement sur le climat, le réseau hydrographique, le couvert végétal et la stabilité des ces milieux...etc. c'est pour ça nous avons consacré ce chapitre à une étude géologique et géomorphologique de notre région d'étude.

III-1) Aperçue géomorphologique :

III-1-1) Caractéristiques morpho-structural :

De point de vue structural, le bassin de Kébir-Rhumel se caractérise par un substratum relativement simple au Sud formé par de vastes étendues sédimentaires d'où émergent des massifs calcaires isolés, et un édifice beaucoup plus complexe au Nord constitué de nombreuses séries hétérogènes empilées au cours de phase tectoniques successives. Ainsi on distingue de l'amont à l'aval du bassin : les hautes plaines, le piémont Sud-tellien et les massifs telliens du Nord [12] **Fig. (III-1).**

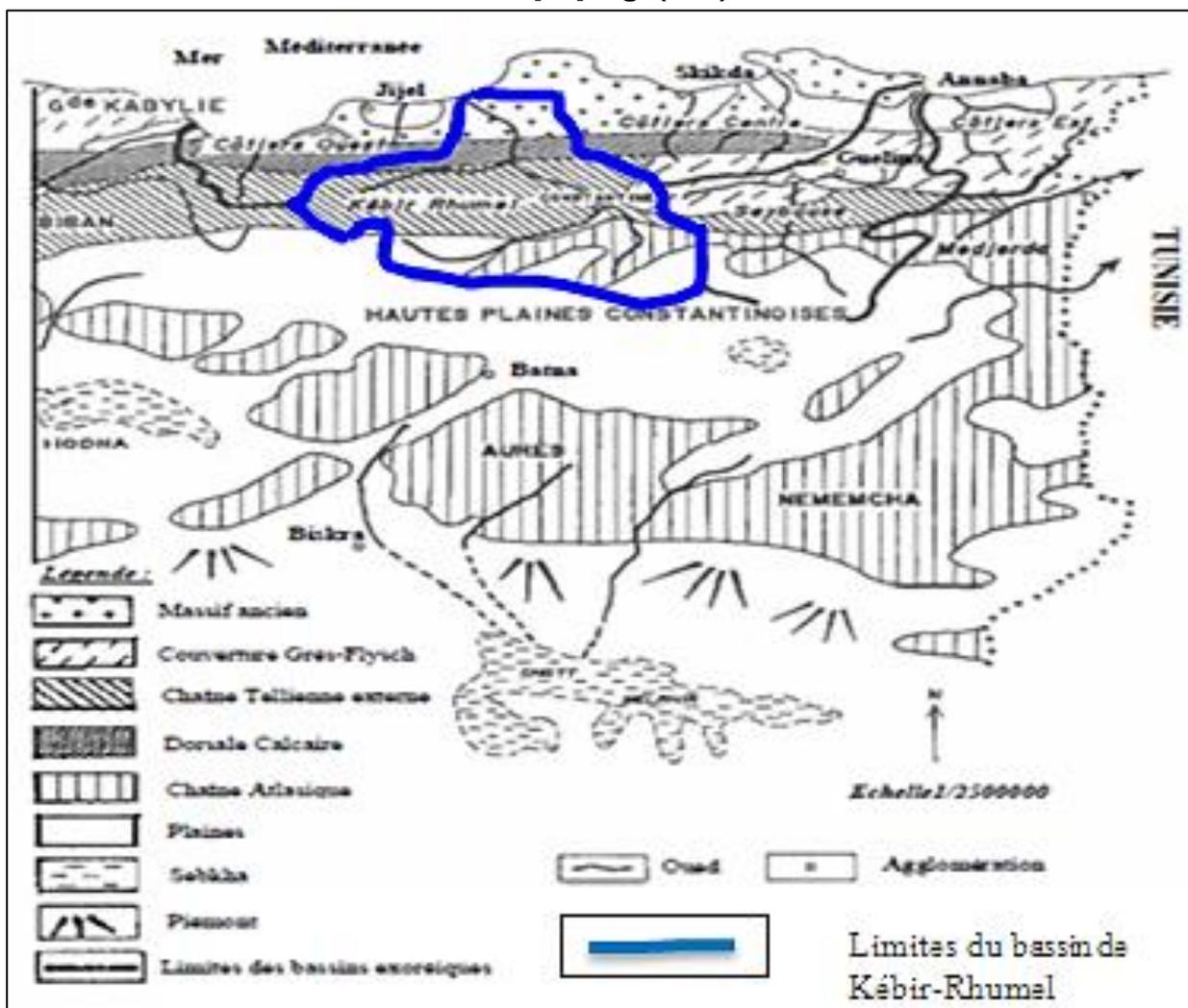


Fig. III-1 : Ensemble morpho structural et bassins hydrologiques de l'Est Algérien (d'après M. Cote)

III-1-2) Ensemble physique :

La région de Mila chevauche sur quatre ensembles physiques bien séparés :

- **Zone montagneuse** : les massifs montagneux sont organisés à partir de deux lignes principales de relief : Au Nord, l'horizon est fermé par la ligne de crête qui va des hauteurs de Zeghaia au massif de djebel boucheref-Ouakissène. Au Sud le Dj Belaid empêche l'accès au bassin de Mila-Constantine et ne s'abaisse vers le Nord qu'à la localité de Mila et le djebel Akhal, qui est un massif rocheux tronqué au Nord par une faille, auquel s'adosse à l'Ouest un plateau pliocène. [13].
- **Zone des piémonts** : sa localisation se fait à la base des corniches calcaires du djebel Belaid et se prolonge jusqu'au chemin vicinal reliant les localités d'Ouled Bouhamma et Bouhallof, ce versant constitué d'éboulis à blocs et d'argiles grises, offre un relief moins mouvementé, favorable en certaines endroits, le long du chemin vicinal, pour l'urbanisation. [13].
- **Zone des collines** : elle couvre pratiquement 85% du territoire de Mila. Le centre de la région est du domaine de la dépression Mila-Redjas-Ferdjioua, qui est une région accidentée de collines mamelonnées aux arbres rares. Comme tout relief de collines, il est conditionné tout d'abord par la nature géologique de son dépôt. Les formations étant tous meubles (argiles et marnes à intercalation de gypse). [14]. Ces étendues caractérisent une morphologie très déférente : chevelu hydrographique serré, versants de pente moyenne à forte affectés par la solifluxion, à l'exception de l'ancienne ville de Mila qui est construite sur des terrains plus ou moins stables à pente moyenne à faible. La naissance de ces mouvements, qui se poursuivent de nos jours, paraît liée aux caractéristiques géotechniques de ces sols. Outre l'aspect chaotique des pentes, la permanence de cette évolution apparaît très rapidement sur le terrain : érosion, ravinement et surcreusement intense au niveau des talwegs, cicatrices de glissement, sols dépourvus de végétation. Ces phénomènes sont confirmés dans des sites semblables par des grands glissements affectant des constructions au cours de ces dernières années. Nombreuses routes traversent des versants argilo-marneux instables et fluant. Leur entretien est difficile, il en est de même pour les pistes, impraticables dès que les précipitations deviennent abondantes. ce sont des zones à pentes moyenne à forte, caractérisées par des sols très délicats favorisant une implantation humaine autour du chef lieu de wilaya de Mila. Cet ensemble à vocation céréalière aussi, nécessite une grande

protection contre l'érosion au niveau des talwegs par une campagne de reboisement très poussé et à long terme. [13].

- **Zone des vallées** : la plus importante vallée est celle d'Oued El Kotton bordant la commune de Mila à l'Est, elle débute de Ain Tinn et se prolonge vers le Nord. Les vallées des Oueds Mila, Boukansir et Mekraoued n'offrent aucun intérêt, autre que le drainage des eaux de surface. [13].

III-1-3) Les altitudes :

Les variations des altitudes à l'intérieur de la région d'étude jouent un rôle important dans la répartition spatiale des éléments climatiques et le taux de concentration des précipitations, ainsi que dans l'apparition des glissements des terrains. [13]. Elles conditionnent aussi la répartition spatiale des phénomènes de retrait-gonflement.

Notre région comme montre dans la figure (III-2) est caractérisée par des altitudes variant entre 200 et 1250m, qu'on peut classer en trois secteurs :

Secteurs I : faible altitude (200-500m) : qui correspond aux parties Nord et Est du bassin de Mila qui se présentent sous forme des vallées des Oueds et de basse collines d'une altitude moyenne de 400m. [13].

Secteur II : moyenne altitude (500-900m), qui occupe toute la partie Sud (S-SE-SW) du bassin de Mila où se trouve Draa Mahmed Chergui, Draa Hnak Dab, Draa Ain El Hamra, Sidi Khnour et Kef Nsour. [13].

Secteur III : haute altitude (900-1250m), qui appartient au Sud-Ouest à El Kehla 1667m, et au Sud Ouest où se trouve Kef Cherchara et Kef Bou Halouf ainsi que la ligne de crête du Marchau dont le plus culminant est de 1075m d'altitude et au centre du bassin on trouve Djebel Akhal une importante crête topographique culmine à la cote 1256m, cette dernière qui s'étend d'Est en Ouest correspond selon les études antérieures à une écaille de charriage (Allochtone). Il montre une asymétrie assez nette, avec un versant Nord très raide, plus arrosé et plus instable et un versant Sud moins raide et plus sec rendant les actions morphogénétique moins dense. [13].

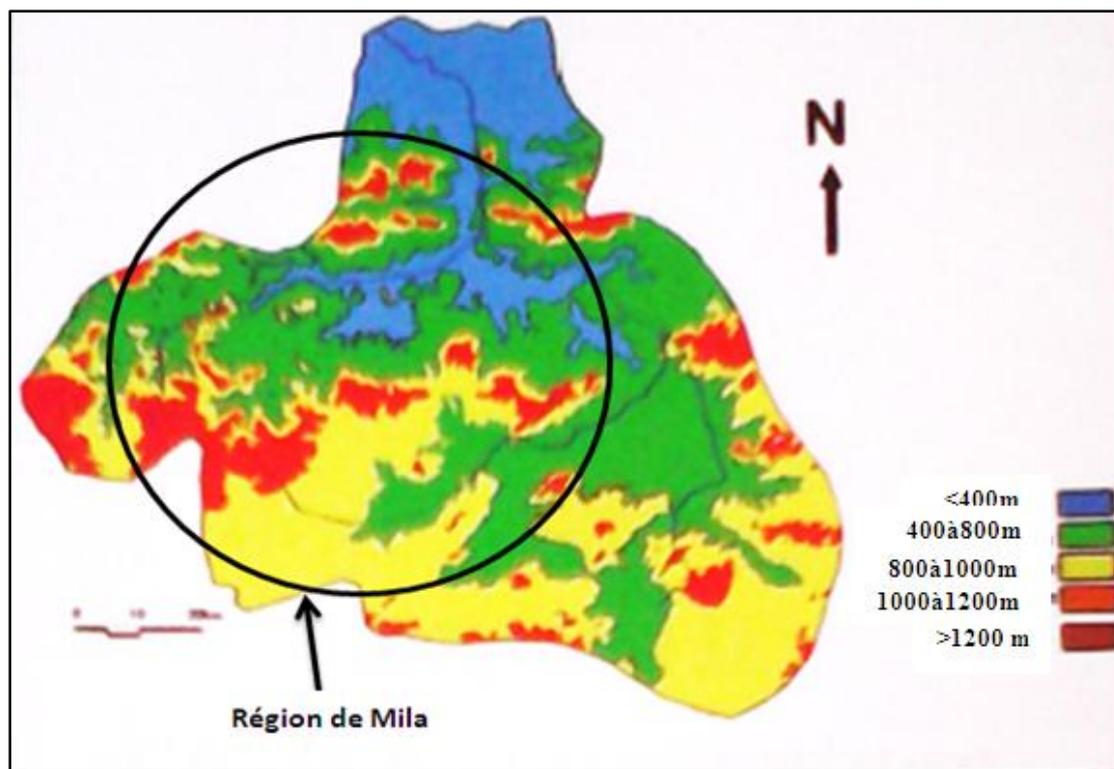


Fig. III-2 : Carte d'altitudes de la Wilaya de Mila (Zouaoui. S 2008 modifier)

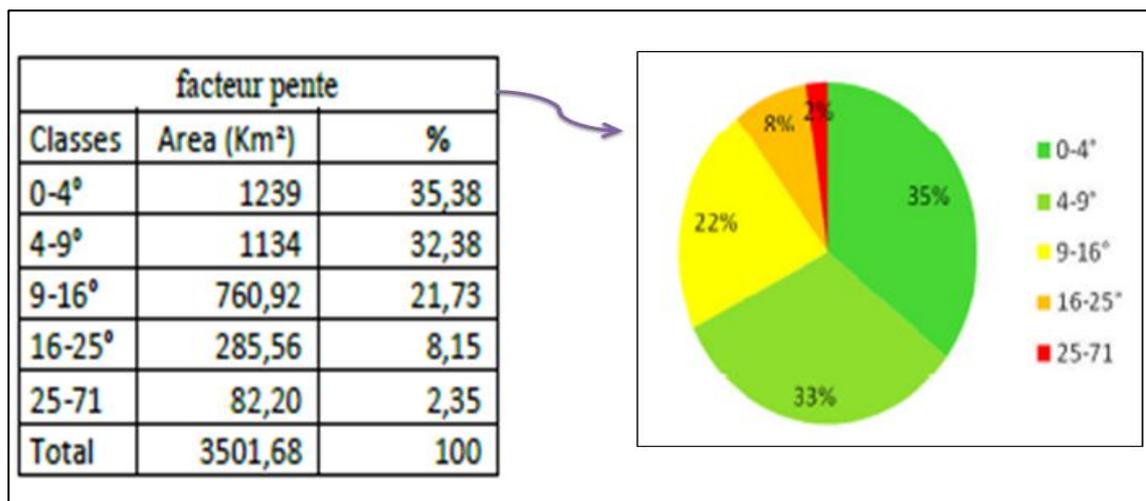
III-1-4) Les pentes :

Les pentes est l'un des facteurs essentielles de l'instabilité des terrains, à cause qu'elle accélère le mouvement des eaux et le charriage des matériaux (favorise le ruissèlement). [13].

les pentes dans la région de Mila (Tableau III-1) allant de faible (0°) à très forte (71°), tels que on peut distinct cinq classes principales :

- La classe de pente comprise entre 0° et 4° : c'est une classe assez dominante qui couvre 1239 km^2 , soit 35,38% de la superficie de la wilaya, ces faibles pentes correspondant aux terrains à topographie plane.
- La classe de pente comprise entre 4° et 9° : occupe 32,38%, soit 1134 km^2 correspond aux terrains à topographie modérée.
- La classe de pente comprise entre 9° et 16° : c'est une classe assez importante occupe 21,73%, soit $760,92 \text{ km}^2$ de la superficie totale.
- La classe de pente comprise entre 16° et 25° : c'est une classe qui correspond aux pentes fortes, relativement contraignantes pour la réalisation des infrastructures de base, cette classe occupe 8,15%, soit $285,56 \text{ km}^2$
- La classe de pente comprise entre 25° et 71° : c'est une classe à pente excessivement forte et par conséquent très contraignante pour la réalisation des infrastructures (l'exemple de Djebel l'Akhel), cette classe est presque absente, tels qu'elle couvre une petite surface d'environ de 2,35%, soit $82,2 \text{ km}^2$ de la surface totale de la wilaya.

Tableau III-1 : Statistiques relatives aux facteurs des pentes



III-1-4) Hydrographie et densité de drainage :

Il est possible de délimiter trois grandes parties de bassin s'identifiant plus ou moins aux grands domaines morfo-structuraux [12] :

- **Bassin supérieur** : correspondant à l'Oued Rhumel et l'Oued Bou Merzoug jusqu'à leur confluence à l'amont de Constantine.
- **Bassin moyen** : formé par l'Oued Endja et Oued Rhumel inférieur à l'aval de Constantine jusqu'à leur confluence aux environs de Sidi Merouane.
- **Bassin inférieur** : correspond à l'Oued El Kébir, à l'aval de la confluence Endja-Rhumel.

Chaque un de ces bassins possède un type spécial de drainage dans le bassin inférieur et plus particulièrement dans sa partie Ouest, le drainage est de type orthogonal. Ce dernier a été le plus souvent guidé par les failles et les chevauchements affectant cette région. La disposition du réseau hydrographique est semblable dans une bonne partie du bassin moyen, notamment au niveau d'Oued Endja où l'influence de la tectonique a été déterminante dans la mise en place du réseau. Dans ces secteurs accidentés la fréquence élevée des confluences et la forte densité de drainage jointes le plus souvent à des fortes pentes favorise des crues rapides et puissantes[13].

En revanche, dans le bassin supérieur où les grandes lignes du réseau hydrographique ont été déterminées par le phénomène de subsidence en appelant les eaux vers les fossés d'effondrement et par l'orientation générale Sud Ouest-Nord-Est des plis tectoniques, le drainage est de type dendritique. [12].

L'opposition entre les secteurs Sud et Nord du bassin du Kébir-Rhumel est encore plus marquée par les densités de drainage. [12].

Les calculs de la densité de drainage total, permanent et temporaire pour les principaux bassins contrôlés par des stations hydrométriques sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III-2 : Densité de drainage

Bassin	D_d	$D_{d(p)}$	$D_{d(p)}/D_d$ (%)	$D_{d(t)}$	$D_{d(t)}/D_d$ (%)
Oued Rhumel à O. Athmenia	0.64	0.21	33	0.43	67
Oued Rhumel à Ain Smara	0.68	0.27	40	0.41	60
O. Bou Merzoug à El Khroub	0.68	0.18	26	0.50	74
Oued Rhumel à Grarem	0.70	0.31	44	0.39	56
O. El Kébir amont Douar Tassadane	0.77	0.48	62	0.29	38
Oued Bou Siaba à El Milia	0.72	0.70	97	0.02	3
Oued Kébir Rhumel à El Ancer	0.74	0.43	58	0.31	42
Ensemble du bassin du Kébir Rhumel	0.74	0.43	58	0.31	42

D_d : Densité de drainage totale = L/A (avec L : longueur totale des drains permanents et temporaire en (km), et A : surface du bassin en km^2)

$D_{d(p)}$: Densité de drainage permanent (L étant la longueur des talwegs qui coulent en permanence)

$D_{d(t)}$: Densité de drainage temporaire (L étant la longueur des talwegs qui coulent temporairement).

La densité de drainage permanente reste en moyenne assez faible dans le bassin de l'Oued Rhumel à l'amont de Grarem, vu l'influence du cours d'eau supérieur drainant les hautes plaines. [12].

A partir du tableau (Tab (III-2) ci-dessus on constate que la densité totale moyenne de notre région est d'ordre 0,71, avec un moyen de 0,38 pour la densité permanente et 0,33 pour une densité temporaire.

La densité de drainage dans le tableau (III-2), montre que notre bassin est bien drainé.

III-2) Aperçue géologique :

Le bassin de Mila ou le bassin néogène de Mila appartient au domaine externe de la chaîne alpine de l'Algérie Nord orientale, ce bassin est situé au Nord-Ouest de Constantine limité au Nord par l'arête montagneuses du M'cid Aicha, et du Sidi D'riss, au Sud par le Djebel Akhal et Djebel Grouz, à l'Est par le massif de Chettabah et Djebel el Kheneg, et à l'Ouest par le Djebel Bou cherf et Oukissène.

III-2-1) : Géologie du bassin de Mila :

L'une des caractéristiques géologiques du bassin de Mila, est la prédominance de dépôts détritiques et évaporitiques du Mio-Pliocène. Les terrains constituant le bassin de Mila du plus anciens au plus récents sont les suivant [12]:

- **Le Trias** : Ils sont essentiellement représentés par des dépôts évaporitiques et argileux. Ces formations affleurent dans la région de Sidi Marouane, et au pied des massifs du Kheneg, Djebel Akhal et du Djebel Chettabah. [12].
- **Le Jurassique** : Les formations du Jurassique sont représentées par une épaisse série carbonatée dépassant les 600m au niveau des massifs bordant le bassin de Mila, notamment aux Djebel Kheneg, Djebel Akhal, Djebel Kerkara et au Djebel M'Cid Aicha. [12].

Elles sont caractérisées par des dolomies et des calcaires à silex. Ces formations sont localement associées à des calcaires massifs oolithiques et parfois des marnes. [12].

- **Le Crétacé** : Il est caractérisé à la base par des marnes et marno-calcaires. Ces formations sont bien connues au Djebel Akhal, ainsi qu'à l'Ouest dans le massif d'Ahmed Rachedi, du Djebel Oukissène, du Djebel Boucherf et du Djebel Halfa et dans la région de Sidi Marouane. Ensuite au Cénomaniens, des horizons marno-calcaires de couleur grise et des marnes gris bleutées, parfois gypsifères et des barres de calcaires massifs. Le Cénomaniens est marqué dans son inférieure par une surface durcie. [13]. Ces massifs sont connus dans Djebel Kheneg, Djebel Grouz, Djebel Zouaoui et Djebel Chettabah. [12].
- **Le Paléocène et l'Eocène** : Au Nord de Redjas El Ferrada, la série type du Paléocène et de l'éocène, est formée par des marnes noires à débit finement feuilleté. [12].

- **Le Mio-Pliocène** : Les formations du Mio-Pliocène recouvrent la majeure partie du bassin de Mila. Elles sont représentées essentiellement par des dépôts détritiques (conglomérats, graviers, sable et argiles) et des dépôts évaporitiques (gypse, anhydrite et sel gemme) et des calcaires lacustres. [12].

- **Le Quaternaire** : Les formations Quaternaires sont largement représentées dans le bassin de Mila au niveau des vallées ; Oued Rhumel, Oued Endja. [12].

Il s'agit de graviers et des blocs roulés recouverts d'une croûte calcaire feuilletés, dans une matrice limoneuse. [12].

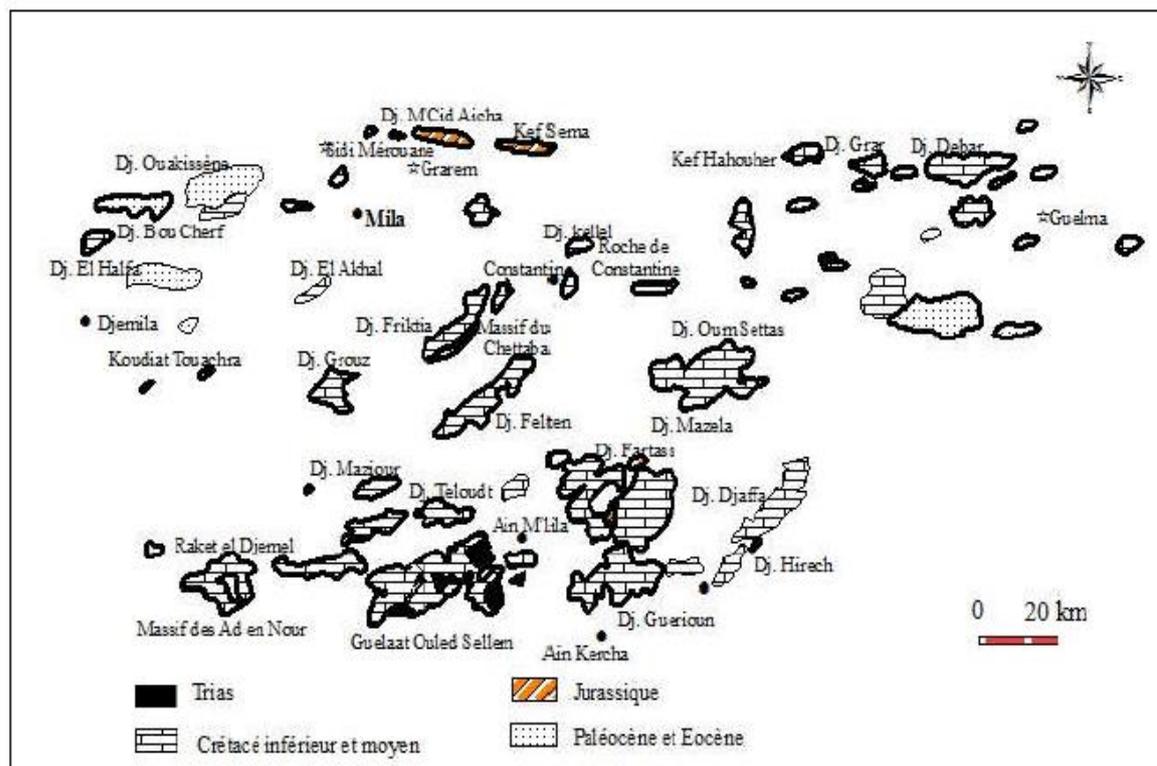


Fig. III-3: Principaux affleurements des séries néritiques Constantinoises (d'après J.M. Vila, 1980)

III-2-2) Lithologie :

Les formations, identifiées sur la base des critères lithologiques, vont faire l'objet d'une hiérarchisation quant à leur susceptibilité supposée vis-à-vis des phénomènes de retrait-gonflement. Cette classification sera établie sur la base de trois caractéristiques principales quantifiables : la nature lithologique de la formation, la composition minéralogique de la phase argileuse et le comportement géotechnique des terrains. [12].

Sur les 3500 km^2 que compte la wilaya de Mila, près de 21,83% de la formation est d'argile (localisent sur Mila, Grarem, Ferdjoua, Sidi Merouane...), et de 8,74% Marneuse et 50,14 % des alluvions en plus de ça, des autres formations lithologiques sont résumé dans le tableau III-3 et Figure III-4.

Tableau III-3 : Répartition en pourcentage des différentes formations lithologiques dans la wilaya de Mila

Lithologie	Surface (Km ²)	%
Argiles à Kaolins	53.49	1.53
Alluvions	1756.48	50.14
Argiles	764.54	21.83
Calcaires marneux	12.99	0.37
Calcaires à silex	226.92	6.48
Grès et quartzites	169.68	4.84
Gypses	73.27	2.09
Dolomies	58.43	1.67
Calcaires	80.77	2.30
Marnes	306.1	8.74
Total:	3502.69	

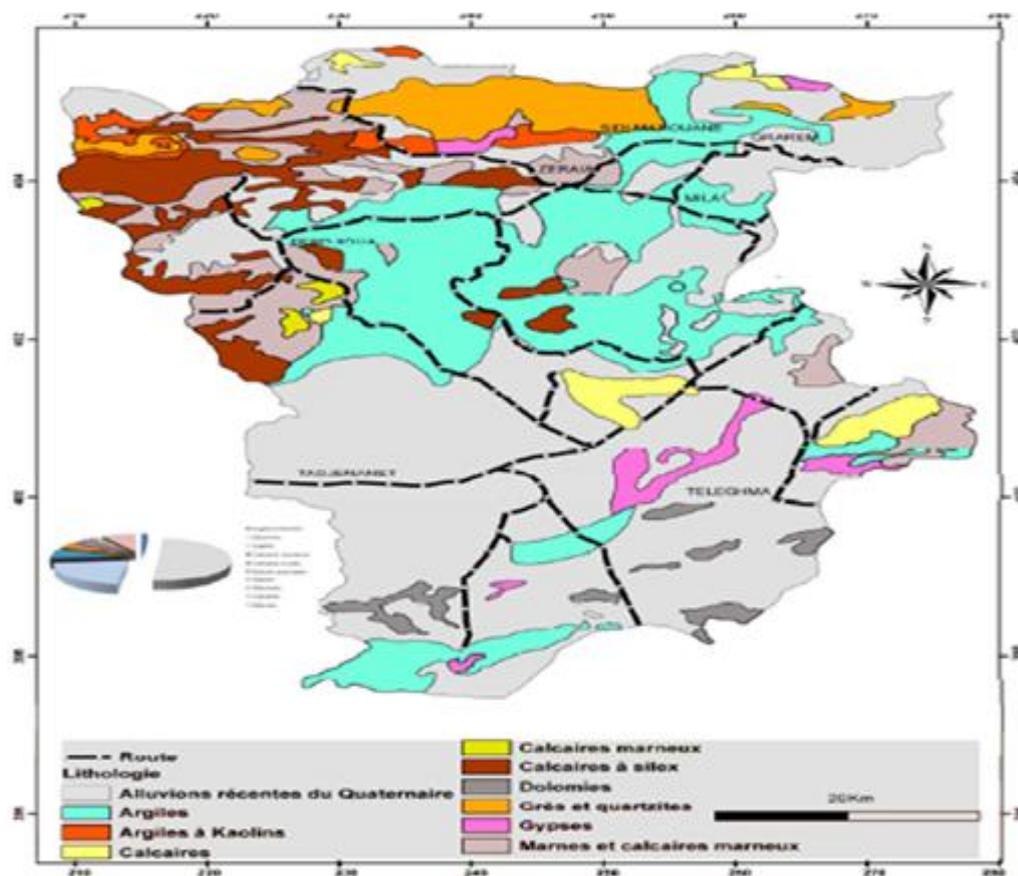
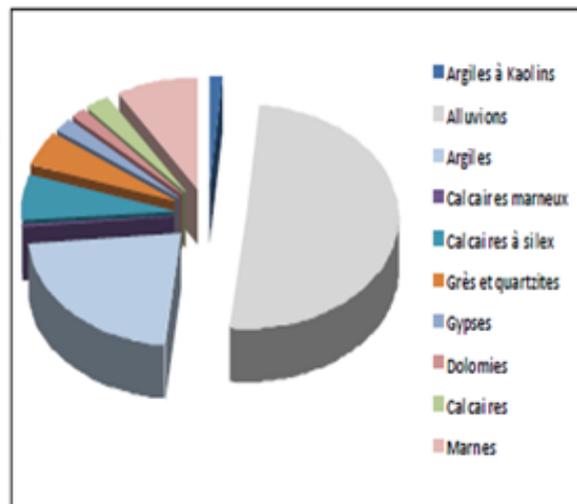


Fig.III-4 : Carte lithologique de la wilaya de Mila

A partir des formations lithologiques illustrées dans le tableau (III-3) et la figure (III-4), notre région allée de faible à forte perméabilité.

III-2-3) : Description litho stratigraphique :

Les dépôts néogènes du bassin de Mila comportent les termes suivants :

Terme I : à la base les argiles grises gypsifères de l'Oued Mila reposent sur un substratum tellien, soit directement, soit par un ensemble détritique à dominante argileuse. Cet ensemble détritique contient des galets de teinte généralement rouge vif moins souvent brune. Il apparait localement en boutonnière au niveau de l'Oued Metili. [12].

Ces argiles de base, affleurent largement autour de la ville de Mila, leur partie sommitale est à tendance nettement marine comme en témoignent les argiles à Ostreacrossissima rencontrées au Sud-Est de Mila. L'argile de base est surmontée par des conglomérats massifs de teinte généralement brune à beige à nombreux galets de marnes telliennes qui d'intercalent dans les argiles de même faciès rencontrées au Sud. [12].

Terme II : ce terme est constitué par un niveau de conglomérat à blocs peu roulés, noyés dans une matrice argilo-sableuse et des passées gréseuses à ciment calcaireux. Les galets dont la taille varie de 1 à 30 cm sont empruntés essentiellement au Numidien, à l'Yprésien tellien (calcaire et silex) et au flysch Massylien (microbrèche). La nature de ces éléments détritiques indique une alimentation méridionale ou orientale non septentrionale. [12].

La teinte de ces formations conglomératiques est plus rougeâtre au sommet qu'à leur base. Ces conglomérats sont très développés le long de l'Oued Mila (route Mila-Jijel), ces conglomérats reposent d'ailleurs directement sur les marnes Eocènes, ce qui témoigne de leur caractère transgressif. [12].

Terme III : ce terme correspond à des marnes qui sont le plus souvent grises à noires, mais elles peuvent aussi avoir des teintes rougeâtres à violacé. Ces niveaux marneux contiennent des passées gypseuses qui annoncent le régime franchement lagunaire, qui va se poursuivre par le dépôt de marnes jaunâtres très sableuses à alternances d'argile noire, de grés fins jaunâtres et de calcaire marneux. Les niveaux gypsifères sont en lentilles de faible épaisseur. [12].

Terme IV : c'est un ensemble de plus en plus détritique formé de :

- A la base, de marne gris brunâtres, passant à des marnes brun jaunâtres, sableuses, alternant avec des bancs de gris jaunâtres à matrice argileuse et à stratification entrecroisées. l'épaisseur de ces formations peut atteindre une vingtaine de mètres. [12].
- Au dessus viennent des grés beiges à jaunâtres, avec quelques passées de galets centimétriques en bancs métriques, alternant avec des assises argilo-sableuses.

- Enfin des conglomérats bruns à la base, puis rougeâtres vers le sommet à galets décimétriques noyés dans une matrice grésopéltique. [12].

Terme V : le terme sommital de la série est constitué par une dalle, de calcaire travertineux lacustre de 50m à 100m de puissance allant de Ras El Bir jusqu'au village de Sidi Merouane. [12].

Ces calcaires très durs, ont une teinte blanchâtre à rougeâtre, alternant avec des niveaux d'argiles rouges ou orange, plus rarement brune. [12].

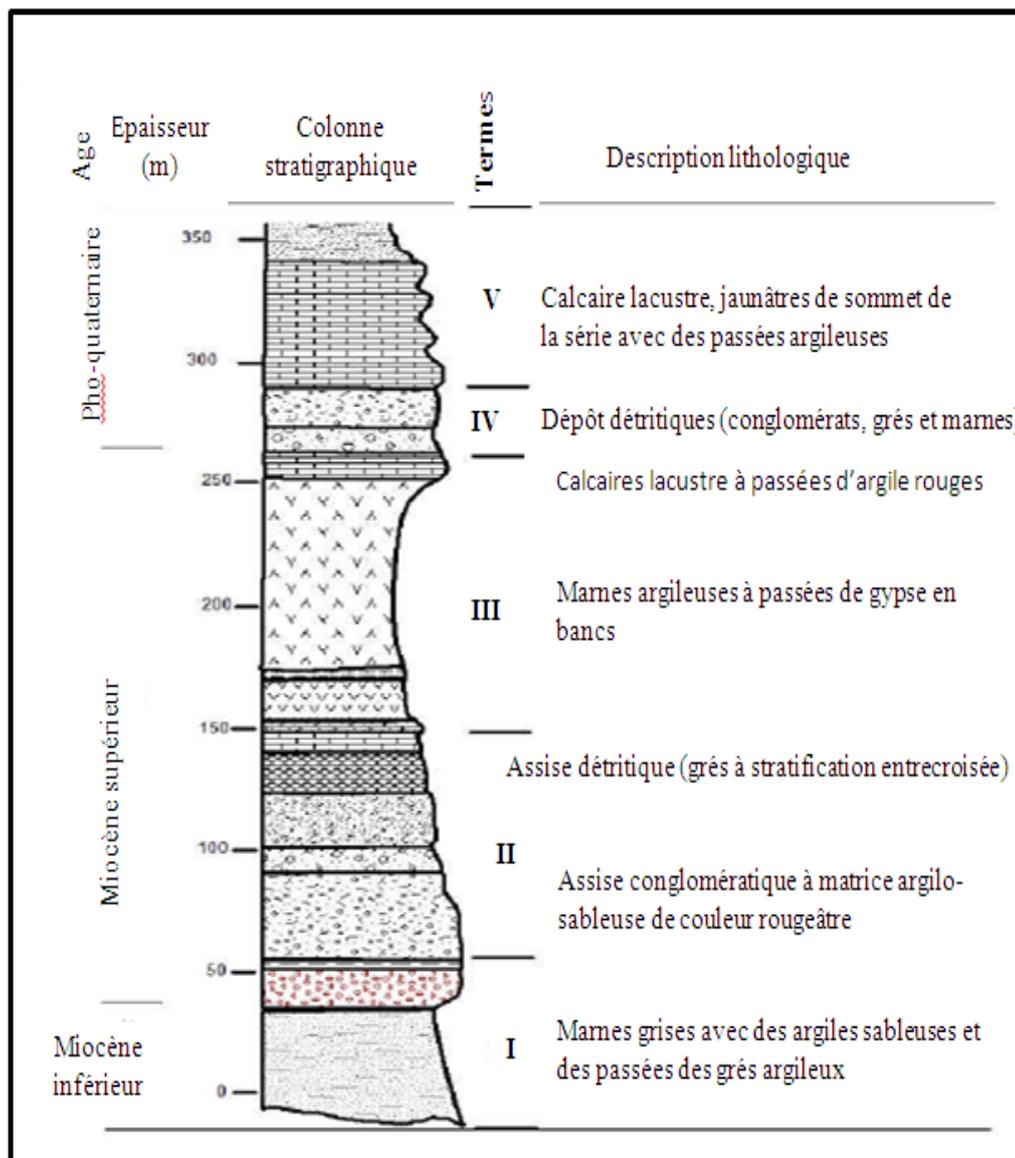


Fig.III-5 : Colonne stratigraphique des dépôts néogènes du bassin de Mila (P.E. Coiffait, 1992)

Conclusion :

Après l'analyse des pentes, on constate que notre région a des pentes faibles à très forte réparties sur toute la région, qui donne naissance des altitudes allant de 200m à 1250m, présentent par des espaces montagneux, et des piedmonts et des collines, ainsi les hautes plaines.

Géologiquement le bassin de Mila est caractérisé souvent par des dépôts détritiques et évaporitiques, s'étalant de Trias vers Quaternaire.

En ce qui concerne la lithologie, la région présente une grande variété allant des alluvions (50,14%) vers l'argile (21,83%), suivie par le marne (8,74%), qui sont prend la grandes partie.

Du coté des reliefs, la région se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe et irrégulier et profondément disséqué par un réseau hydrographique dense.

Introduction :

L'étude hydrologique est basée essentiellement sur l'hydro-climatologie, cette dernière est utilisée les données climatiques soit d'origines mesurable sur le terrain (précipitations et températures, et l'évaporation...etc.), soit calculé selon des formules comme l'ETP, ETR.

L'étude et l'analyse de ces données météorologiques permet d'avoir une idée sur les phénomènes météorologiques qui caractérisent la région.

IV.1) Représentation des stations climatologiques :

Selon la disponibilité des données nous avons (05) stations des mêmes périodes qui sont réparties au tour de la retenue de Béni-Haroun. Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques des stations utilisées:

Tableau IV-1 : les caractéristiques des stations pluviométriques

STATION	Longitude(X) en degré décimal(°)	Latitude(Y) en degré décimal(°)	Altitude (Z) en mètre (m)	Paramètres climatiques	
				P (mm)	T (°C)
Hamala	6,34	36,58	660	X	X
Béni-Haroun	6,11	36,54	310	X	X
Ain Tinn	6,32	36,4	670	X	X
Mechta Serradj	6.04	36.49	347	X	X
El Kheneg	6.48	36.46	397	X	X

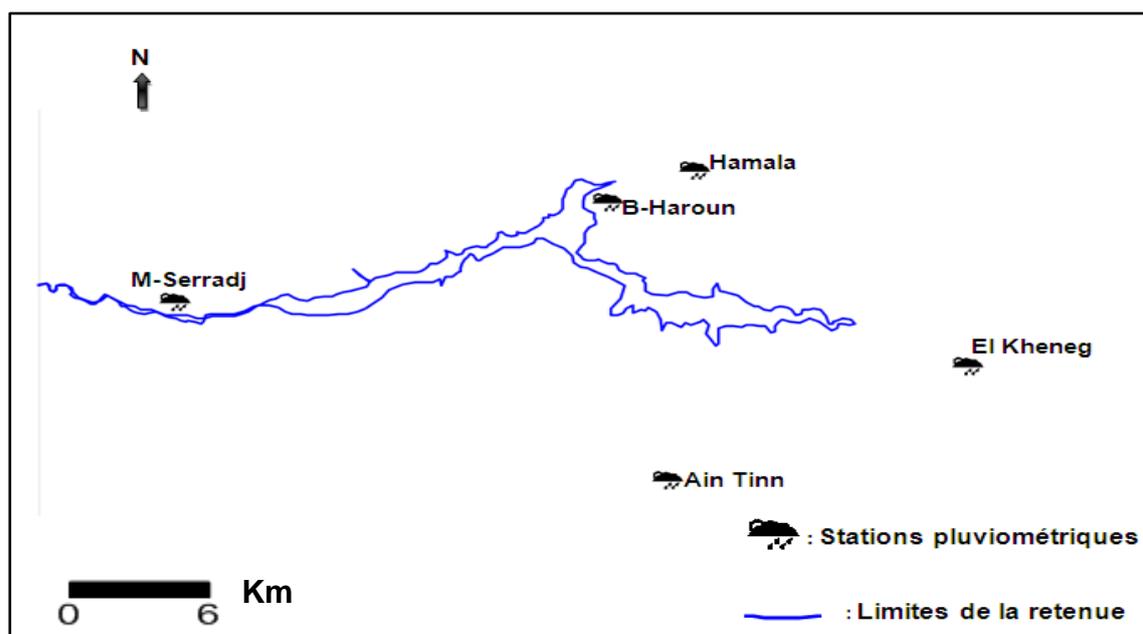


Fig.IV-1 : Représentation géographique des stations pluviométriques.

IV-2) Analyse des paramètres climatiques :

IV.2.1) Contrôle et homogénéisation des données pluviométriques :

L'intéressant de notre travail interdissent de l'utilisation des données brutes directe sans vérification et correction, donc il faut effectuer un test d'homogénéisation (méthode de totaux cumul) qui permet d'avoir une idée sur la fiabilité des données (sont homogène ou non), ainsi pour combler les lacunes s'il existe dans la série d'observation.

Nous avons prend comme une station de base qui est supposer homogène celle de Béni-Haroun.(Les tableaux des pluies cumulés sont dans l'annexe)

Les résultats de la méthode double cumul illustrés dans la fig. (IV-2) montrent que toutes les stations sont homogènes, donc c'est un indice sur la fiabilité des données.

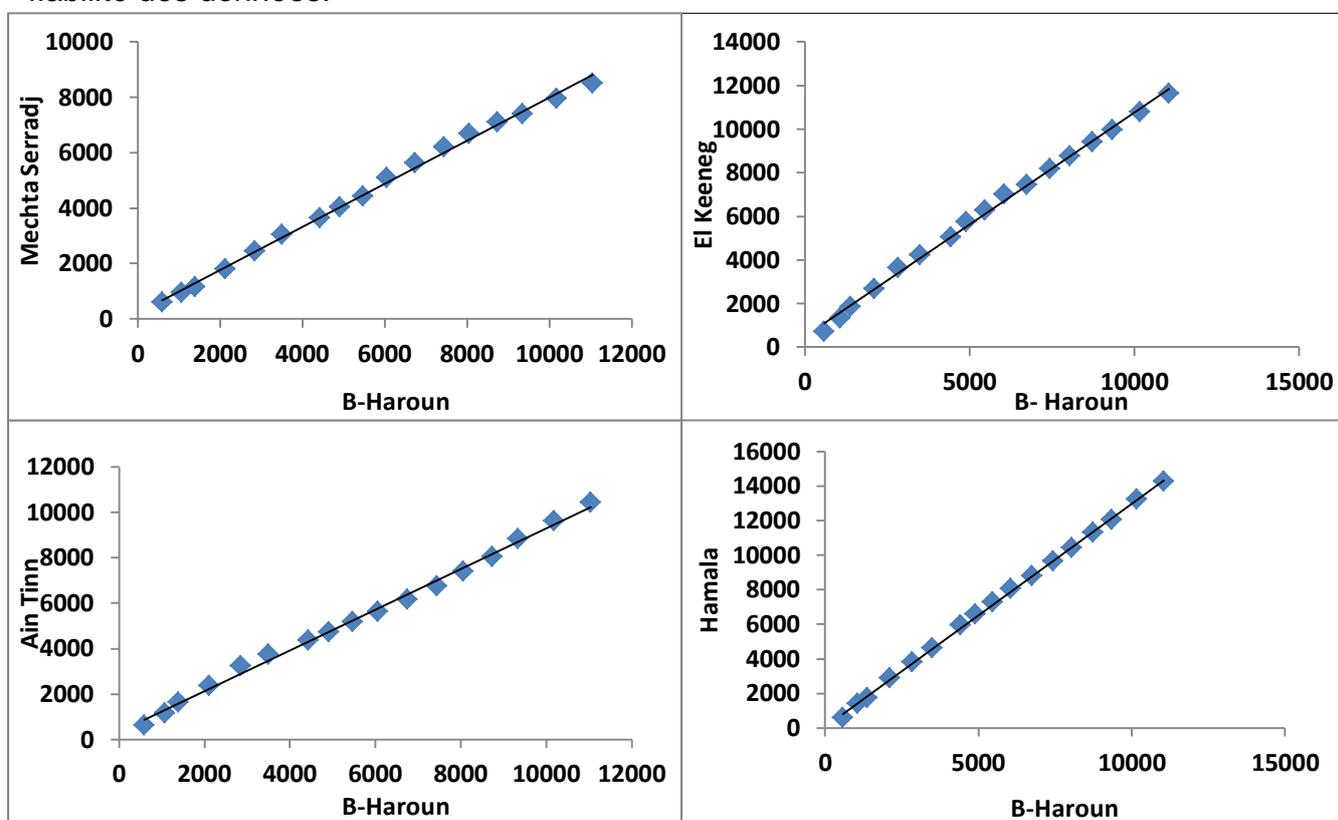


Fig.IV-2 : Représentation graphique des résultats d'homogénéisation pluviométrique par double cumul.

IV-2-2) Etude des précipitations :

En tous ses formes liquide ou solide, les précipitations influe d'une manière ou d'autre sur le comportement hydrologique (écoulement soit surfacique (les

rièrès) ou souterrain (nappes), débit...), ainsi sur le comportement climatique de la région (par exemple l'ETP...). Le tableau suivant expliqué bien les influences des précipitations sur l'écoulement :

Tableau IV-2 : certaines influences des précipitations sur l'écoulement (P.Dubreuil)

Précipitation	Écoulement annuel	Répartition mensuel du débit	crues	Etiage
Hauteur annuel totale	XX			X
Fraction neigeuse	XX	X	X	
Répartition mensuel	X	XX		
Épisodes pluviaux	X	X	XX	
Avers exceptionnel	X	X	XX	
Fonte du stock neigeuse	X	XX	XX	
Séquences sèches	X	X		XX

X : influence simple
XX : influence multiple

a. Précipitation annuelles :

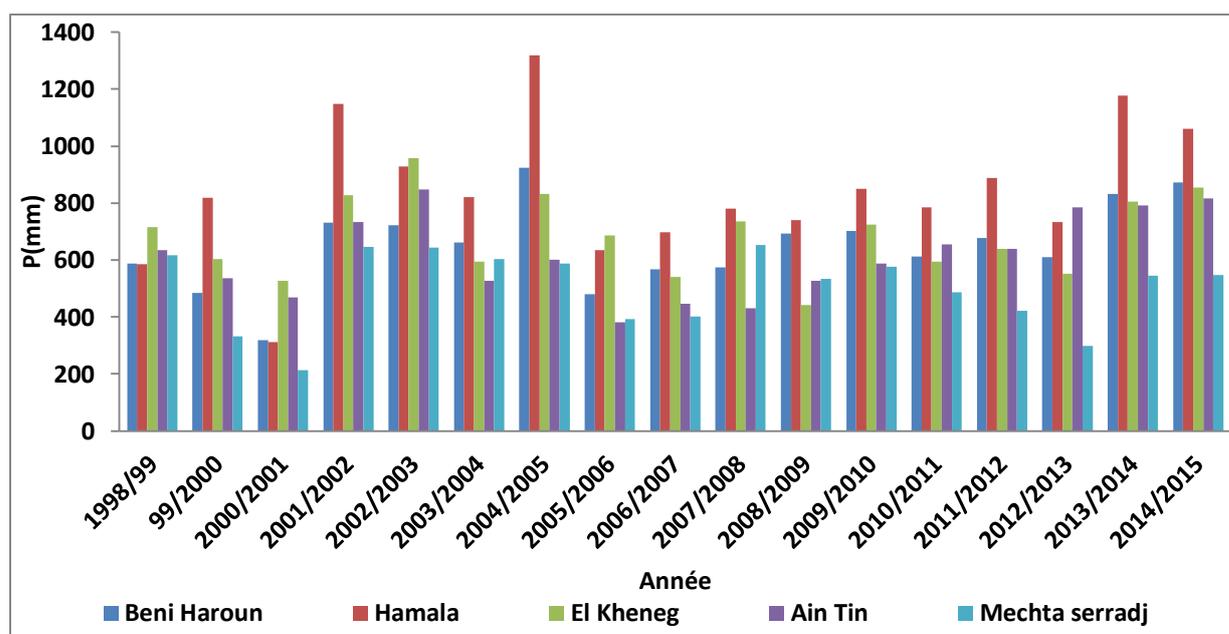


Fig. IV-3 : Histogramme de la distribution annuelle des précipitations des stations, période (1998/2015).

Interprétation :

On remarque qu'il ya une irrégularité dans la répartition annuel des précipitations pour toutes les stations, l'année la plus pluvieuse est celle de 2004/2005 pour les stations de Hamala et Béni Haroun avec un max d'ordre de 1319,54 mm observé dans la station de Hamala. Pour la station d'Ain-Tinn et El Kheneg est celle de 2002/2003 avec un max de 958,63mm enregistré dans la station d'El Kheneg , et dans la station de Mechta-Serradj la pluie atteint un max de 653.16mm dans l'année 2007/2008.

En temps que le minimum est observé dans Mechta-Serradj par un ordre de 214.28mm dans l'année de 2000/2001.

b. Répartition mensuelle interannuelles des précipitations :

La répartition mensuelle des pluies c'est un autre outil pour définit les variations pluvieuses à un pas mensuel (mois par mois), sa valeur est estimée par la division des sommes des pluies du mois considéré par le nombre des années de notre série.

Tableau IV-3: Précipitations moyennes mensuelles interannuelle en (mm) des stations étudiées:

Station \ Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fér	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
Béni Haroun	34,59	38,46	94,32	106,91	99,69	87,50	69,51	55,40	39,92	15,39	1,75	6,55
Hamala	37,04	55,54	78,87	133,24	169,52	125,64	105,19	60,51	44,62	11,13	7,01	11,79
El Kheneg	51,36	36,68	74,12	95,42	114,35	80,51	82,07	59,73	47,14	20,26	6,44	16,43
Mechta Serradj	22,42	25,18	67,03	60,72	86,79	69,66	63,04	41,84	43,57	7,82	4,06	7,92
Ain Tinn	45,94	37,63	68,23	86,55	87,06	77,77	63,14	59,22	48,84	12,17	5,73	20,52

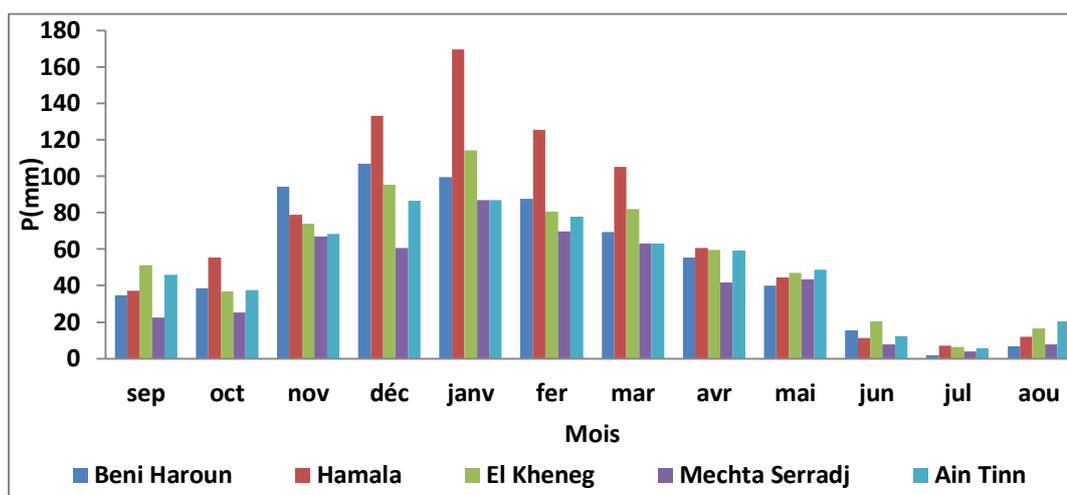


Fig. IV-4: Représentation des variations mensuelles interannuelles des précipitations. (1998/2015)

Interprétation :

- Pour les stations de Hamala, M-Serradj, Ain Tinn, et El Kheneg, les précipitations sont élevées dans le mois de Janvier où atteint un max de 169,52mm en Hamala. Dans la station de B-Haroun elles sont élevées dans le mois de décembre avec un max de 186,8.
- Les précipitations les plus faibles sont enregistrées dans tous les stations de notre région au mois de juillet avec une min près de 1,8 mm remarqué dans la station de B-Haroun.

c. Les variations saisonnières des précipitations :

Logiquement, on peut dire que la variation de n'importe quel paramètre climatique au pas du temps mensuel conduit à une variation saisonnière, à cause que la valeur de cette dernière est égale à la moyenne des mois trois-trois.

Tableau IV-4: Précipitations moyennes saisonnier en (mm) des stations d'études:

Station/Saison	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fér	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Beni Haroun	55,79			98,03			54,95			7,90		
Hamala	57,15			142,80			70,11			9,98		
El Kheneg	54,05			96,76			62,98			14,38		
Mechta Serradj	38,21			72,39			49,48			6,60		
Ain Tinn	50,60			83,79			57,07			12,81		

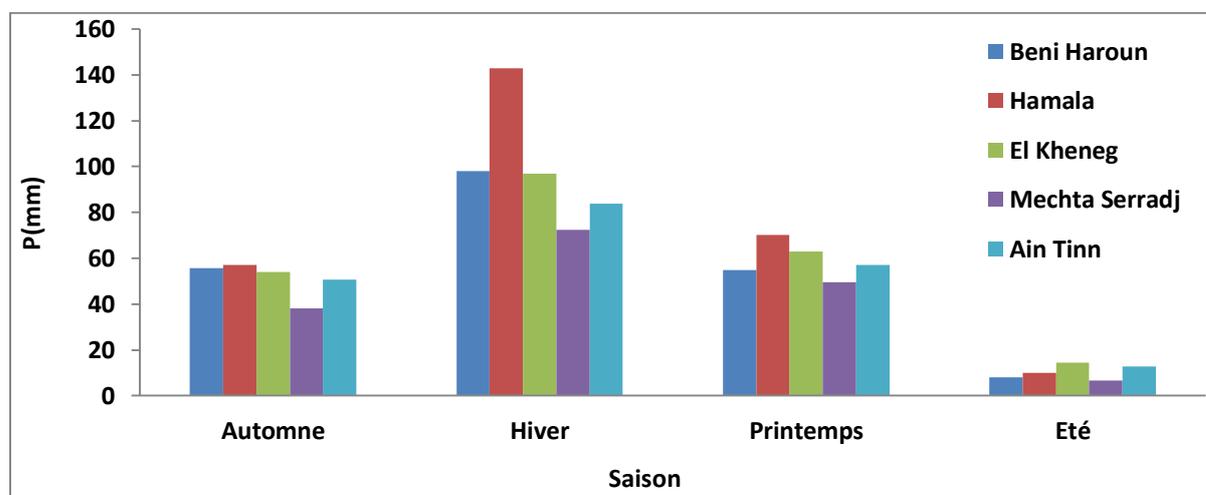


Fig. IV-5 : Représentation graphique de la répartition saisonnière de la précipitation (1998/2015)

Interprétation :

A partir de la distribution saisonnière des précipitations on remarque que la saison la plus pluvieuse est l'hiver pour toutes les stations avec un ordre de 142,8 mm (soit près de (50,99%) remarqué dans la station de Hamala, ainsi une saison plus sèche qu'est l'été avec une précipitation de l'ordre de 6.6mm (soit 4%) observée à la station de Mechta-Serradj.

d. Coefficient pluviométrique :

C'est un paramètre climatique important, représentant le rapport de la pluviométrie de l'année considérée au module pluviométrique pour la station donnée soit : $C_p = P_i / P_{moy}$

- **C_p** : coefficient pluviométrique
- **P_{moy}** : pluviométrie moyenne pour une période de N années
- **P_i** : pluviométrie d'une année donnée en (mm)

L'intérêt de ce coefficient est permet de déterminer les années excédentaires (si $C_p > 1$), et celles déficitaires (si $C_p < 1$).

Tableau IV-5 : Répartition des coefficients pluviométriques

années	Béni Haroun			Hamala			El Kheneg			Ain Tinn			Mechta Serradj		
	P _i	C _p	O												
98/99	587,47	0,904	D	584,9	0,696	D	716,7	1,047	E	635,59	1,037	E	616,23	1,232	E
99/00	483,68	0,744	D	819,54	0,976	D	603,75	0,882	D	536,18	0,875	D	331,08	0,662	D
00/01	317,64	0,489	D	311,39	0,371	D	527,76	0,771	D	469,29	0,766	D	214,28	0,429	D
01/02	730,31	1,124	E	1147,7	1,366	E	828,7	1,211	E	734,18	1,198	E	646,24	1,292	E
02/03	723,23	1,113	E	929,76	1,107	E	958,63	1,400	E	848,54	1,385	E	642,90	1,286	E
03/04	661,9	1,018	E	821,7	0,978	D	594,8	0,869	D	528,30	0,862	D	604,40	1,209	E
04/05	924,6	1,422	E	1319,5	1,571	E	831,9	1,215	E	601,21	0,981	D	586,90	1,174	E
05/06	479,6	0,738	D	634,35	0,755	E	686,2	1,002	E	382,40	0,624	D	392,40	0,785	D
06/07	567,9	0,874	D	696,57	0,829	D	540,9	0,790	D	447,60	0,730	D	402,67	0,805	D
07/08	573,9	0,883	D	780,83	0,929	D	735	1,074	E	430,70	0,703	D	653,16	1,306	E
08/09	694,2	1,068	E	740,41	0,881	D	441,3	0,645	D	526,70	0,860	D	533,00	1,066	E
09/10	701,2	1,079	E	850,79	1,013	E	724,6	1,059	E	588,50	0,960	D	576,81	1,153	E
10/11	612,9	0,943	D	785,22	0,935	D	595,2	0,870	D	654,00	1,067	E	486,20	0,972	D
11/12	677	1,042	E	888,96	1,058	E	639,5	0,934	D	640,40	1,045	E	422,67	0,845	D
12/13	610,5	0,939	D	732,74	0,872	D	551,7	0,806	D	784,70	1,281	E	298,39	0,597	D
13/14	832,5	1,281	E	1176,5	1,4	E	804,95	1,176	E	792,90	1,294	E	545,10	1,090	E
14/15	871,59	1,341	E	1060,8	1,263	E	854,93	1,249	E	816,30	1,332	E	548,53	1,097	E

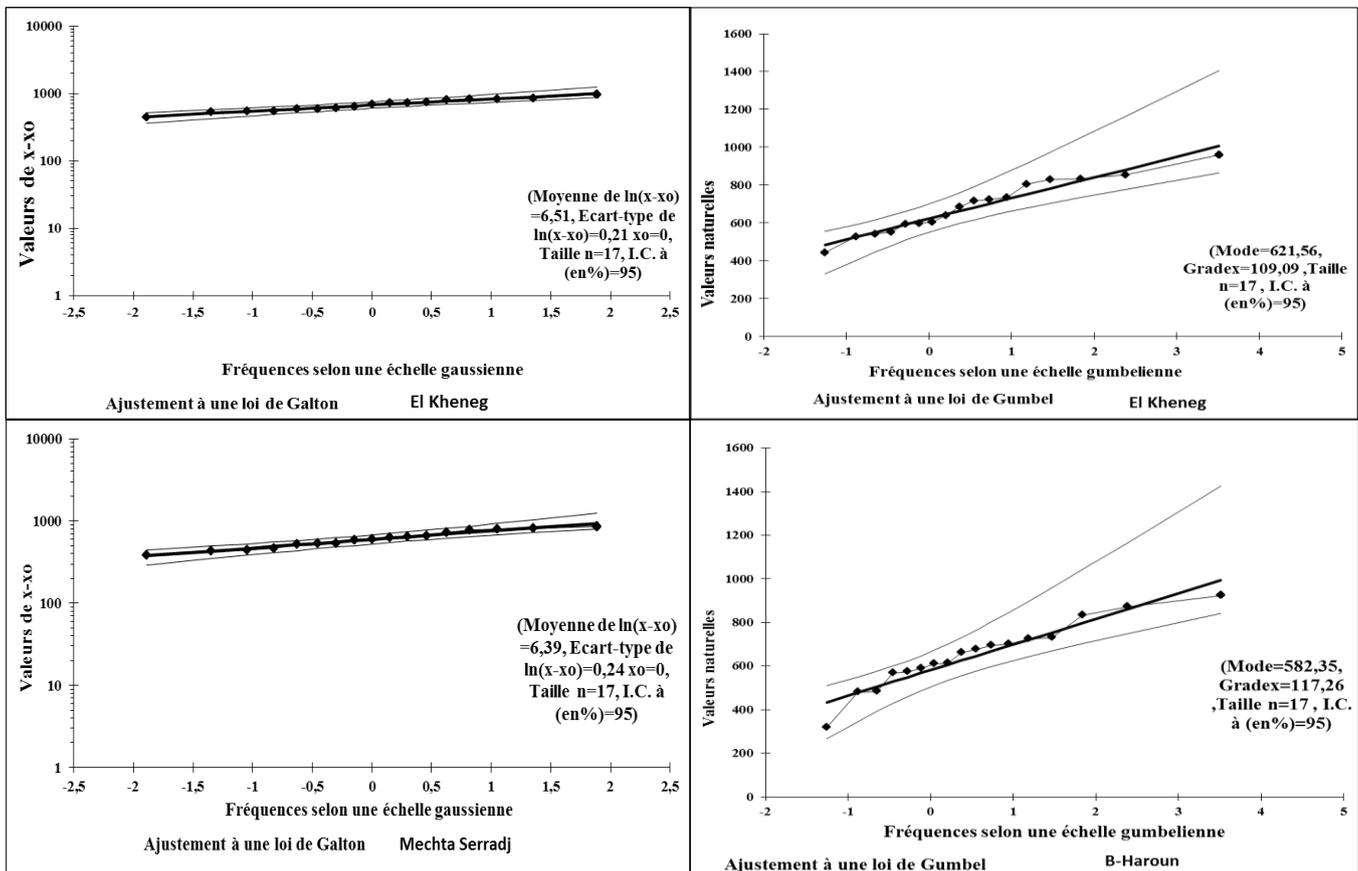
C_p : coefficient pluviométrique**P_i** : valeur de précipitation annuelle (mm)**O** : observation**D** : déficitaire**E** : excédentaire

IV.2.3) Etude statistique :

Pour chaque région climatique ou bassin hydrographique, il est préférable de faire une analyse statistique des principales variables hydro pluviométrique, soit une opération systématique, ce qui permettrait par l'examen simultané de nombreux échantillons un choix plus sûr de la meilleure loi de distribution à leur appliquer et une homogénéité des résultats

Pour effectuer cette analyse d'ajustement il faut d'abord , tenter l'ajustement à un group des lois qui sont reconnu adéquat, et après on fait le choix de la meilleur loi.

Dans notre cas nous avons appliqué deux types des lois d'ajustements aux valeurs de précipitations annuelles (Gumbel et Galton), et nous avons utilisé dans cette approche le logiciel d'HydroLab afin de rendre notre travail facile et rapide. Nous avons présenté ci-après les figures de toutes les stations.



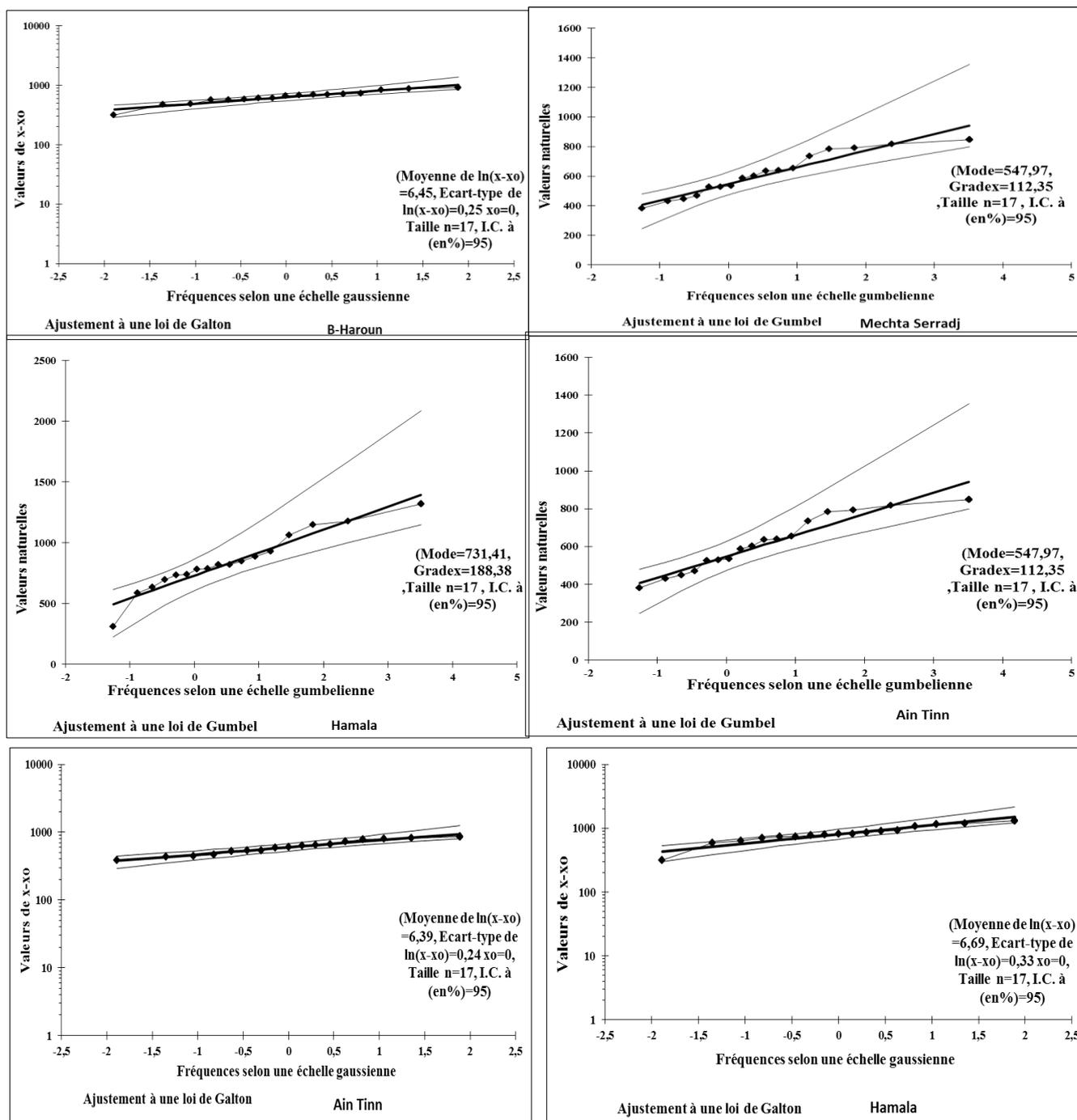


Fig.IV-6 : Représentation graphiques des résultats d'ajustement des lois de Gumbel et Galton aux précipitations des notre stations

D'après la figure (Fig.IV-6) ci-dessus on pu constater que la loi de Galton est la plus adaptée pour tous les stations de notre région.

IV-2-4) Etude des variations thermiques :

La température de l'air est un autre facteur ajouté aux facteurs météorologiques (précipitation, humidité,...) qui agit directement sur le climat de la région. Elle constitue un élément très important qui intervient dans le calcul du bilan hydrique.

En raison de l'absence des données de températures dans quelques stations de notre région, nous avons recours à les estimées empiriquement par le modèle de LAPLACE.

Nous avons pris comme une station de référence celle de Béni-Haroun, puis on fait ressortir les autres.

Le modèle de LAPLACE se définit comme suit :

$$T_{vm} = \frac{T_{v1}}{2} + \frac{T_{v1} - 0.65 \times (Z_2 - Z_1)}{2}$$

$$T_{vm} = \frac{T_{v1}}{2} + \frac{T_{v1} - 0.0065 \times (Z_2 - Z_1)}{2}$$

Avec :

- **Tv1** : Température virtuelle de la station de référence (°C).
- **Tvm** : Température virtuelle moyenne recherchée entre les niveaux Z1 et Z2 (°C).
- **Z1** : Altitude de la station à calculer (m)
- **Z2** : Altitude de la station de référence (m)
- **-0,65** : est un gradient thermique vertical constant en °C adopté par LAPLACE par 100m d'altitude.
-

Les résultats du calcul sont reportés sur le tableau (2) dans l'annexe.

✓ **Corrélation du modèle de LAPLACE :**

Après avoir fait tous les calculs par ces valeurs des températures on a pris la méthode de corrélation pour tester la fiabilité des modèles sur notre région, alors on a établi des corrélations entre les valeurs des températures calculées, par ce modèle (LAPLACE), avec ceux de Béni-Haroun (voir Fig.IV-7)

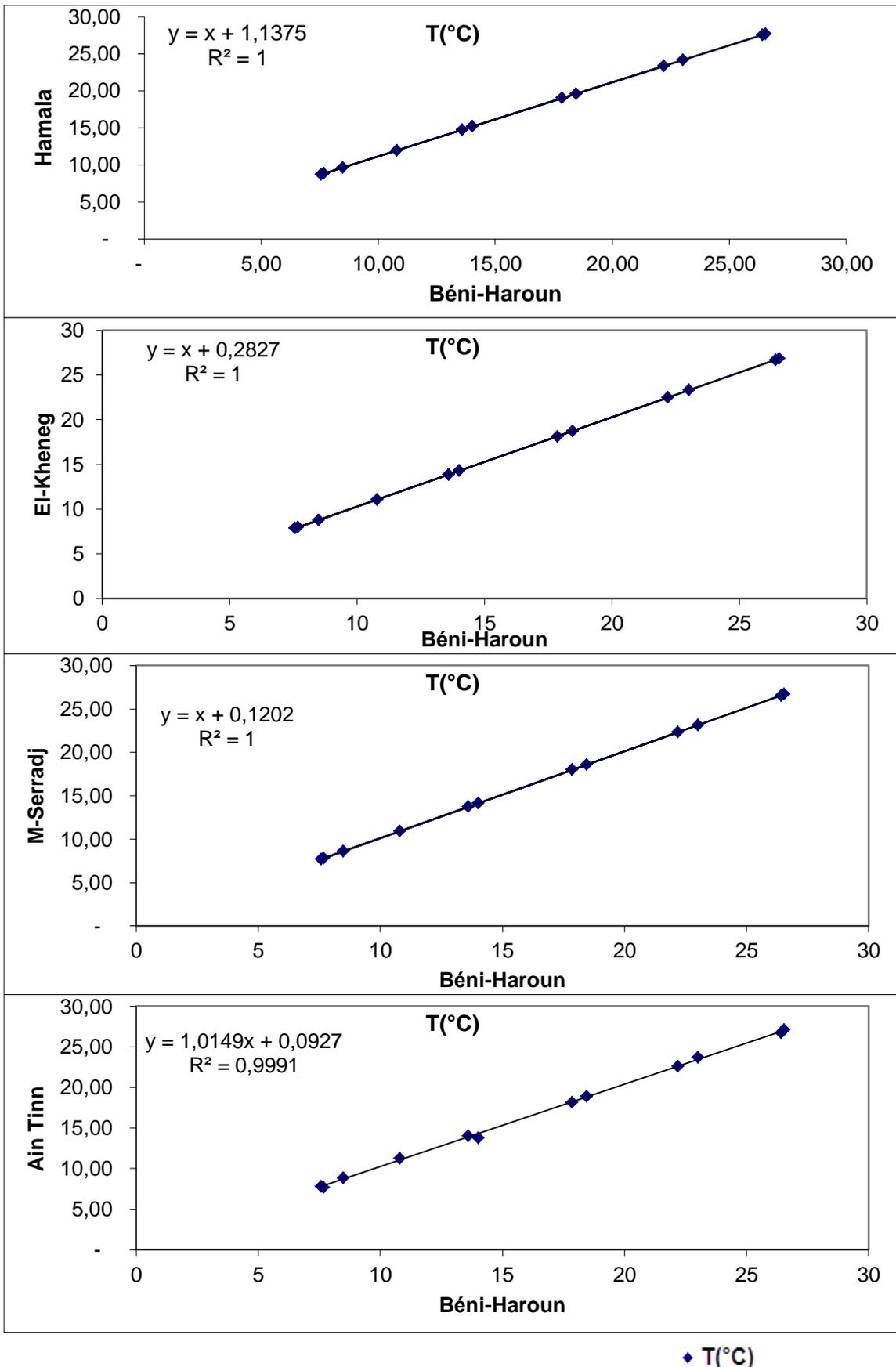


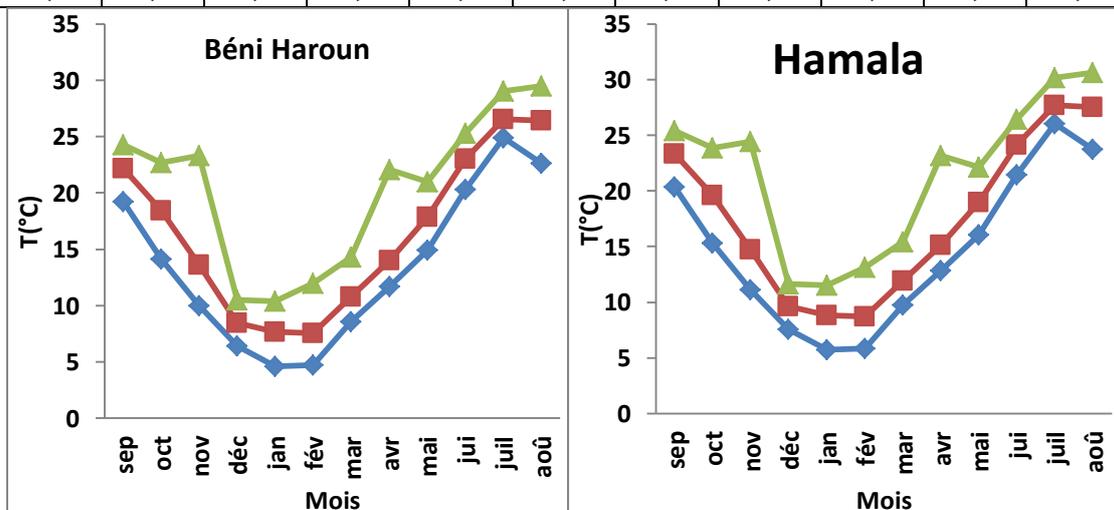
Fig.IV-7 : Diagrammes des corrélations (1998/2015)

Nous avons obtenu des coefficients de corrélation équivalent à 1, pour tous les stations ce qui nous donne plus des fiabilités et plus de confiance pour l'usage de ces valeurs, à notre étude.

a. Températures moyennes mensuelles interannuelle:

Tableau IV-6: Répartition mensuelle interannuelle des températures (1998/2015)

T (°C)	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fér	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Ans
Beni Haroun													
min	19,21	14,15	10,00	6,40	4,60	4,70	8,60	11,70	14,90	20,29	24,89	22,61	13,5
Moy	22,19	18,46	13,60	8,49	7,68	7,57	10,80	14,01	17,86	23,02	26,56	26,42	16,39
max	24,30	22,71	23,30	10,50	10,37	12,00	14,30	22,06	21,00	25,30	29,03	29,50	20,36
Hamala													
min	20,35	15,29	11,14	7,54	5,74	5,84	9,74	12,84	16,04	21,43	26,03	23,75	14,64
Moy	23,33	19,60	14,74	9,63	8,82	8,71	11,93	15,15	19,00	24,16	27,69	27,56	17,53
max	25,44	23,85	24,44	11,64	11,51	13,14	15,44	23,20	22,14	26,44	30,17	30,64	21,5
El Kheneg													
min	19,50	14,43	10,28	6,68	4,88	4,98	8,88	11,98	15,18	20,57	25,17	22,90	13,79
Moy	22,48	18,74	13,88	8,77	7,96	7,85	11,08	14,30	18,14	23,31	26,84	26,70	16,67
max	24,58	22,99	23,58	10,78	10,65	12,28	14,58	22,34	21,28	25,58	29,31	29,78	20,65
Mechta Serradj													
min	19,33	14,27	10,12	6,52	4,72	4,82	8,72	11,82	15,02	20,41	25,01	22,73	13,62
Moy	22,31	18,58	13,72	8,61	7,80	7,69	10,92	14,13	17,98	23,14	26,68	26,54	16,51
max	24,42	22,83	23,42	10,62	10,49	12,12	14,42	22,18	21,12	25,42	29,15	29,62	20,48
Ain Tinn													
min	19,90	15,30	9,90	6,80	4,60	4,60	8,40	9,20	11,60	18,90	22,70	21,90	12,82
Moy	22,61	18,89	14,04	8,87	7,70	7,83	11,24	13,81	18,18	23,72	27,08	26,72	16,72
Max	25,60	22,37	24,47	11,67	11,17	13,17	15,47	15,87	22,17	26,80	29,57	30,30	20,72



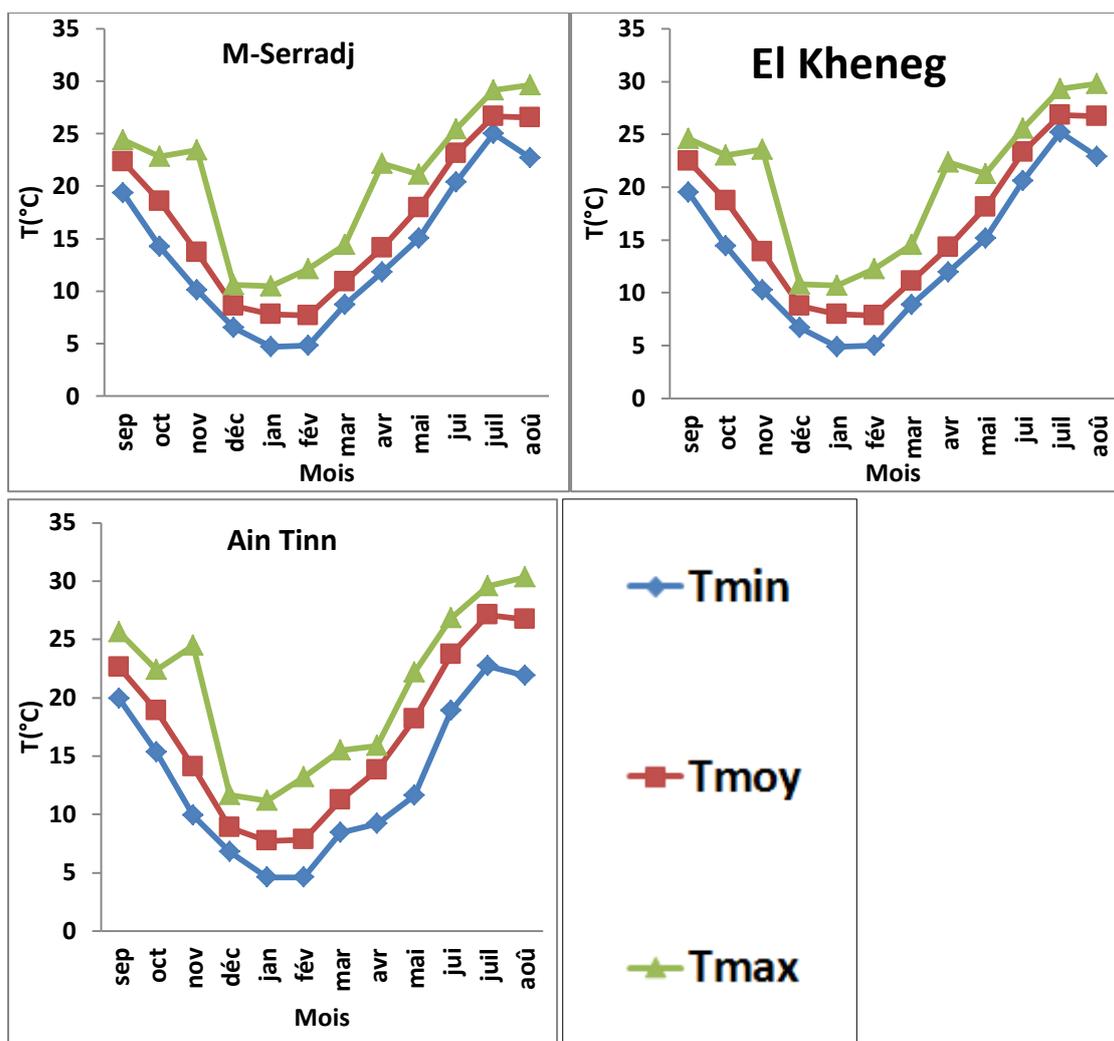


Fig. IV-8 : Répartition mensuelle des températures (1998/2015)

Interprétation :

Les courbes de température (Fig. (IV-8)) montrent que toutes les stations se caractérisent par une variation mensuelle irrégulière, tels que le maxima des températures moyennes est atteint en juillet pour la station de Béni-Haroun (26,56°C), El Kheneg (26,84°C), Ain Tinn (27,08°C), Hamala (27,69°C), et Mechta Serradj (26,68°C).

Alors que le minima est observé en mois de Janvier pour la station de AinTinn (7,70°C). Ainsi en mois de Février pour la station de El Kheneg qui atteint un minima de 7,85°C, et Mechta Serradj (7,69°C), Béni-Haroun (7,57°C), et enfin Hamala (8,71°C)

L'allure des courbes des températures montre que la température de notre région décroît de septembre jusqu' à janvier, et ensuite elle augmente jusqu'au mois de Juillet et Aout où atteindre son max.

- La moyenne annuel des températures pour tous les stations est appartient dans l'intervalle allant de 12°C à 22°C.

b. Distribution saisonnières des Températures:

Logiquement, on peut dire qu'une variation de n'importe quel paramètre climatique en pas mensuel conduit à une variation saisonnière, à cause que la valeur de cette dernière égale à la moyenne des trois mois (liée directement aux valeurs des mois).

Tableau IV-7 : Températures moyennes saisonnières en (°C) des stations d'études:

Station	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fér	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Béni Haroun	18,08			7,91			14,22			25,33		
Hamala	19,22			9,05			15,36			26,47		
El Kheneg	18,37			8,20			14,51			25,62		
Mechta Serradj	18,20			8,03			14,34			25,45		
AinTinn	18,51			8,13			14,41			25,84		

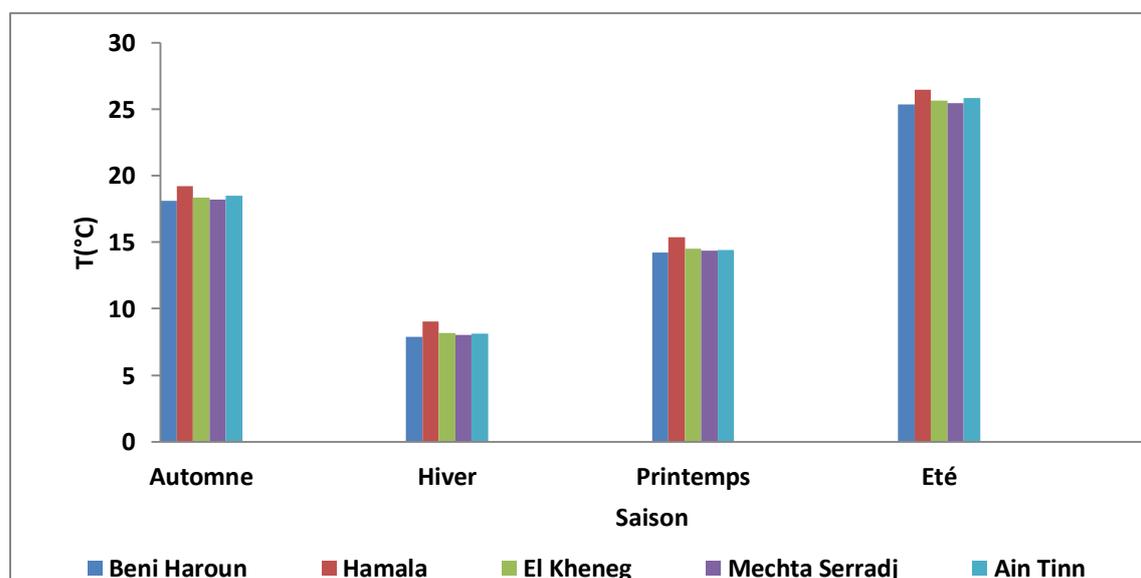


Fig. IV-9 : la variation saisonnière des températures (1998/2015)

- notre zone est caractérisée par un hiver froid avec une min de 4.6°C en Janvier, et un été chaud avec un max allé de 29 à 31°C entre Aout et juillet.

- La moyenne hivernale entre les stations est d'ordre de 8,26°C, tant que la moyenne d'été est d'ordre de 25,74°C.

IV-3) Hydrologie :

IV-3-1) Etude du débit :

Une étude des débits consiste à analyser les observations hydrométriques qui nous donne une idée sur le comportement hydrologique des cours d'eau qui influencé par les précipitations, les échanges avec les nappes, et les prélèvements, elle est passe d'une échelle annuelle à une autre mensuelle en se basant sur les variables caractéristiques du débit (coefficient d'hydraulicité, et celle mensuel du débit...etc.). Les observations hydrométriques que nous disposons sont relevés au niveau de deux stations, l'un celle de Grarem sur oueds El-Rhumel, et Tassadane sur oued Endja d'une période de 38ans (1973/1974 à 2010/2011) pour les deux stations.

IV-3-1-2) Présentation des stations hydrométriques :

Dans cette approche nous avons deux stations hydrométriques, l'un est de Grarem qui situé sur oued Rhumel, et l'autre celle de Tassadane trouvée sur oued Endja, réparties dans notre zone comme montre dans la figure (IV-10). Ces stations dont les caractéristiques résumées dans le tableau (IV-8) suivant :

Tableau IV-8: Caractéristiques des stations hydrométriques

Code de la station	Nom du Station	Superficie contrôlée (Km ²)	X(m)	Y(m)
100109	D.Tassadane	930	785,7	359,4
10 06 01	Grarem	5320	821.55	363.35

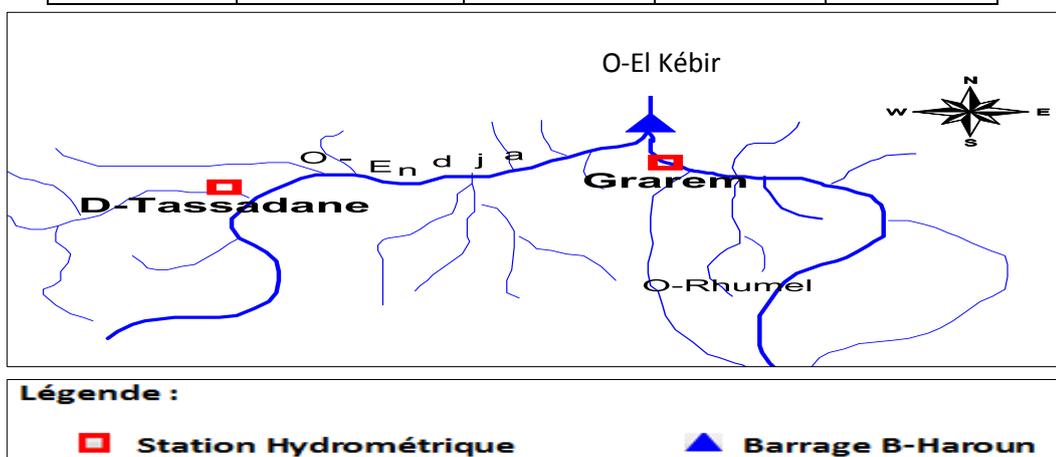


Fig. IV-10 : Situation géographique des stations hydrométriques

Comblement des lacunes :

La station de Grarem marquée des lacunes sur la série qui s'étale de 1973/1974 à 2000/2001, nous avons effectué un comblement des ces lacunes (par une régression linéaire) à partir de la station de Tassadane. Donc on estimé dans cette approche l'efficacité relative qui nous a permis d'étendue la série de Grarem (28années) à « n' » années à partir de 38 ans de Tassadane. Nous avons trouvé qu'on peut lire près de 37ans à partir de la station de Tassadane pour étendue la série de Grarem.

IV-3-1-3) Variation des débits moyens annuels et interannuels:

a) Les répartitions moyennes annuelles et leurs nuances :

« L'apport annuel, ou module, est la première grandeur à connaître pour un bassin versant donné. Sa valeur moyenne peut servir notamment à l'estimation d'autres caractéristiques hydrologiques qui lui sont liées » (CEMAGREF, 1989). C'est également d'étudier les variations de régime des cours d'eau annuellement. La valeur du débit moyen annuel de chaque année est trouvée à partir de la division de la somme du débit annuel par les douze mois de l'année considérée.

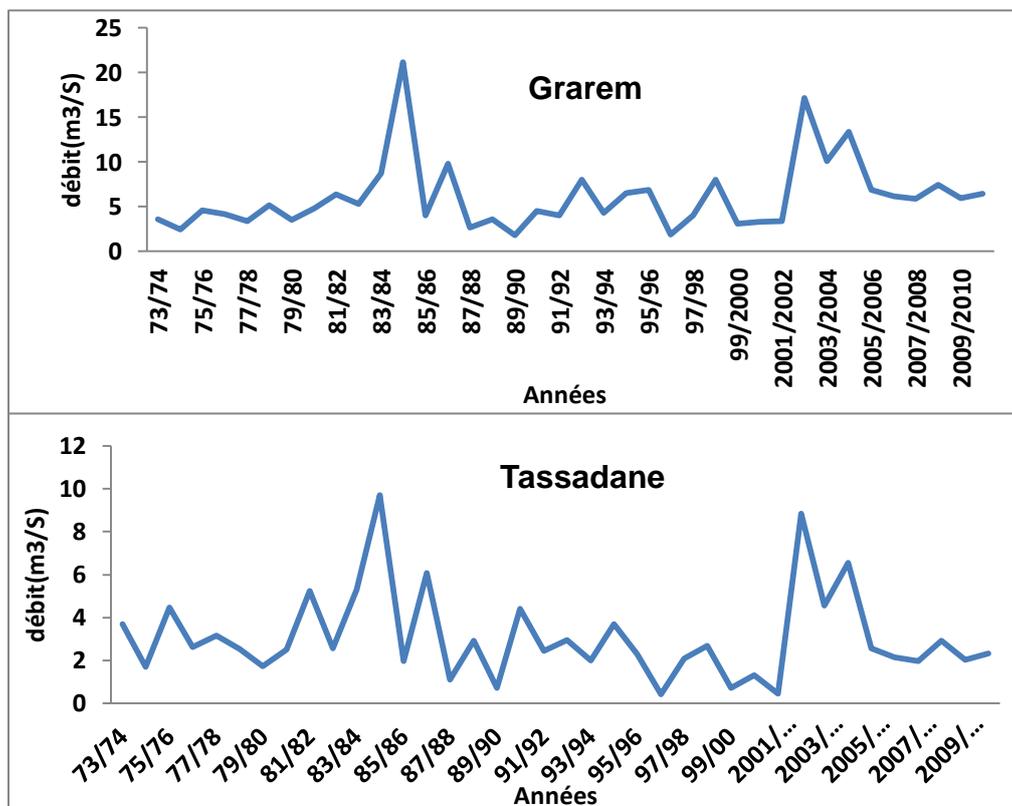


Fig.IV-11 : Distribution moyen annuel du débit pour les deux stations (1973/2011)

Interprétation :

Le débits moyen annuel c'est le volume d'eau qui s'écoule pendant une année, il est estimé à la station de Tassadane à $3,09\text{m}^3/\text{s}$, et près de $6,09\text{m}^3/\text{s}$ à la station de Grarem pour la même période d'observation.

La station de Tassadane et de Grarem, donnent une grande fluctuation observée d'une année à autre comme montre la figure (IV-13).

✓ Tels que le débit le plus abondant pour la station de Tassadane est observé dans l'année 1984/1985 par un ordre de $9,7\text{ m}^3/\text{s}$, et le plus réduit est marqué dans l'année 1996/1997 par $0,42\text{ m}^3/\text{s}$.ces deux années marquées sur une période de 30 ans respectivement les coefficients pluviométriques suivant :

- 1,68 c'est un indice d'une abondance hydrologique
- 0,49 c'est un indice d'une défaillance hydrologique

✓ Alors que dans la station de Grarem l'année hydrologique 1984/1985 accuse par le débit le plus prospère d'ordre de $21,15\text{m}^3/\text{s}$, en temps que le minimum est observé dans l'année 1989/1990 par un ordre de $1,76\text{m}^3/\text{s}$.ces deux années marquées sur une période de 30 ans respectivement les coefficients pluviométriques suivant :

- 1,76 c'est un indice d'une abondance hydrologique
- 0,7 c'est un indice d'une défaillance hydrologique

b) L'irrégularité interannuelle :

Les variabilités interannuelles sont appréciées à l'aide de l'hydraulicité qui est le rapport du débit d'une année particulière Q_i au débit moyen d'une série d'années d'observations Q_{moy} , l'écart type , ...etc. les variables du coefficient d'hydraulicité qui sont illustrés dans la fig. (IV-12) nous a permis de confirmer l'irrégularité interannuelle des débits , puis de savoir les fréquences des années excédentaires de celles déficitaires ou bien d'une autre sens séparé les années humides de celles sèches.

Tableau IV-9: Représentation des coefficients d'hydraulicité des stations étudiées

ans	Tassadane	Grarem	ans	Tassadane	Grarem	ans	Tassadane	Grarem
73/74	1,20	0,58	86/87	1,97	1,6	99/00	0,23	0,50
74/75	0,55	0,40	87/88	0,36	0,43	00/01	0,43	0,54
75/76	1,45	0,75	88/89	0,94	0,59	01/02	0,15	0,55
76/77	0,85	0,68	89/90	0,23	0,29	02/03	2,86	2,81
77/78	1,02	0,55	90/91	1,43	0,74	03/04	1,47	1,65
78/79	0,82	0,85	91/92	0,79	0,66	04/05	2,12	2,20
79/80	0,56	0,57	92/93	0,96	1,31	05/06	0,83	1,12
80/81	0,81	0,78	93/94	0,65	0,70	06/07	0,69	1,00
81/82	1,70	1,05	94/95	1,20	1,07	07/08	0,64	0,96
82/83	0,83	0,87	95/96	0,75	1,12	08/09	0,95	1,22
83/84	1,71	1,43	96/97	0,14	0,31	09/10	0,66	0,98
84/85	3,14	3,47	97/98	0,67	0,65	10/11	0,75	1,05
85/86	0,64	0,65	98/99	0,87	1,31	/	/	/

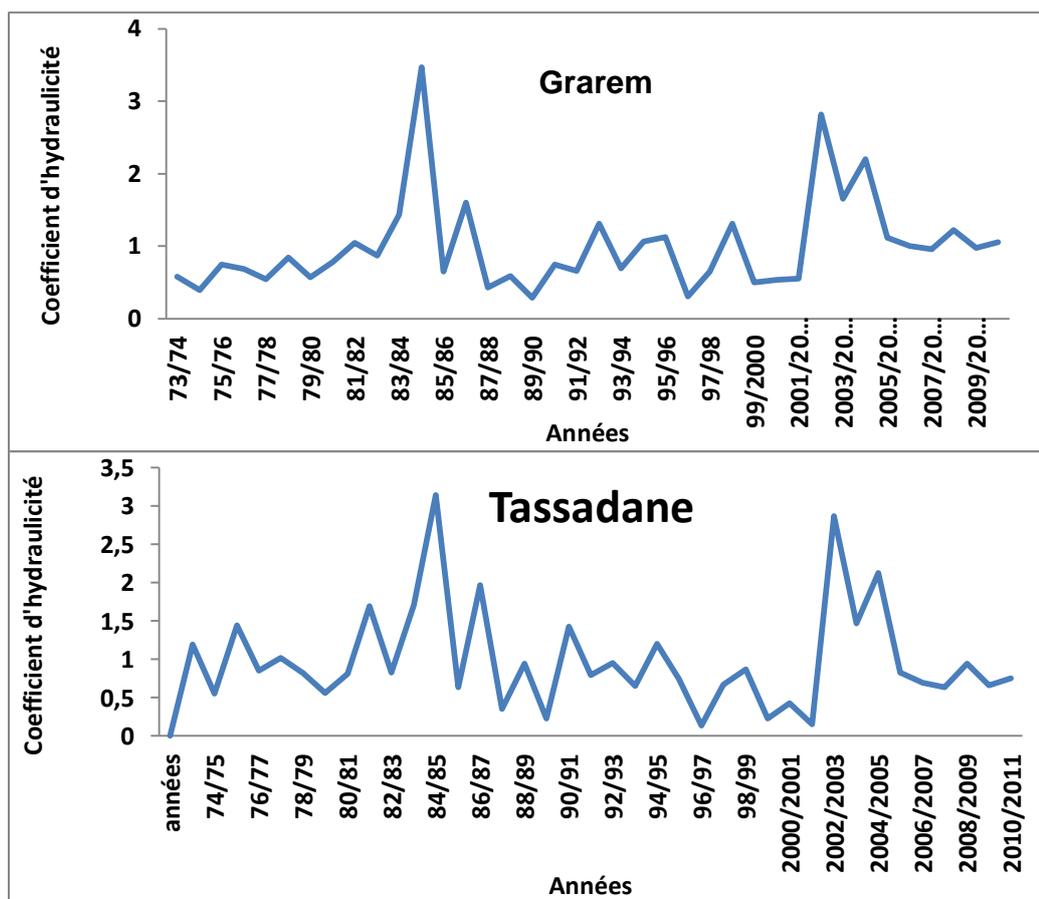


Fig. IV-12 : Représentation graphique du coefficient d'hydraulicité

Interprétation :

- Les années d'abondance hydrologiques sont caractérisées par une hydraulité supérieure à l'unité : 12 ans à la station de Tassadane sur période de 38 ans par une fréquence près de 31,58%. Et 15 ans sur une période de 38ans pour la station de Grarem, soit une fréquence de 39,47% .
- Les années déficitaires (sèches) qui sont équivalent aux hydraulités inférieure à l'unité : 26 ans par une fréquence de 68,42% au niveau de la station de Tassadane, et atteints 23 ans par une fréquence de 60,53% pour la station de Grarem. On constate encore que le nombre des années sèches dépasse celui humides dans les deux stations.

IV-3-1-4) Variabilité mensuel et saisonnières des débits :

Comme on a fait précédemment l'étude à l'échelle annuelle qui nous donne une idée sur la variation à longue durée (année par année), on passe à une autre étude qui donne également une image explicative sur le régime des cours d'eau et ses fluctuations, mais là à une échelle courte c'est mensuellement . pour cet approche il existe plusieurs paramètre à utilisés, comme le coefficient de variation, le coefficient d'écoulement, et le coefficient du débit mensuel, ce dernier qui est utilisé dans notre étude.

Tableau IV-10 : Variation moyenne mensuelle et saisonnière des débits

saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			annuel
	mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	
Grarem sur 38ans (1973/2011)													
moyen	2,76	3,10	3,93	8,5	12,51	13,24	10,70	8,06	4,26	2,71	1,71	1,63	6,09
saison	3,26			11,42			7,67			2,02			6,09
D.Tassadane sur 38 ans (1973/2011)													
moyen	0,82	1,06	1,47	3,92	6,59	7,63	6,93	4,86	2,05	0,97	0,43	0,38	3,09
saison	1,11			6,05			4,61			0,59			3,09

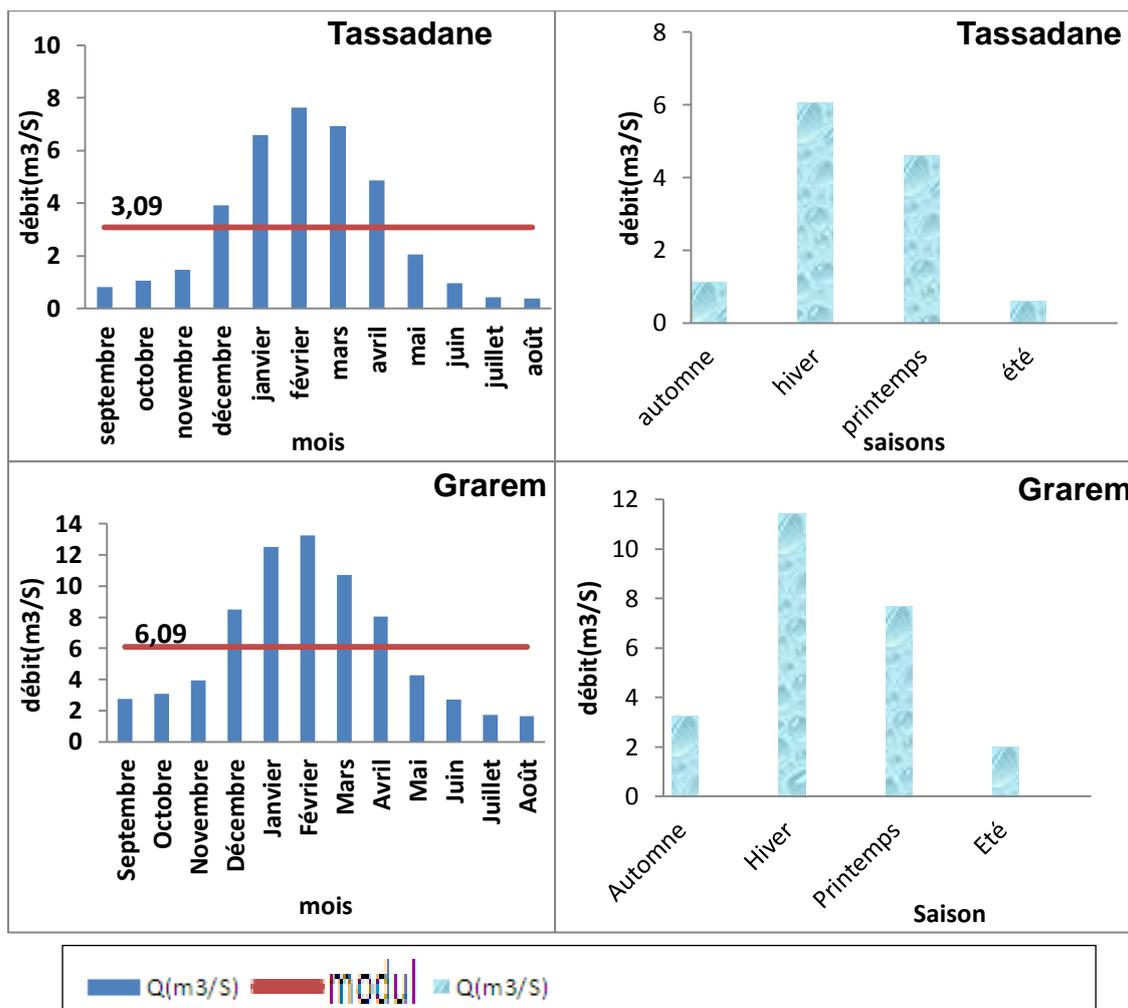


Fig. IV-13 :Variation mensuelles et saisonnières des deux stations(1973/1974 à 2010/2011)

Interprétation :

Les variations mensuelles présentes un pic enregistré au mois de février, ce max atteint un ordre de 7,63m³/s (Tassadane) et de 13,24m³/s (Grarem), et un minimum de 0,38 m³/s au mois d' Aout au niveau de la station de Tassadane ; en temps que à la station de Grarem le minimum est près de 1,63m³/sdu même mois.

La période des hautes eaux s'étend de Décembre jusqu'au Avril, elle est caractérisée par la situation des ces mois au dessus de la valeur moyenne annuel du débit.

Saisonnement, l'hiver est la saison la plus humide pour les deux stations avec un max de 6,05m³/s (Tassadane) et 11,42m³/s (Grarem),en temps que la saison qui définit par sécheresse est celle de l'été par un débit min d'ordre de 0,59m³/s (Tassadane) et d'ordre de 2,02m³/s (Grarem).

IV-3-1-4-1) Méthode de CMD :

Les variations saisonnières et mensuels sont démontré vraiment par les variations de coefficient mensuel du débit(CMD) qui est calculé par le rapport entre le moyen mensuel et le modul annuel du débit .il caractérisé les mois des hautes eaux en cas de son dépassement à l'unité ,et des basses eaux lorsque il est moins de l'unité .

Tableau IV-11 : Répartition des CMD pour les trois stations

mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fér	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
Grarem	0,45	0,51	0,65	1,40	2,05	2,17	1,76	1,32	0,7	0,44	0,28	0,27
Tassadane	0,26	0,34	0,47	1,27	2,13	2,47	2,24	1,57	0,66	0,31	0,14	0,12

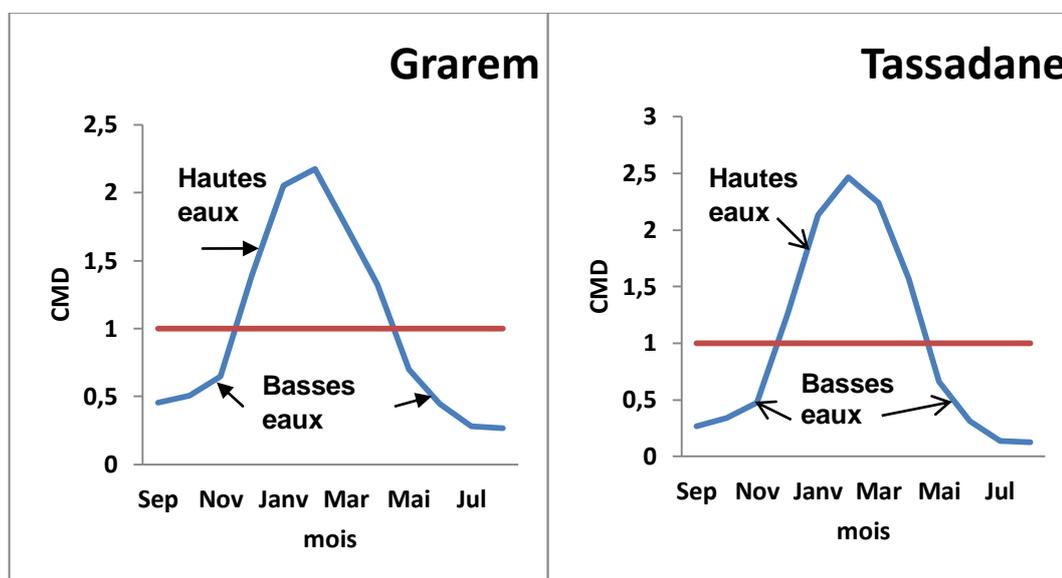


Fig. IV-14 : Variation mensuelle des CMD pour les deux stations

Interprétation :

Dans la fig (IV-14), on remarque cinq mois humides qui sont accusés par un $CMD > 1$ qui s'étallant de décembre à avril, alors que les mois sèches d'un $CMD < 1$ sont s'échelonnent de mai à novembre.

IV-3-1-5) Commentaire sur le débit :

La question qui se pose dans notre cas « est ce que l'écoulement et ses variations dépendent en réalité aux variations pluviométriques ou à des autres facteurs comme la géomorphologie de la région ? » La réponse sur cette question n'est que l'analyse de coefficient de corrélation entre C_p et C_h :

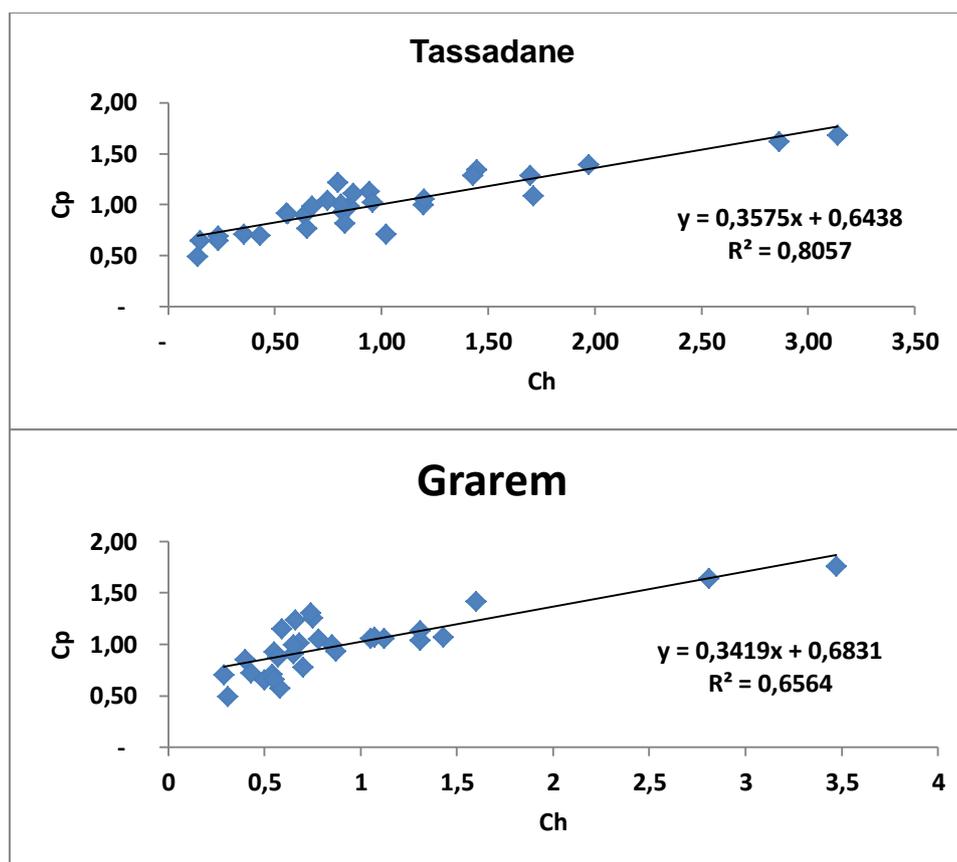


Fig. IV-15 : Représentation de la régression linéaire entre Ch et Cp pour les deux stations

Interprétation:

- Pour la station de Tassadane sur une période de 30ans (1973/1974 à 2002/2003), ce coefficient est plus grand où atteint une valeur racinaire $r=0,90$ qui nous a conduit à un choix de la réponse qui dit l'écoulement est dépend à la pluviométrie de la région.
- En ce qui concerne la station de Grarem et sur 30ans (1973/1974 à 1983/1984), il est à ordre de $r=0,81$. Cette valeur nous a conduit à la réponse qui dit que l'écoulement est plus dépend aux caractéristiques géomorphologies de la région qui conditionnent le ruissellement des gouttes des pluies comme la lithologie...etc.

IV-3-1) Apports annuels fréquentiels : Ajustement à des lois de répartition statistiques :

L'étude statistique des quantiles annuels qui est l'ajustement des lois statistiques à des données des observations, c'est une autre méthode de mettre en lumière l'irrégularité annuel des débits, pour se faire il ya plusieurs lois, parmi les ; celles de Galton (log-normale), et de la loi-normale qui sont le plus utilisés en Algérie. Précédemment pour les précipitations on a trouvé que la loi log-

normale est assurer une adéquation satisfaisante pour notre échantillon, en ce titre pour les débits on va voir que « ce loi est mieux que loi-normale ou l'inverse ».

➤ **Loi de Galton :**

Cette loi est répartie selon la fonction suivante : $F(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^U e^{-\frac{u}{2}}$

Avec :

U : variable réduite de Galton définit comme : $U = a \cdot \log(x + x_0) + b$

a, b, x sont des paramètres et x_0 c'est le paramètre de position

➤ **Loi normale :**

Ce loi est définit par l'équation suivante : $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$

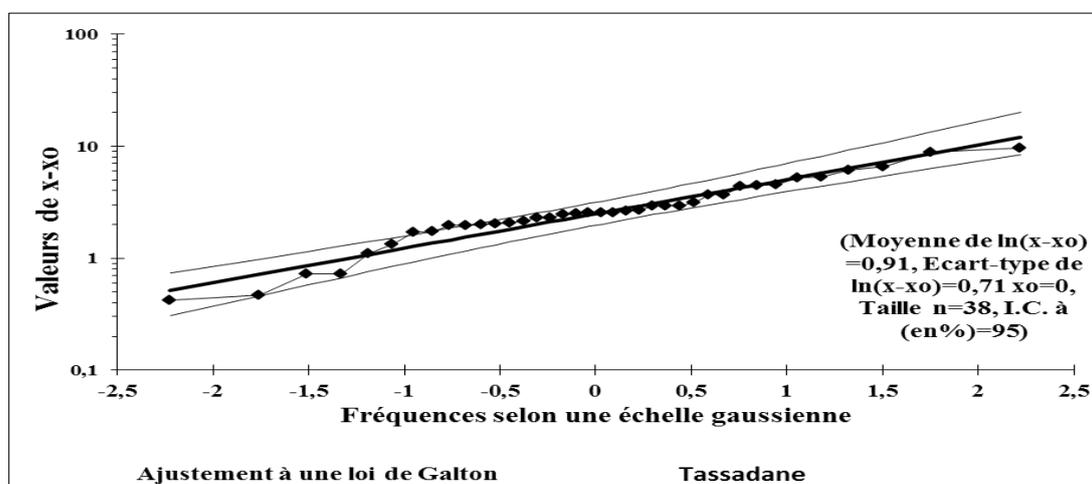
, et la variable réduite suivante : $u = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$

Où :

μ : c'est l'écart type, σ : c'est la densité de probabilité

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

➤ **Résultats d'ajustement des deux lois à notre échantillon :**



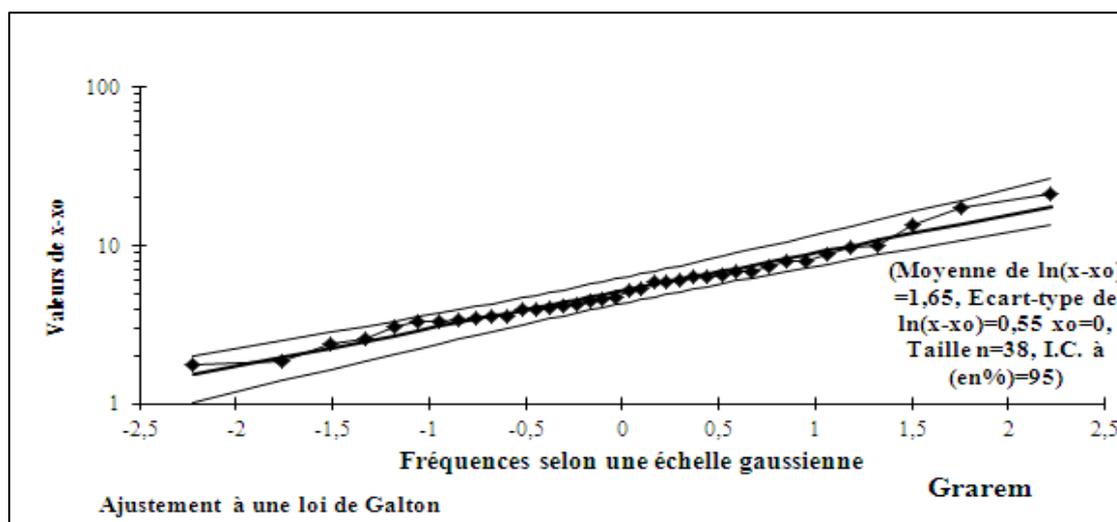
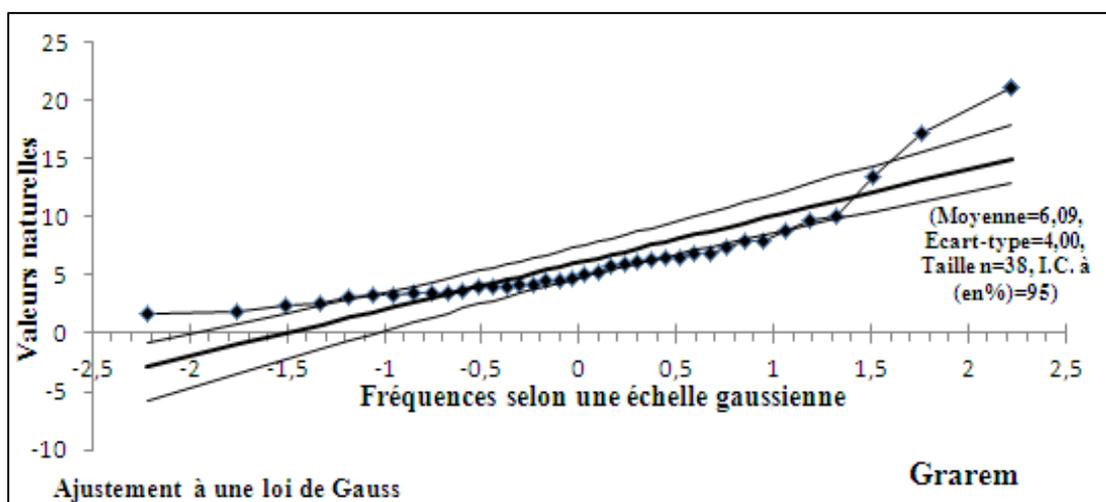
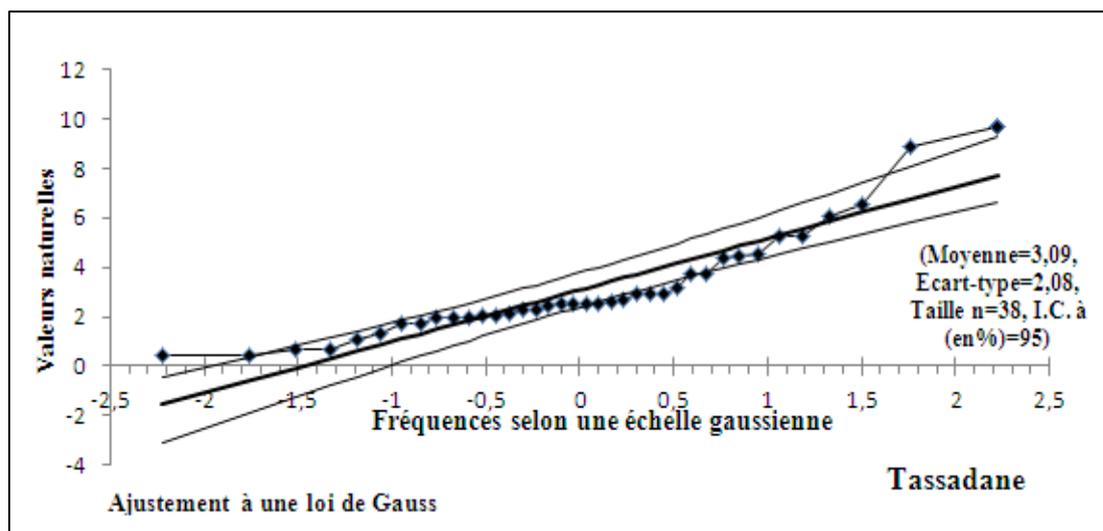


Fig.IV-16 : Représentation graphique des résultats d'ajustement des lois de Galton et Gauss aux débits des stations étudiées.

A partir de la distribution des points autour de la droite de Henry, on peut dire que vraiment la loi la plus ajustée aux débits des deux stations est celle qui ajustée aux précipitations (Galton).

Conclusion :

L'étude climatique n'est que une évaluation des écarts des éléments météorologiques au fil du temps (mensuel, annuel...) pour avoir une idée sur le comportement d'une région. Cette étude est réalisée dans ce chapitre pour une série des mesures correspondant à une période de 17 ans d'observation (1998/1999 à 2014/2015), elle nous a permis de conclure que :

- Notre région est caractérisée par une importante irrégularité temporelle (annuelle, mensuelle, soit saisonnière), des paramètres caractéristiques des climats (précipitation, température).
- Cette étude nous a conduit à constaté vraiment que notre région est appartienne à les limites du climat méditerrané d'un hiver doux et pluvieux où la pluie atteint un max de 1319,54mm (Hamala), et un été chaud et sec avec un max allé de 29 à 31°C entre Aout et juillet.

Dans autre branche, l'art qui étudier l'état d'écoulement des cours d'eau, c'est l'hydrologie qui permet d'estimer le flux climatique. Dans ce chapitre nous avons procédé cette étude pour 38ans (de 1973/1974 à 2010/2011) au niveau de deux stations (Tassadane, Grarem). Cette étude montre que notre région est caractérisée par une grande fluctuation au niveau annuel, mensuel, et saisonnière.

Au niveau annuel, on peut dire directement que le régime hydrologique est lié aux conditions climatiques pour les deux stations à cause :

- les deux stations marquées deux années d'abondance et de pauvreté des débits sont coïncidente respectivement avec les mêmes années humide ($C_p > 1$) et sèche ($C_p < 1$) au regard des précipitations annuels.

En ce qui concerne le pas mensuel, on peut résumer le régime hydrologique en deux périodes qui sont définit bien par le CMD :

- une période des hautes eaux qui remarquée surtout en hiver et persiste jusqu'à la saison printanière avec cinq mois (de décembre à avril)
- L'autre période c'est des basses eaux qui débute de fin de printemps (mai) et terminé au fin de l'automne (novembre).

Introduction :

L'eau et le climat sont deux éléments difficile à séparé, parce que il ya une relation d'influence de double sens entre les deux (les eaux sur les climats ou l'inverse). À loin de la catégorie des ces eaux, l'homme cherché toujours de maitrisé ces eaux pour plusieurs usages, et à l'aide des plusieurs ouvrages, parmi les l'ouvrage multi fonctionnaire (ou barrage).

Nous avons mentionnés dans le premier chapitre que les barrages ne donnent que des petits changements climatiques en fonction de ses capacités, et on a dit aussi que « les barrages induisent à leur amont une augmentation des profondeurs d'eau ». Avec une capacité de près de 1 milliard de m³ d'eau celle de grand complexe hydraulique de Mila (le barrage de Béni Haroun) nous allons d'essayé d'évaluer le changement climatique et hydrologique résultent de l'influence de ce dernier et sa retenue sur la région de Mila.

Il ya lieu de noter que nous disposons d'une série des données climatiques s'échelonnant sur 17 ans, et hydrologique de 38ans.

V-1) Perturbation des précipitations

V-1-1) Variation temporelle :

a) A l'échelle annuelle :

Tableau V-1 : Les variations des précipitations moyennes annuelles avant et après la construction du barrage

Station	B-Haroun	Hamala	El-Kheneg	Ain Tinn	M-Serradj
Avant	568,47	758,66	727,11	644,76	490,15
Après	683,98	874,04	666,75	599,48	504,19

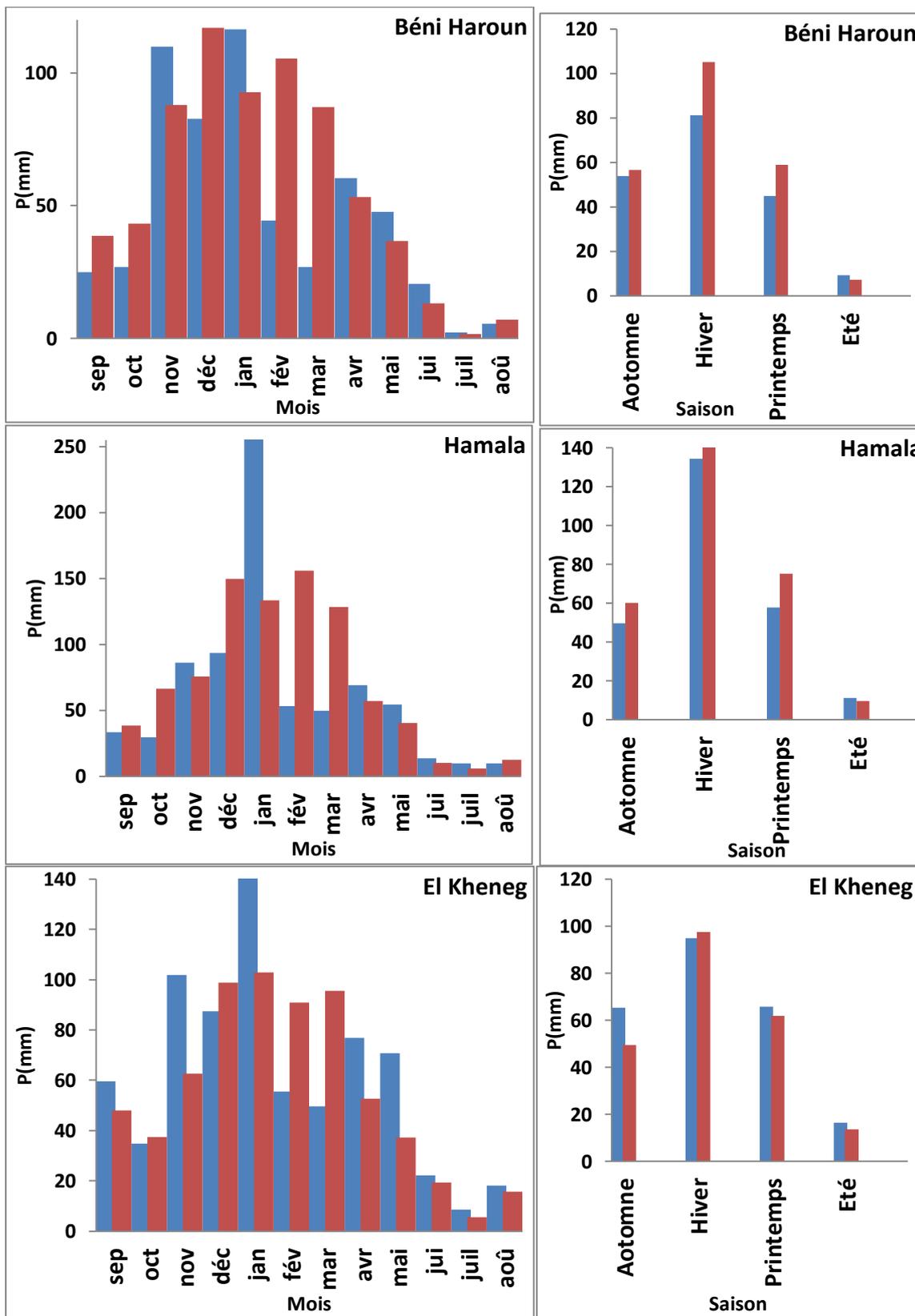
Le barrage de Béni Haroun ne donne peut être que des petite changements légères sur les précipitations annuelles, ces changements peut rendre en lumières par l'accru de la moyenne annuelle pour la station de lui même (par 20,32%), de Hamala (15,21%), et M-Serradj par 2,86% et la diminution de cette moyenne par 8,30% pour la station d'El Kheneg , ainsi dans la station de Ain Tinn qui influencée par le barrage de Béni Haroun au Nord et le barrage de El Athmania au sud, où la précipitation diminué par 7,02% après la construction du barrage. On résume que le barrage causé de l'augmentation des précipitations au niveau annuel pour les zones les plus proches, l'inverse de cette réalité est remarqué quand on éloigne de la retenue.

b) A l'échelle mensuelle-saisonnière:

La perturbation des précipitations au niveau annuel nous donne une idée directe sur les variations saisonnière après la création du barrage, sans doute parce que l'année reliée avec les mois. Donc comme la moyenne annuelle variée on suppose que les mois sont aussi touchés donc directement, on trouve que les régimes saisonniers aussi variés après la construction des barrages. Les résultats ci-après vont vérifier cette hypothèse.

Tableau V-2: Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières en (mm) des stations d'études :

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû
Béni Haroun												
Avant	24,94	26,88	109,83	82,80	116,46	44,39	26,97	60,45	47,67	20,46	2,20	5,42
	53,89			81,21			45,03			9,36		
Après	38,62	43,28	87,85	116,96	92,70	105,47	87,24	53,30	36,69	13,28	1,57	7,02
	56,58			105,04			59,08			7,29		
Hamala												
Avant	33,26	29,40	86,23	93,58	256,19	53,37	49,73	69,17	54,42	13,70	9,92	9,69
	49,63			134,38			57,77			11,10		
Après	38,62	66,43	75,80	149,76	133,41	155,76	128,30	56,90	40,54	10,06	5,80	12,67
	60,28			146,31			75,25			9,51		
El Kheneg												
Avant	59,51	34,86	101,78	87,39	141,94	55,56	49,54	76,86	70,72	22,29	8,60	18,06
	65,38			94,96			65,71			16,32		
Après	47,97	37,44	62,59	98,77	102,86	90,90	95,62	52,59	37,31	19,42	5,54	15,75
	49,33			97,51			61,84			13,57		
Mechta Serradj												
Avant	15,90	12,93	90,35	46,82	114,90	33,38	21,48	49,93	79,54	14,41	4,83	5,69
	39,73			65,03			50,32			8,31		
Après	25,14	30,29	57,32	66,52	75,07	84,78	80,35	38,47	28,58	5,08	3,73	8,85
	37,58			75,46			49,13			5,89		
Ain Tinn												
Avant	57,14	30,68	89,59	76,92	124,94	48,90	43,61	67,65	62,25	19,62	7,57	15,90
	59,14			83,59			57,84			14,36		
Après	41,27	40,52	59,33	90,56	71,27	89,80	71,28	55,70	43,26	9,06	4,97	22,44
	47,04			83,88			56,75			12,16		



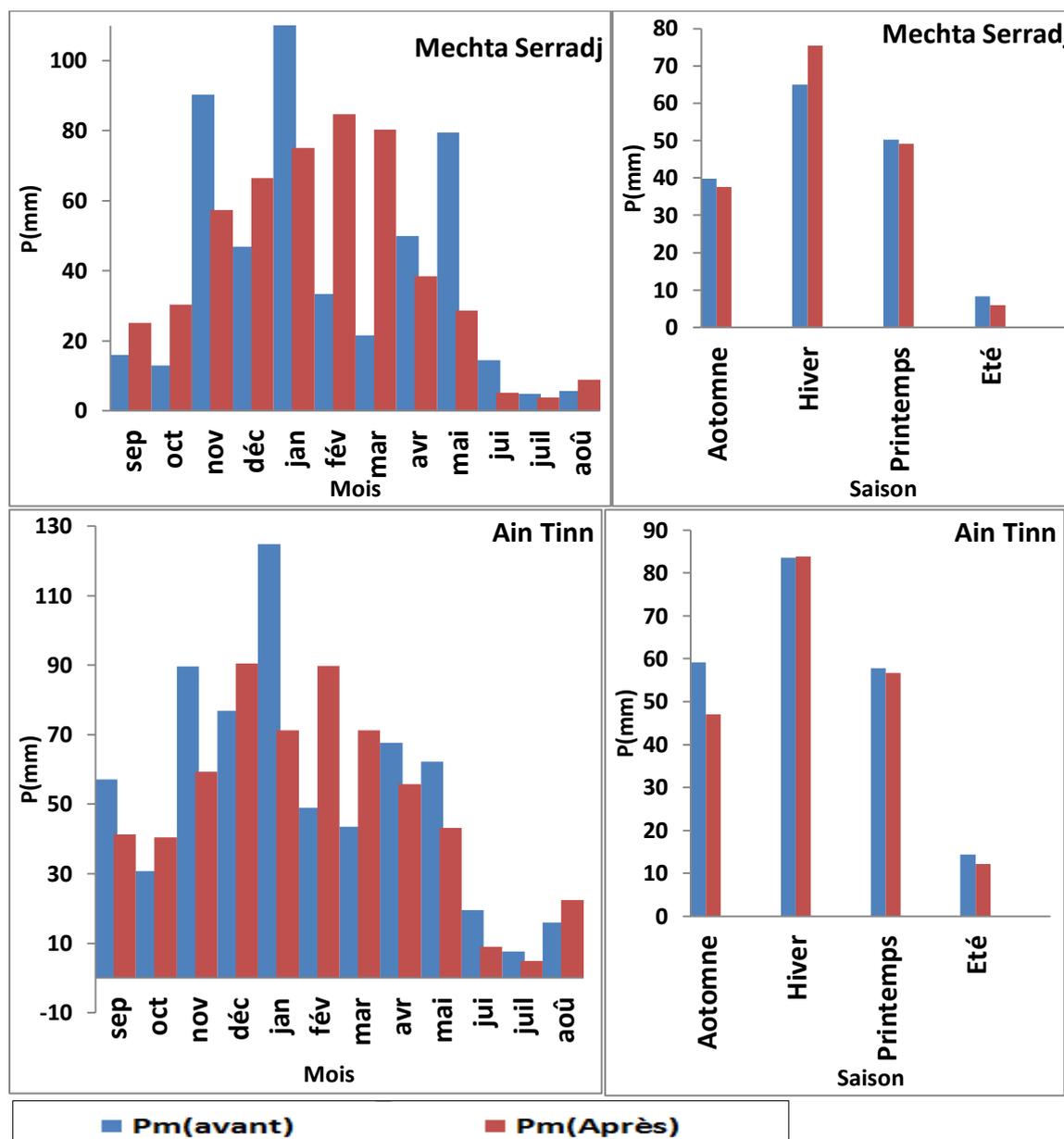


Fig. V-1 : Représentation des variations mensuelles et saisonnière des précipitations des stations d'étude avant et après la construction du barrage.

Nous avons mentionné dans le premier chapitre que le barrage c'est la cause directe de la diminution des averses au printemps et au début de l'été, et les augmentés en automne et au début de l'hiver. Cette vérité est vraiment démontré dans notre cas, où au niveau de la station de Béni Haroun la précipitation est diminuer à la fin de l'automne et au début de l'été, dans cette saison estivale la précipitation décréué de 2,07mm de celle avant la construction du barrage équivalant d'une diminution de 5 à plus de 7% au niveau des stations riveraines. En revanches les précipitations sont élevées en hiver par 23,83mm, et en printemps par 14,05 mm, ainsi une légère augmentation en automne par 2,7mm. D'une autre vue, le barrage causé l'augmentation des

précipitations par une lame de 1,6mm (soit 29,54%) au mois estivale (Aout) qui marqué un grand taux d'évaporation où atteint 246,16mm [3].

En allant plus haute, à une altitude de 660m (Hamala), les précipitations sont élevées en automne vers l'hiver où atteint une élévation de 102,39mm au mois hivernal (février), à cet altitude la précipitation au mois d'Aout est d'environ 30,75% (soit 2,98mm) supérieur de celle avant la construction du barrage.

Dans les autres stations (El Kheneg, M-Serradj et Ain Tinn) la précipitation est diminuée dans la saison printanière vers l'automne, et élevée en hiver. Le mois d'Aout est remarqué par une élévation de 6,54mm (soit 41,17%) à la station de Ain Tinn à cause d'une part son importante élévation (par 670m), et d'autre part sa situation centrale entre notre barrage (Béni-Haroun) et son réservoir (barrage de El Athmania).

V-1-2) Variation spatiale:

a) Cartes des isohyètes :

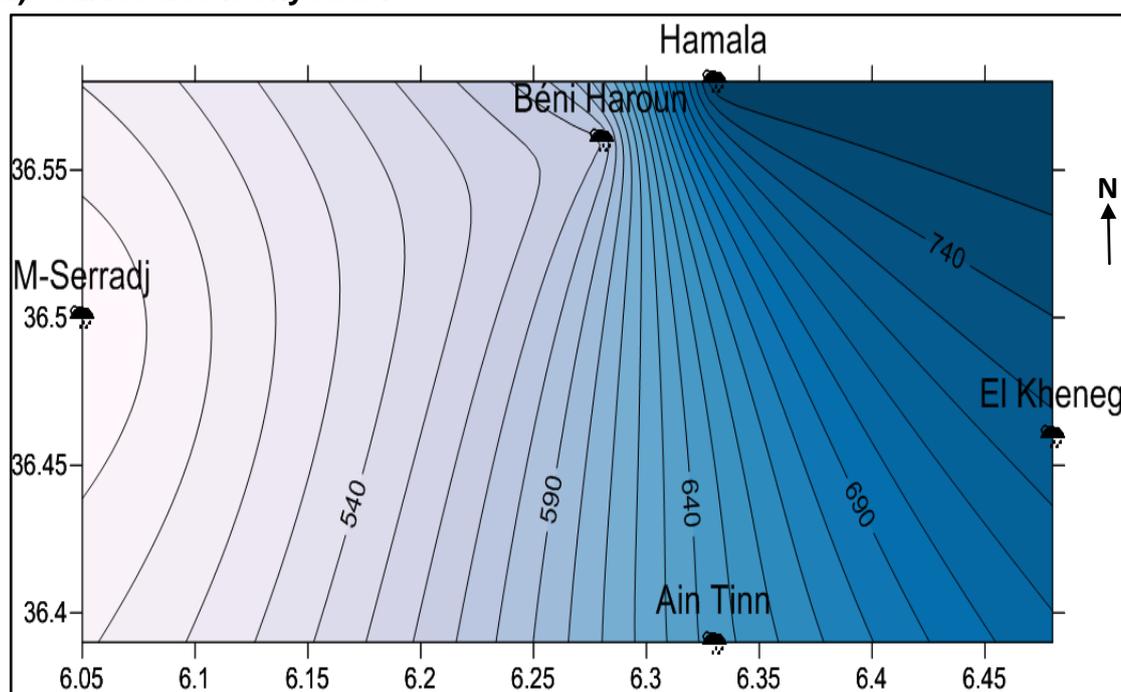


Fig.V-2: Carte des isohyètes avant la construction du barrage (1998/2003)

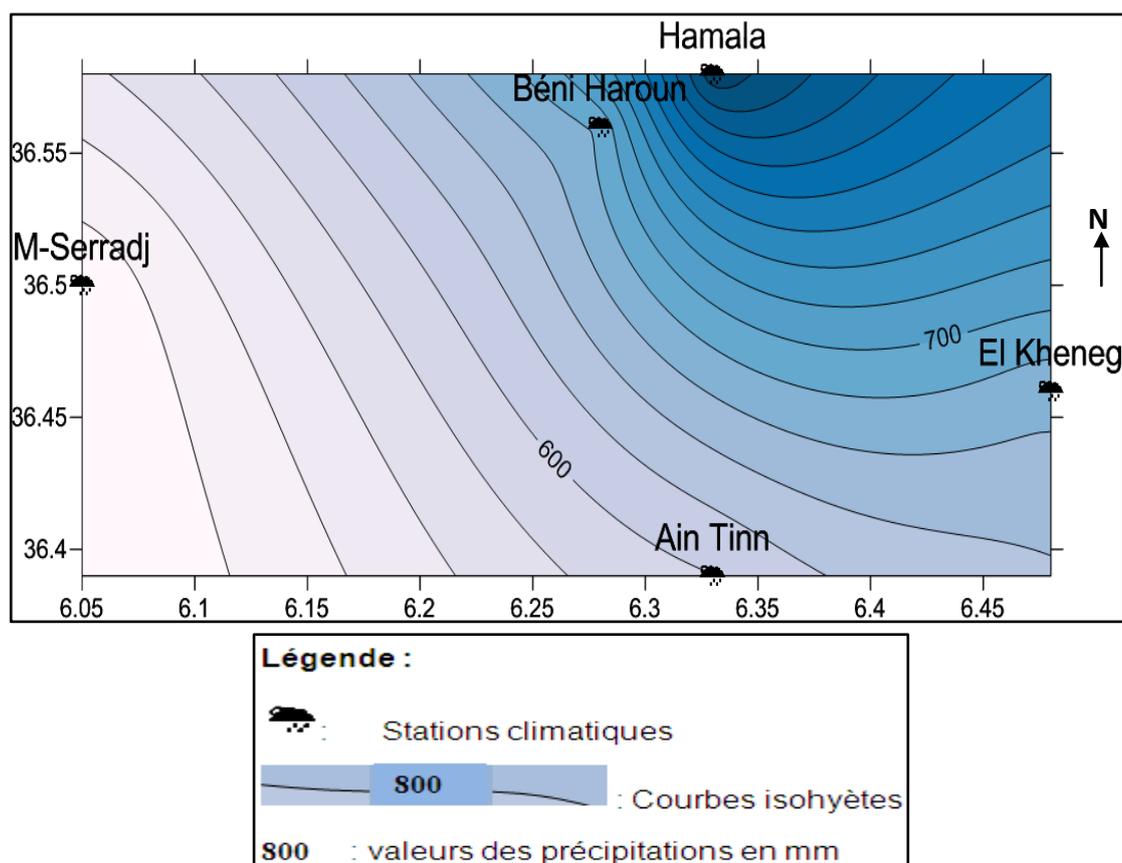


Fig.V-3: Carte des isohyètes après la construction du barrage (2003/2015)

b) Commentaires sur les cartes des isohyètes :

D'après la carte des isohyètes pour la période (1998/2003), on observe l'augmentation des pluies de l'Ouest vers le Nord- Est. Mais dans la période (2003/2015) on remarque une légère modification des isohyètes où les précipitations augmente de Sud-Ouest et Sud vers Nord.

V -2) changements des températures :

V-2-1) Variation temporelle :

a) Perturbation des régimes annuelle :

Tableau V-3 : Les variations des températures moyennes annuelles avant et après la construction du barrage

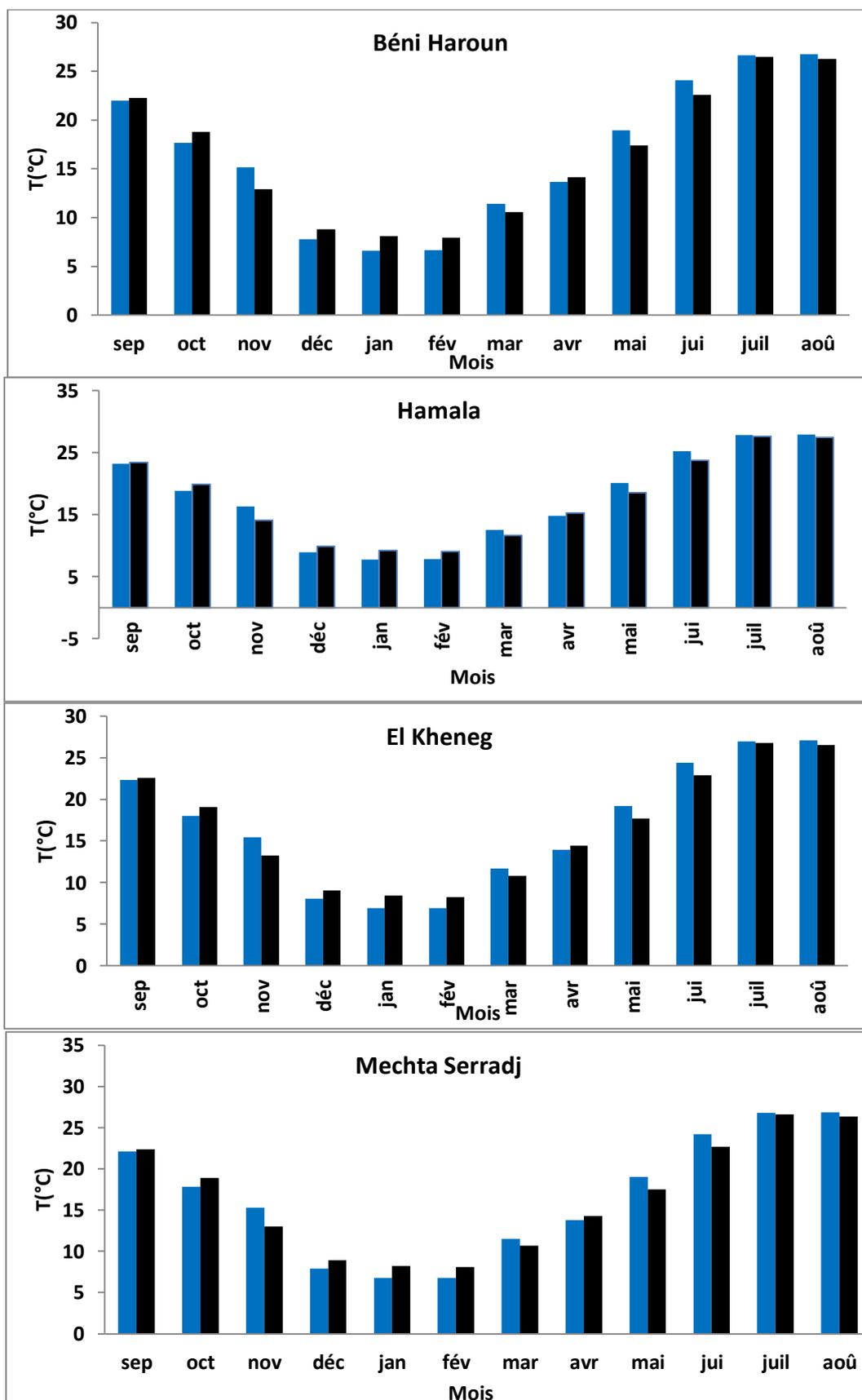
	B-Haroun	Hamala	El-Kheneg	Ain Tinn	M-Serradj
Avant (°C)	16,46	17,6	16,74	17,63	16,58
Après (°C)	16,32	17,46	16,61	16,32	16,44

On remarque l'abaissement des températures moyennes annuelles à la suite de la construction de barrage de Béni-Haroun dans toutes les stations.

b) Les variations mensuelles des températures:

Tableau V-4: Répartition mensuelle interannuelle des températures

T(°C)	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû
Béni Haroun												
Min(avant)	21,30	14,15	10,00	6,40	4,60	4,70	10,00	12,40	17,20	22,30	25,40	25,00
Min(après)	22,27	18,78	12,94	8,79	8,12	7,95	10,54	14,15	17,41	22,58	26,50	26,27
Moy(avant)	22,02	17,69	15,18	7,76	6,62	6,66	11,42	13,68	18,94	24,08	26,68	26,78
Moy(après)	22,27	18,78	12,94	8,79	8,12	7,95	10,54	14,15	17,41	22,58	26,50	26,27
Max(avant)	23,10	21,20	23,30	9,20	8,00	8,60	14,30	14,70	21,00	25,30	28,40	28,80
Max(après)	24,30	22,71	16,69	10,50	10,37	12,00	13,73	22,06	19,78	24,72	29,03	29,50
Hamala												
Min(avant)	22,44	15,29	11,14	7,54	5,74	5,84	11,14	13,54	18,34	23,44	26,54	26,14
Min(après)	23,41	19,92	14,08	9,93	9,26	9,09	11,68	15,29	18,55	23,72	27,64	27,41
Moy(avant)	23,16	18,83	16,32	8,90	7,76	7,80	12,56	14,82	20,08	25,22	27,82	27,92
Moy(après)	23,41	19,92	14,08	9,93	9,26	9,09	11,68	15,29	18,55	23,72	27,64	27,41
Max(avant)	24,24	22,34	24,44	10,34	9,14	9,74	15,44	15,84	22,14	26,44	29,54	29,94
Max(après)	25,44	23,85	17,83	11,64	11,51	13,14	14,87	23,20	20,92	25,86	30,17	30,64
El Kheneg												
Min(avant)	21,58	14,43	10,28	6,68	4,88	4,98	10,28	12,68	17,48	22,58	25,68	25,28
Min(après)	22,56	19,06	13,22	9,07	8,40	8,23	10,82	14,44	17,70	22,86	26,79	26,55
Moy(avant)	22,30	17,97	15,46	8,04	6,90	6,94	11,70	13,96	19,22	24,36	26,96	27,06
Moy(après)	22,56	19,06	13,22	9,07	8,40	8,23	10,82	14,44	17,70	22,86	26,79	26,55
Max(avant)	23,38	21,48	23,58	9,48	8,28	8,88	14,58	14,98	21,28	25,58	28,68	29,08
Max(après)	24,58	22,99	16,97	10,78	10,65	12,28	14,01	22,34	20,06	25,00	29,31	29,78
Mechta Serradj												
Min(avant)	21,42	14,27	10,12	6,52	4,72	4,82	10,12	12,52	17,32	22,42	25,52	25,12
Min(après)	22,39	18,90	13,06	8,91	8,24	8,07	10,66	14,27	17,53	22,70	26,62	26,39
Moy(avant)	22,14	17,81	15,30	7,88	6,74	6,78	11,54	13,80	19,06	24,20	26,80	26,90
Moy(après)	22,39	18,90	13,06	8,91	8,24	8,07	10,66	14,27	17,53	22,70	26,62	26,39
Max(avant)	23,22	21,32	23,42	9,32	8,12	8,72	14,42	14,82	21,12	25,42	28,52	28,92
Max(après)	24,42	22,83	16,81	10,62	10,49	12,12	13,85	22,18	19,90	24,84	29,15	29,62
Ain Tinn												
Min(avant)	22,47	15,32	11,17	7,57	5,77	5,87	11,17	13,57	18,37	23,47	26,57	26,17
Min(après)	22,34	18,90	13,08	8,85	7,66	7,83	10,68	13,37	17,37	23,09	26,76	26,21
moy(avant)	23,19	18,86	16,35	8,93	7,79	7,83	12,59	14,85	20,11	25,25	27,85	27,95
Moy(après)	22,34	18,90	13,08	8,85	7,66	7,83	10,68	13,37	17,37	23,09	26,76	26,21
Max(avant)	24,27	22,37	24,47	10,37	9,17	9,77	15,47	15,87	22,17	26,47	29,57	29,97
Max(après)	25,60	22,27	19,60	11,67	11,17	13,17	14,37	15,60	20,10	26,80	28,30	30,30



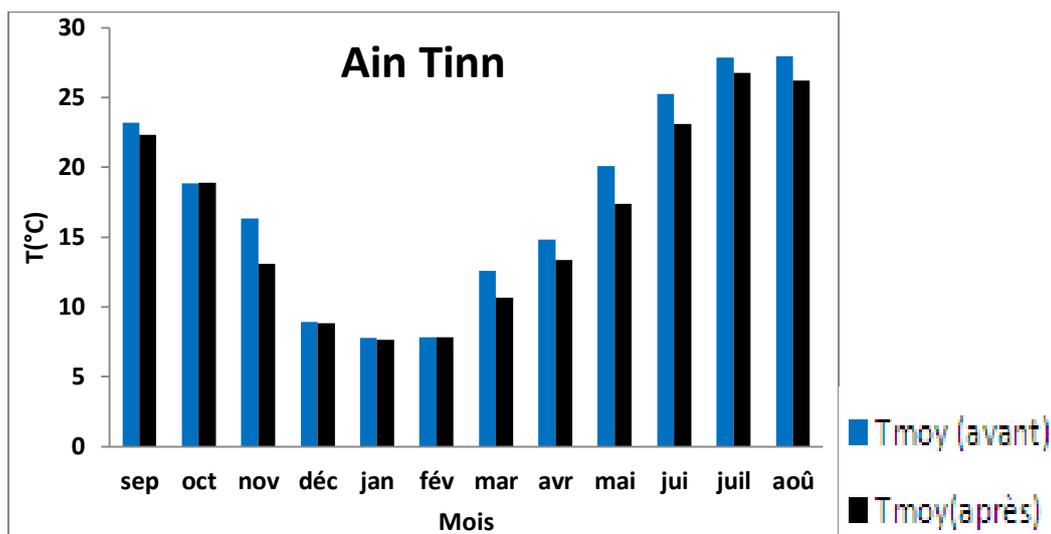


Fig.V-4 : Répartition mensuelle des températures

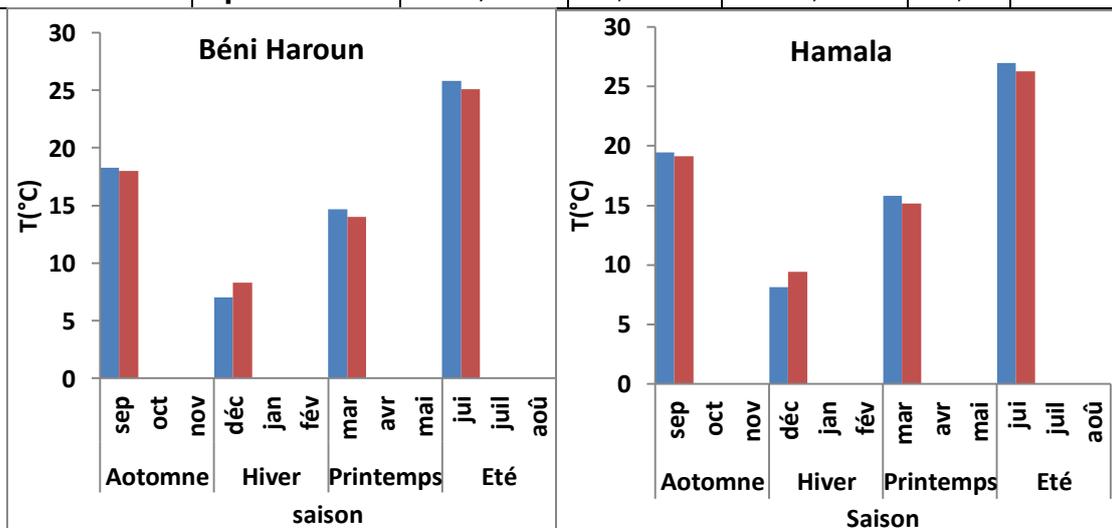
Notre barrage a des influences également sur la gamme des températures mensuelles, où il abaisse les températures entre Mai à Aout dans toutes les stations c'est ne qu'un résultat d'une brise de la retenue d'eau de barrage, où l'air froid sur la retenue passe selon la déférence de pression à la place de l'air chaud sur la terre et fait le refroidissement. En revanche le barrage relève les températures entre septembre et octobre et des autres mois hivernaux dans toutes les stations riveraines, sauf Ain Tinn où seulement la température d'Octobre qui augmente.

Les variations des températures sont aussi détectées par ses valeurs min et max, où les températures min sont augmentées après la construction du barrage dans toutes les stations, où on remarque l'absence des températures min qui allant de 4°C à 7°C à la suite de la construction du barrage. En temps que sur la gamme des températures max on marqué la présence des températures d'ordre de 30°C qui été absente à l'avant de l'existence de notre barrage. Ces résultats nous a conduit à dire que il ya vraiment un effet de serre caché causé par notre barrage mais par présence faible qui n'arrive que à augmenté la température de quelques mois ou jours.

c) Perturbations des régimes saisonniers :

Tableau V-5 : Températures moyennes saisonnier en (°C) des stations d'études:

Station	T moy saisonnière en (°C)	Automne	Hiver	Printemps	Eté	RELATIVES DES MODIFICATIONS	
						Hiver	Eté
Béni Haroun	avant	18,30	7,01	14,68	25,85	18,26%	-2,82%
	après	18,00	8,29	14,03	25,12		
Hamala	avant	19,43	8,15	15,82	26,98	15,58%	-2,67%
	après	19,13	9,42	15,17	26,26		
El Kheneg	avant	18,58	7,30	14,96	26,13	17,40%	-2,79%
	après	18,28	8,57	14,32	25,40		
Mechta Serradj	avant	18,42	7,13	14,80	25,97	17,95%	-2,81%
	après	18,12	8,41	14,15	25,24		
Ain Tinn	avant	19,47	8,18	15,85	27,02	-0,86%	-6,14%
	après	18,11	8,11	13,81	25,36		
Chelgoum	avant	20,28	9,00	16,67	27,83	14,11%	-2,59%
	après	19,98	10,27	16,02	27,11		



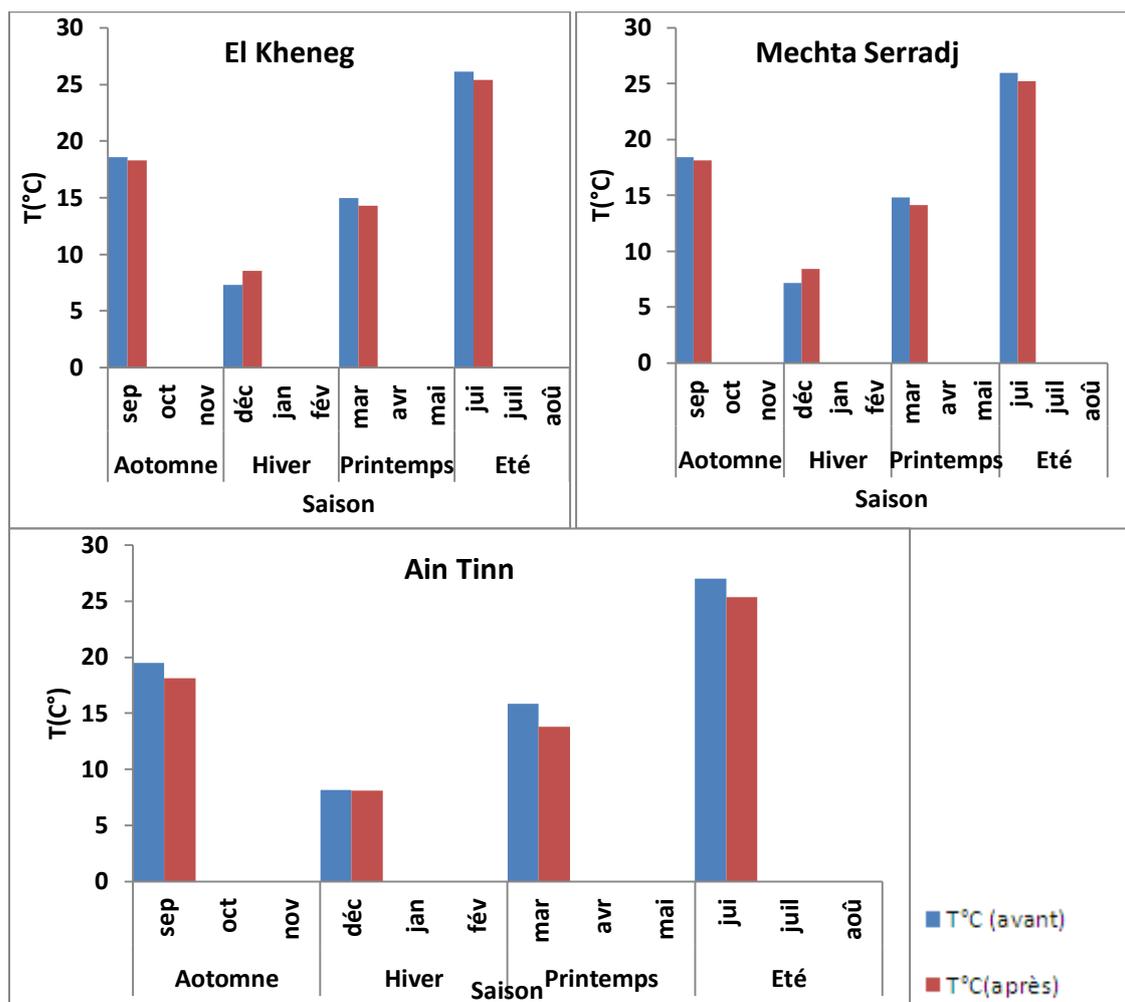
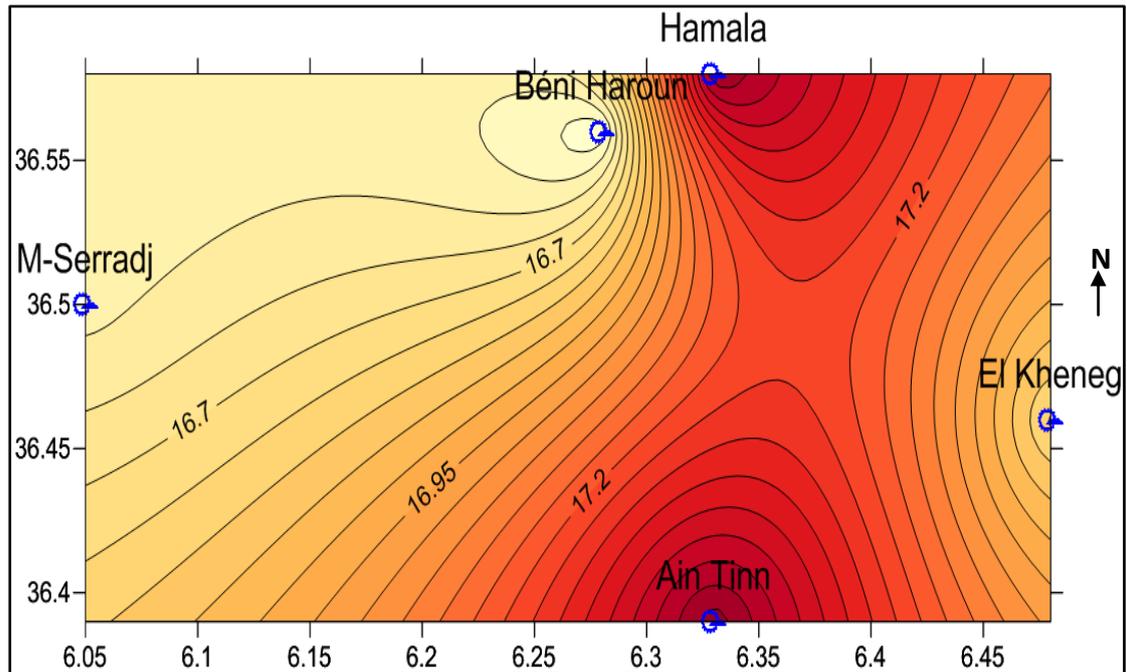


Fig. V-5 : la variation saisonnière des températures

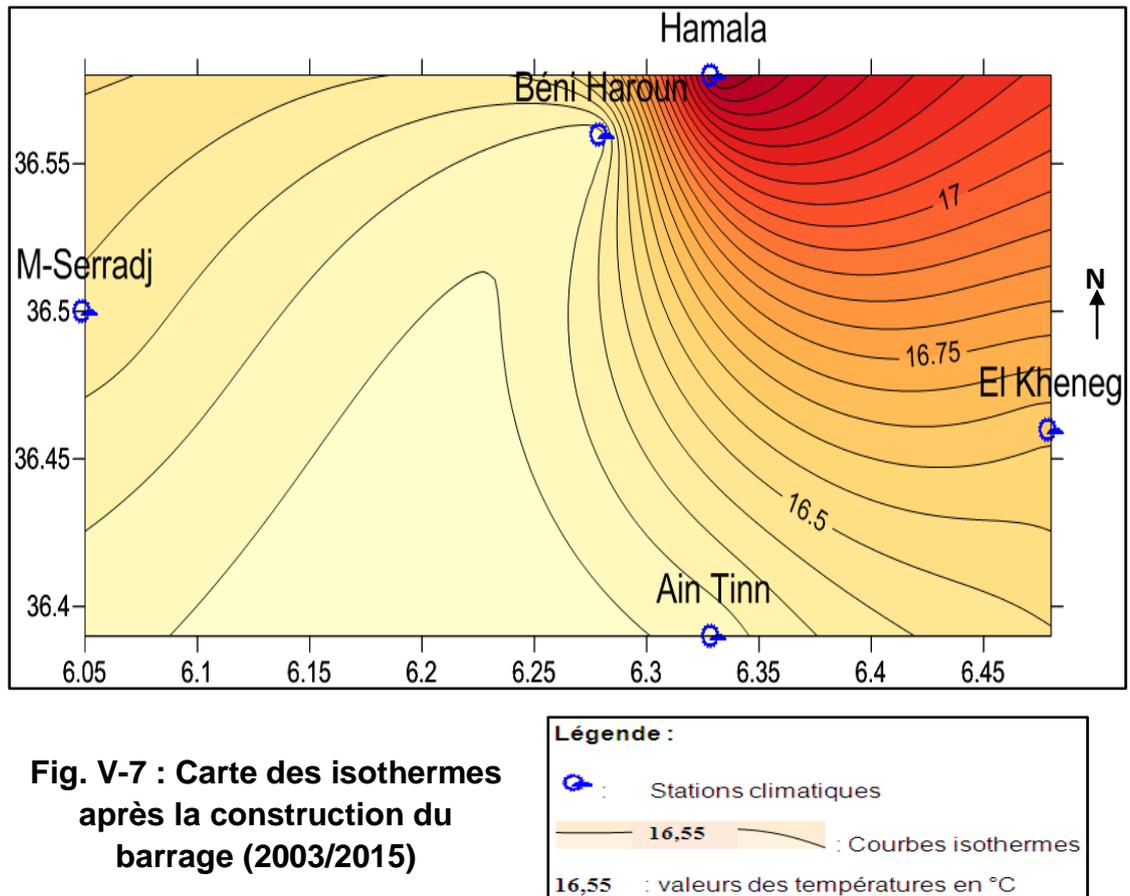
Le réchauffement et le refroidissement de la terre est plus rapide que une masse d'eau qui peut stockée la chaleur et amortit les variations saisonnières, ça justifié bien par notre barrage qui abaisse la température de printemps vers l'automne et les augmentés en hiver. La démonstration de notre résultat n'est que une comparaison avec des stations peu loin du barrage, c'est celle de Chelghoum L'aid au sud du barrage où la température estivale n'abaisse que par une valeur relative d'ordre de -2,59% , par rapport à celle des stations les plus proches de barrage qui varié par des valeurs relatives allant de -2,7% à -6,15%, en temps que les températures hivernales sont augmentées à cette station loin par une relative de 14,11% par rapport a des augmentations allant de 15% à 18,5% dans les stations qui situent près de barrage. On peut conclue que notre barrage est vraiment affecte les températures saisonnières des régions riveraines où ses effets diminués quand on allant à la lointaine.

V-2-2) Variations spatiales :**a) Carte en courbes isothermes :**

Pour mettre en lumière les variations spatiales du régime thermique qui définit notre région (avant et après la construction du barrage), nous avons construit deux cartes en courbe isothermes. Ces cartes réalisées par des valeurs des températures moyennes interannuelles sur une série d'avant de 5ans (1998/2003) avant la construction du barrage, et série après la construction du barrage s'échelonne sur 12ans (2003/2015).



**Fig. V-6 : Carte des isothermes avant la construction du barrage
(1998/2003)**



b) Eclaircissement sur les cartes :

Avant la construction du barrage, il est clair que la distribution spatiale de la température est symétrique par rapport à l'axe Hamala -Ain Tinn, où les températures sont augmentées en allant vers cet axe (zone sombre dans la carte), et décroît lorsque en allant vers l'est et l'ouest de la région d'étude. Concernant la carte des isothermes réalisée après la construction du barrage, on observe que la température maximale se concentre dans la zone Nord-Est de la région et se diminue tout en allant vers le sud-ouest de la région.

V-3) Le régime climatique :

Il existe plusieurs formules et diagrammes qui permettent de préciser les conditions et le type du climat de notre région. Afin de savoir bien le régime climatique de notre région et ses variations avant et à la suite de la réalisation du barrage de Béni Haroun nous avons utilisé plusieurs indices et diagrammes.

a) Les indices climatiques :

Ces indices sont des rapports chiffrés servant à caractériser un climat, pour pouvoir définir exactement le climat de notre zone d'étude nous avons passé par le calcul de ces indices.

1) Indice d'aridité de E. De Martonne :

Cet indice est noté « I » défini par le géographe De Martonne établit l'aridité à l'échelle mensuelle et annuel, en tenant compte des données pluviométriques et celle des températures de même période. Les indices donnés sous la forme suivante :

Indice annuel : $I = P / (T + 10)$

indice mensuel : $I = 12 * P / (T + 10)$

Avec :

- P : précipitations moyenne annuelles (mensuelle si l'indice calculé mensuellement)
- T : température moyenne annuel (ou mensuelle)

Afin de savoir le type du climat d'une région de monde, on utilise les intervalles proposés par De Martonne suivants :

Valeur de I	0 à 5	5 à 7.5	7.5 à 10	10 à 20	20 à 30	+ de 30
Type du climat	Hyper aride	Aride	Steppique	Semi-aride	Tempéré	Humide

Les valeurs de l'indice d'aridité calculées selon la formule de De Martonne, ainsi que le type de climat sont portés dans le tableau suivant :

Tableau V-6 : Les valeurs de l'indice d'aridité

Station		P(mm)	T(°C)	I	Cadre climatique
B-Haroun	Avant	568,47	16,46	21,48	Tempéré
	Après	683,98	16,32	25,99	Tempéré
Hamala	Avant	758,66	17,60	27,49	Tempéré
	Après	874,04	17,46	31,83	Humide
El Kheneg	Avant	727,11	16,74	27,19	Tempéré
	Après	666,75	16,61	25,06	Tempéré
Mechta Serradj	Avant	490,15	16,58	18,44	Semi-aride
	Après	504,19	16,44	19,07	Semi-aride
Ain Tinn	Avant	644,76	17,63	23,34	Tempéré
	Après	599,48	16,32	22,78	Tempéré

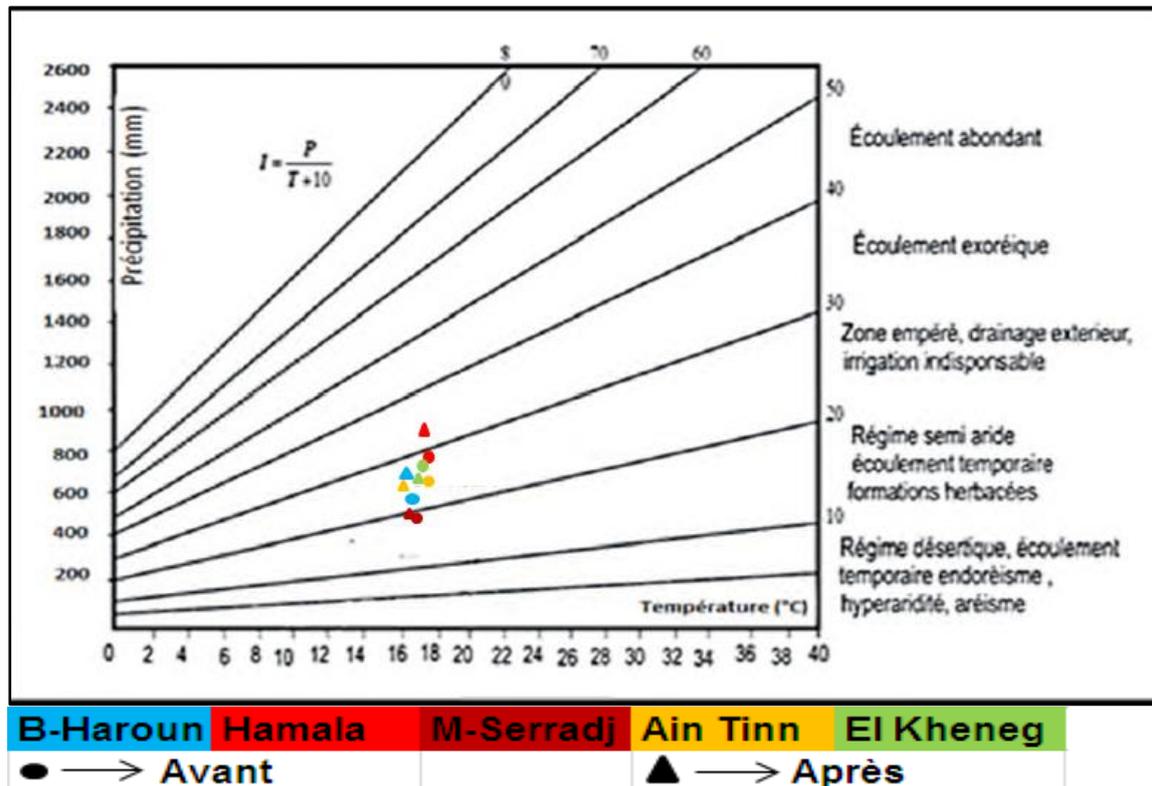


Fig.V-8 : Situation des notre stations sur l'abaque climatique de De Martonne avant et après la construction du barrage

Par un coup d'œil sur les résultats chiffré de l'indice de Martonne, ne n'irons pas à dire que il ya un changement, parce que toutes les stations restent à la même situation climatique avant et après la réalisation de notre barrage sauf Hamala qui passe d'un régime tempéré vers autre humide. Pour autre précision on fait appelle à son diagramme qui donne une image claire des légères variations des états climatiques pour les stations de Ain Tinn, Mechta Serradj (prend une place près des limites tempérées), El Kheneg, et Béni Haroun, ce dernier est monter vers une espace près des limites des écoulement exoréiques (humide), d'une autre vérification après la construction de notre barrage Hamala passe d'un régime tempéré vers un autre à écoulement exoréique.

2) Le quotient pluviométrique annuel de Moral :

Selon De Martonne notre région aller de climat steppique vers tempéré, pour préciser mieux notre climat, on va calculer un autre indice qui est proposé par Moral en 1964 suivant la relation :

$$I_A = P / (T^2 - 10T + 200)$$

Avec :

- I_A : quotient pluviométrique de Moral

- P : précipitation moyenne annuelle (mm)
- T : température moyenne annuelle (°C)

Cet indice pluviométrique utilise également la hauteur annuelle des précipitations (p en mm), et les températures moyennes annuelles (T °C) pour délimiter le type de climat.

Si :

- ✓ $I_A = 1$, on est à la limite d'une zone aride
- ✓ $I_A < 1$, on est dans un climat sec
- ✓ $I_A > 1$, on est dans un climat humide (Guyot 1999)

Tableau V-7 :Le quotient pluviométrique annuel de Moral

Station		P(mm)	T(°C)	IA	Type de climat
B-Haroun	Avant	568,47	16,46	1,86	Humide
	Après	683,98	16,32	2,26	Humide
Hamala	Avant	758,66	17,60	2,27	Humide
	Après	874,04	17,46	2,65	Humide
El Kheneg	Avant	727,11	16,74	2,32	Humide
	Après	666,75	16,61	2,15	Humide
Mechta Serradj	Avant	490,15	16,58	1,59	Humide
	Après	504,19	16,44	1,65	Humide
Ain Tinn	Avant	644,76	17,63	1,93	Humide
	Après	599,48	16,32	1,98	Humide

Selon Moral, avant et après la construction du barrage de Béni Haroun le climat reste toujours humide dans toutes les stations. Mais l'impact est plus claire par l'augmentation de la valeur de son indice pour les stations près des masses d'eau créés par le barrage, et sa diminution peu loin du barrage (El Kheneg).

3) Méthode d'Euverte :

Le rapport P/T établit mensuellement permet de connaître l'évolution de l'humidité du sol, il permet également de définir plusieurs régimes climatiques:

Si

- $(P/T) < 1$ Un régime très sec
- $1 < (P/T) < 2$ Un régime sec
- $2 < (P/T) < 3$ Un régime sub-humide
- $(P/T) > 3$ Un régime humide

Tableau V-8 : Valeurs du rapport P/T des stations utilisées

		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
B-Haroun	Avant	sec		humide			sub-humide	humide	sub-humide	très sec			
	Après	sec	sub-humide	humide					sub-humide	très sec			
Hamala	Avant	sec		humide					sub-humide	très sec			
	Après	sec	humide					sub-humide	très sec				
El Kheneg	Avant	sub-humide	sec	Humide							très sec		
	Après	sub-humide	sec	humide					sub-humide	très sec			
Mechta Serradj	Avant	très sec		Humide							très sec		
	Après	sec		humide			sub-humide	Sec	très sec				
Ain Tinn	Avant	sub-humide	sec	humide					sub-humide	très sec			
	Après	sec	sub-humide	humide					sub-humide	très sec			

L'interprétation de ce tableau n'est que une comparaison avec l'état de chaque mois avant et après l'existence de notre barrage, tels que dans les stations les plus proches du barrage (Hamala, Béni Haroun) on peut détecter une augmentation de l'humidité par le mois d'octobre qui passe d'un climat sec vers un climat humide, c'est logique parce que ce mois est observé par une hausse précipitation et un abaissement des températures après la construction du barrage.

Un peu plus loin, à la station d'El Kheneg le mois de Mai prend un régime subhumide après qu'il est humide avant la construction du barrage, cela est à cause de la diminution de la précipitation. Ainsi dans la station de Mechta Serradj on observe le changement dans le mois d'Octobre d'un climat très sec vers un autre sec, le contraire d'Avril et Mai, où Mai passe vers sec après une chute de précipitation par -50,96mm. En revanche, dans la station d'Ain Tinn où il ya une égalité entre les périodes sèches et celle humide avant et après la construction du barrage, sauf le mois de Septembre qui passe de l'état subhumide vers un état sec et l'inverse au mois d'octobre ces deux mois marqués respectivement une diminution et augmentation des précipitations.

b) Les diagrammes climatiques :

Un diagramme climatique (appelé aussi climatogramme ou climagramme), est un graphique utilisé en météorologie représente la variation mensuelle d'une ou plusieurs variables climatiques (P, T,...etc.). Pour préciser bien le type de notre climat, et confirmer les résultats des indices climatiques que nous avons fait précédemment on va utiliser et comparer entre les deux diagrammes suivants (Emberger et le pluviio-thermique).

1) Le diagramme d'Emberger

Le diagramme d'Emberger c'est un autre indice qu'on peut également l'utiliser afin de caractériser notre climat ; c'est un abaque qui comporte, en ordonnées les valeurs de Q_2 , et en abscisse la moyenne des minima de la saison froide (en °C), il est divisé en 5 étages bioclimatiques : humide, sub-humide, aride, semi-aride, et saharien, et 4 variantes thermiques :

- A hiver froid $m < 0^{\circ}\text{C}$.
- A hiver frais $0 < m < 3^{\circ}\text{C}$.
- A hiver doux ou tempéré $3 < m < 5^{\circ}\text{C}$.
- A hiver chaud $m < 7^{\circ}\text{C}$.

Cet indice est donné par la relation suivante qui combine trois facteurs climatiques primordiaux (moyenne des températures extrêmes, précipitation et valeur de l'évaporation grâce à l'amplitude extrême M-m):

$$Q_2 = 2000P / (M^2 - m^2)$$

Avec :

- P : précipitation annuelle en mm
- M : Moyenne de température maximale du mois le plus chaud exprimée en degré absolu (°K)
- m : Moyenne de température minimale du mois le plus froid exprimée en degré absolu (°K)
- $T^{\circ}\text{K} = T^{\circ}\text{C} + 273,2$

TableauV-9 : Les valeurs de Q2

Station		P(mm)	m		M		Q2
			°C	°K	°C	°K	
B-Haroun	Avant	568,47	4,6	277,80	28,8	302,00	81,03
	Après	683,98	7,95	281,15	29,5	302,70	108,72
Hamala	Avant	758,66	5,74	278,94	29,94	303,14	107,72
	Après	874,04	9,09	282,29	30,64	303,84	138,39

El Kheneg	Avant	727,11	4,88	278,08	29,08	302,28	103,54
	Après	666,75	8,23	281,43	29,78	302,98	105,88
Mechta Serradj	Avant	490,15	4,72	277,92	28,92	302,12	69,84
	Après	504,19	8,07	281,27	29,62	302,82	83,66
Ain Tinn	Avant	644,76	5,77	278,97	29,97	303,17	91,53
	Après	577,16	7,66	280,86	30,3	303,50	87,25

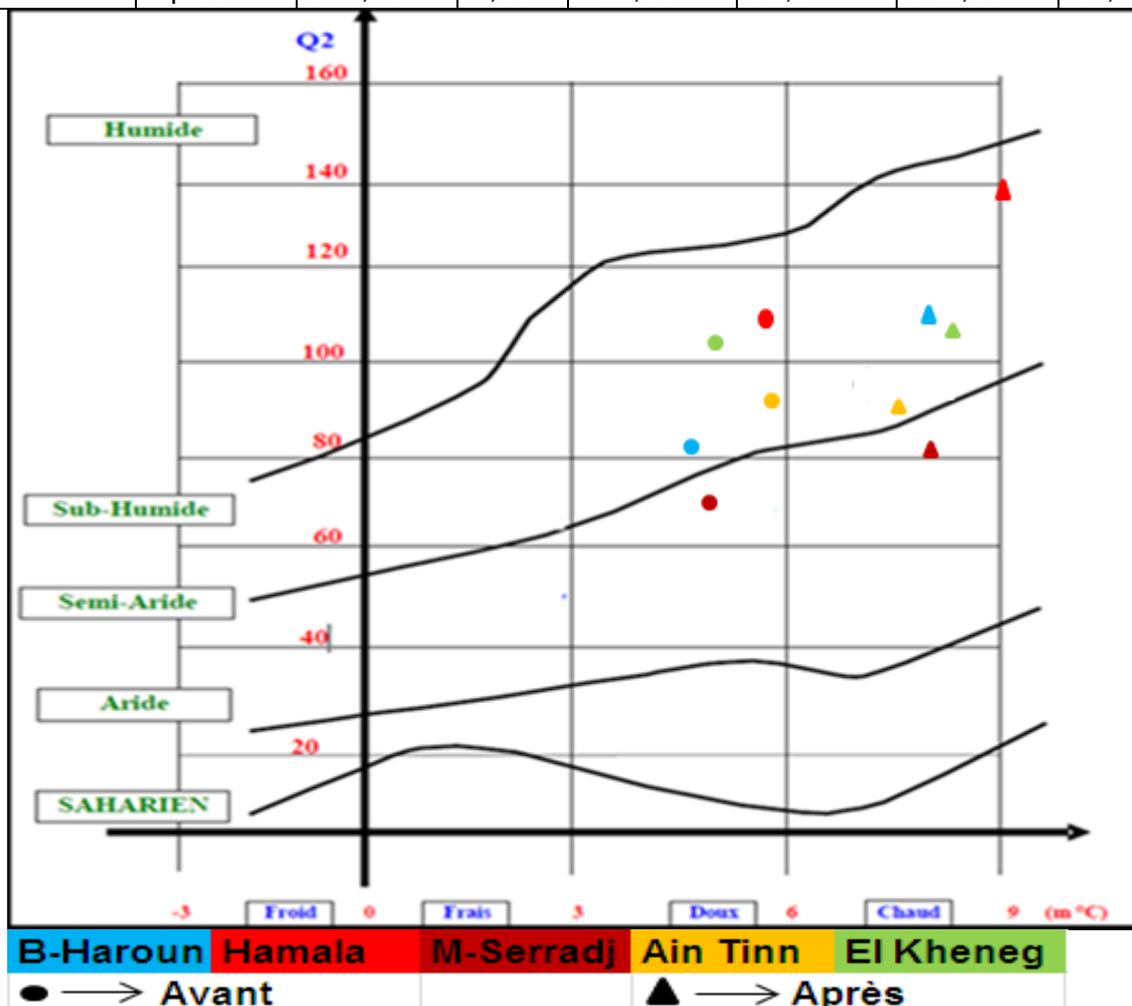


Fig.V-9: Climagramme de L'EMBERGER

On constate à partir de l'indice de l'Emberger, la construction du barrage de Béni Haroun provoqué le saut de nos stations d'un hiver doux vers un hiver chaud. Cette saison est remarquable par une augmentation de la gamme des températures à la suite de la construction de notre barrage

2) Diagramme pluvio-thermiques :

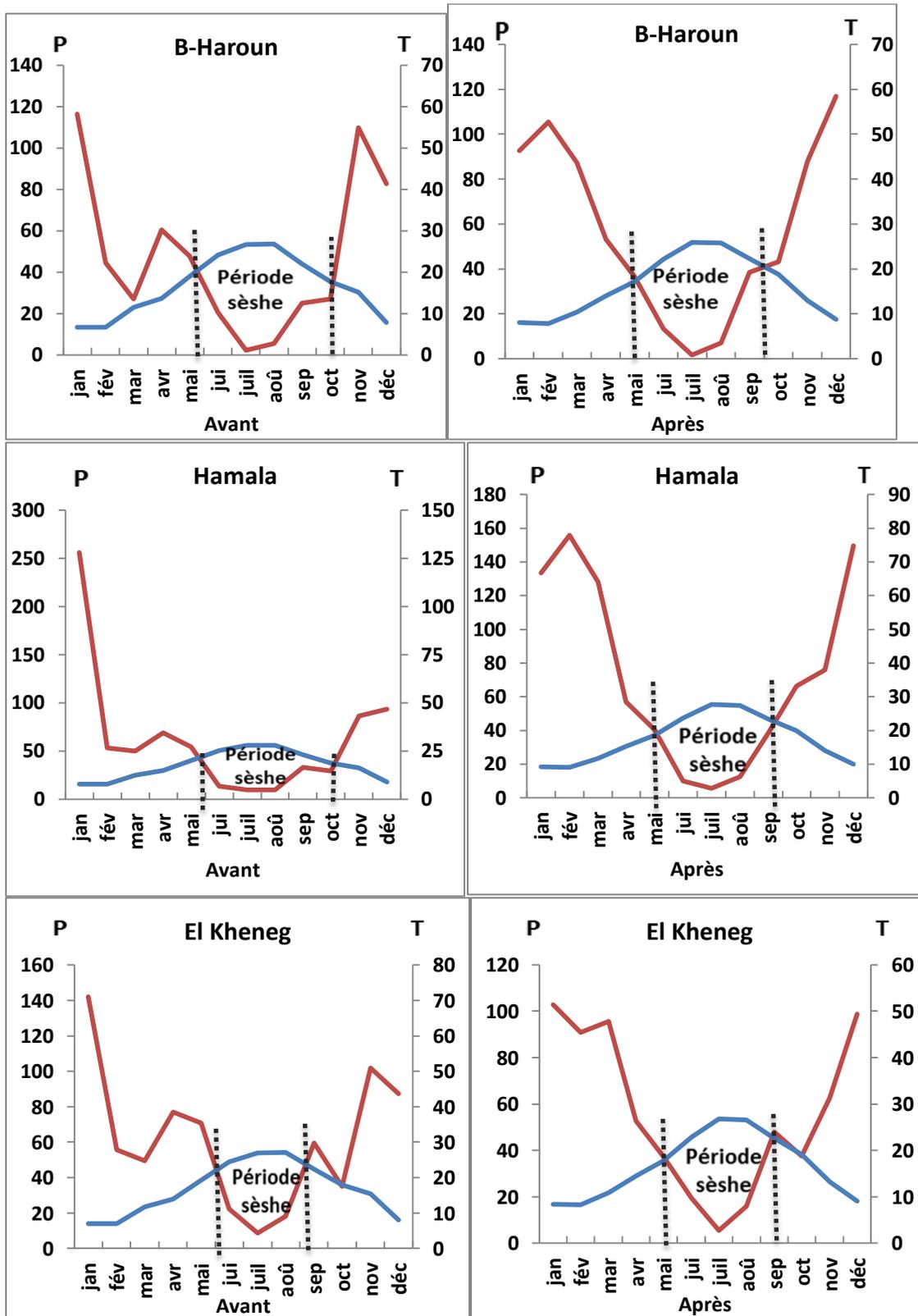
Un diagramme pluvio-thermique est une représentation graphique des températures et quantités de précipitations moyennes mensuelles en un lieu donné. Il comporte un axe horizontal où sont placés les 12 mois de l'année et deux axes verticaux, un à gauche pour les précipitations et l'autre à droite pour

les températures, selon des graduations standardisées : une graduation de l'échelle des précipitations correspond à deux graduations de l'échelle des températures ($P = 2T$).

Les précipitations mensuelles sont représentées par un histogramme bleu et les températures mensuelles par une courbe rouge Il a été développé par Henri Gaussen et F. Bagnouls, botanistes célèbres, pour mettre en évidence les périodes de sécheresse. Ces diagrammes permettent de comparer facilement les climats de différents endroits d'un coup d'œil du point de vue pluviosité.

Tableau V-10 : les valeurs de la méthode de diagramme pluvio-thermique

		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Béni Haroun													
Avant	T	6,62	6,66	11,42	13,68	18,94	24,08	26,68	26,78	22,02	17,69	15,18	7,76
	P	116,46	44,39	26,97	60,45	47,67	20,46	2,20	5,42	24,94	26,88	109,83	82,80
Après	T	8,12	7,95	10,54	14,15	17,41	22,58	26,50	26,27	22,27	18,78	12,94	8,79
	P	92,70	105,47	87,24	53,30	36,69	13,28	1,57	7,02	38,62	43,28	87,85	116,96
Hamala													
Avant	T	7,76	7,80	12,56	14,82	20,08	25,22	27,82	27,92	23,16	18,83	16,32	8,90
	P	256,19	53,37	49,73	69,17	54,42	13,70	9,92	9,69	33,26	29,40	86,23	93,58
Après	T	9,26	9,09	11,68	15,29	18,55	23,72	27,64	27,41	23,41	19,92	14,08	9,93
	P	133,41	155,76	128,30	56,90	40,54	10,06	5,80	12,67	38,62	66,43	75,80	149,76
El Kheneg													
Avant	T	6,90	6,94	11,70	13,96	19,22	24,36	26,96	27,06	22,30	17,97	15,46	8,04
	P	141,94	55,56	49,54	76,86	70,72	22,29	8,60	18,06	59,51	34,86	101,78	87,39
Après	T	8,40	8,23	10,82	14,44	17,70	22,86	26,79	26,55	22,56	19,06	13,22	9,07
	P	102,86	90,90	95,62	52,59	37,31	19,42	5,54	15,75	47,97	37,44	62,59	98,77
Mechta Serradj													
Avant	T	6,74	6,78	11,54	13,80	19,06	24,20	26,80	26,90	22,14	17,81	15,30	7,88
	P	114,90	33,38	21,48	49,93	79,54	14,41	4,83	5,69	15,90	12,93	90,35	46,82
Après	T	8,24	8,07	10,66	14,27	17,53	22,70	26,62	26,39	22,39	18,90	13,06	8,91
	P	75,07	84,78	80,35	38,47	28,58	5,08	3,73	8,85	25,14	30,29	57,32	66,52
Ain Tinn													
Avant	T	7,79	7,83	12,59	14,85	20,11	25,25	27,85	27,95	23,19	18,86	16,35	8,93
	P	124,94	48,90	43,61	67,65	62,25	19,62	7,57	15,90	57,14	30,68	89,59	76,92
Après	T	7,66	7,83	10,68	13,37	17,37	23,09	26,76	26,21	22,34	18,90	13,08	8,85
	P	71,27	89,80	71,28	55,70	43,26	9,06	4,97	22,44	41,27	40,52	59,33	90,56



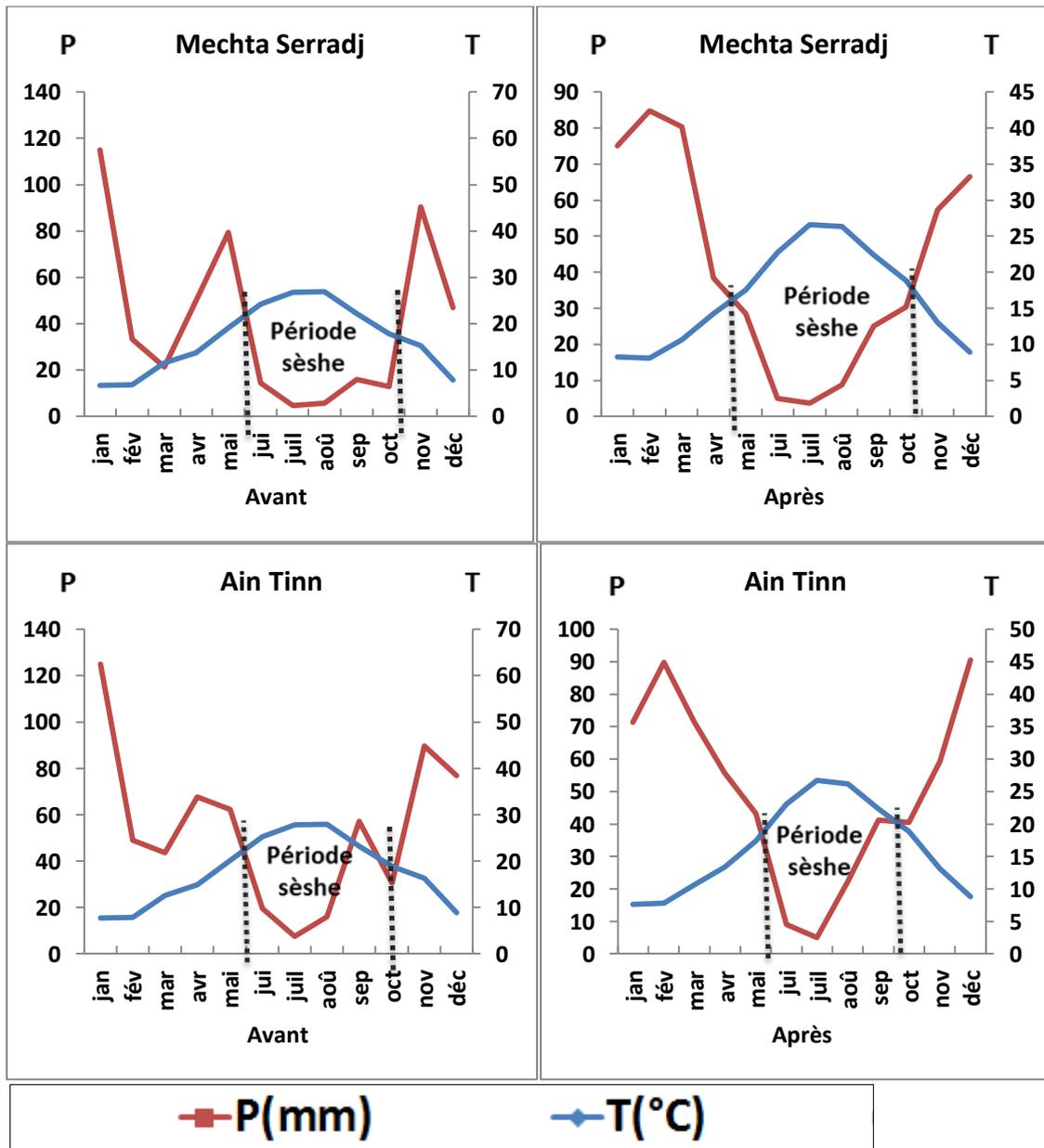


Fig. V-10 : Diagramme pluvio-Thermiques pour notre stations

A partir des diagrammes pluviométriques ci-dessus, on peut séparer les saisons humides de celles sèches et des ses variations avant et à la suite de la construction de barrage B-Haroun comme mentionné dans le tableau suivant :

Tableau V-11: Les résultats des diagrammes pluviométriques

Station climatique	Période sèche		Période humide	
	Avant	Après	Avant	Après
Béni Haroun	Début de Mai à Octobre	de Mai à mi-Septembre	Le reste du temps	Les restes des mois
Hamala	De mi-Mai à début d'Octobre	De Mai à Septembre	Le reste du temps	Les restes des mois

El Kheneg	mi-Mai à la fin d'Aout	Mai à Septembre	Le reste du temps	Les restes des mois
Ain Tinn	mi-Mai à Octobre	Début de Mai à Septembre	Le reste du temps	Les restes des mois
Mechta Serradj	mi-Mai à la première semaine d'Octobre	mi-Avril aux premiers jours d'Octobre	Le reste du temps	Les restes des mois

V-4) Bilan hydrique :

Le calcul de ce bilan est basé sur l'estimation de nombreux paramètres climatiques comme l'ETP, l'ETR, et le ruissellement...etc. la quantification de ce bilan permet de qualifier les transferts d'eau issues des précipitations il va ruisseler, infiltrer, ou évaporé), ainsi de classé le sol comme humide ou bien sec.

L'établissement de ce bilan est basé sur l'estimation mensuelle de l'évapotranspiration réelle, l'évapotranspiration potentielle, réserve facilement utilisable, déficit agricole, et l'excédent. Son équation est s'exprime par la relation :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle en (mm),

R : ruissellement en (mm), estimé selon Tixeront-Barkaloff par : $R = \frac{P^3}{3ETP^2}$

I : infiltration moyenne en (mm) = ETR-P

ETR : évapotranspiration réelle,

V-4-1) Evapotranspiration potentiel (ETP) :

Est définit comme une perte nette d'eau directe par évaporation, soit indirecte par transpiration. la formule la plus adéquate pour l'estimation de l'ETP de notre région c'est celle de Blaney-Cridde[3], donc la formule de Blanny-Criddel est donner sous la forme suivante:

$$ET0 = (0.48 \times T + 8.13) \times P \times Kt$$

Avec :

Eto : Evapotranspiration en mm/mois ou par décade ;

Kt : Facteur dépendant de température qui vaut : $Kt = ((0,031 \times T) + 0,24)$.

P : Durée d'éclairement en %

T : Température moyenne mensuelle en (°C)

Les résultats de calcul de l'ETP sont présentés dans le tableau ci-dessous (tableau (V-12)).

V-4-2) Evapotranspiration réel (ETR):

Il résulte d'un phénomène physique par évaporation, et un autre phénomène biologique par transpiration.

✓ **Méthode de C.W.Thornthwaite** : où on distingue deux principaux cas (F. Boucenna) :

1. Si $P - ETP > 0$; c.-à-d. : $P > ETP$, dans ce cas $ETR = ETP$.
2. Si $P - ETP < 0$; c.-à-d. : $P < ETP$, ce cas est encore subdivisé en deux cas :

2. a- Si $P + RFU > ETP \Rightarrow ETR = ETP$

2. b- Si $P + RFU < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$.

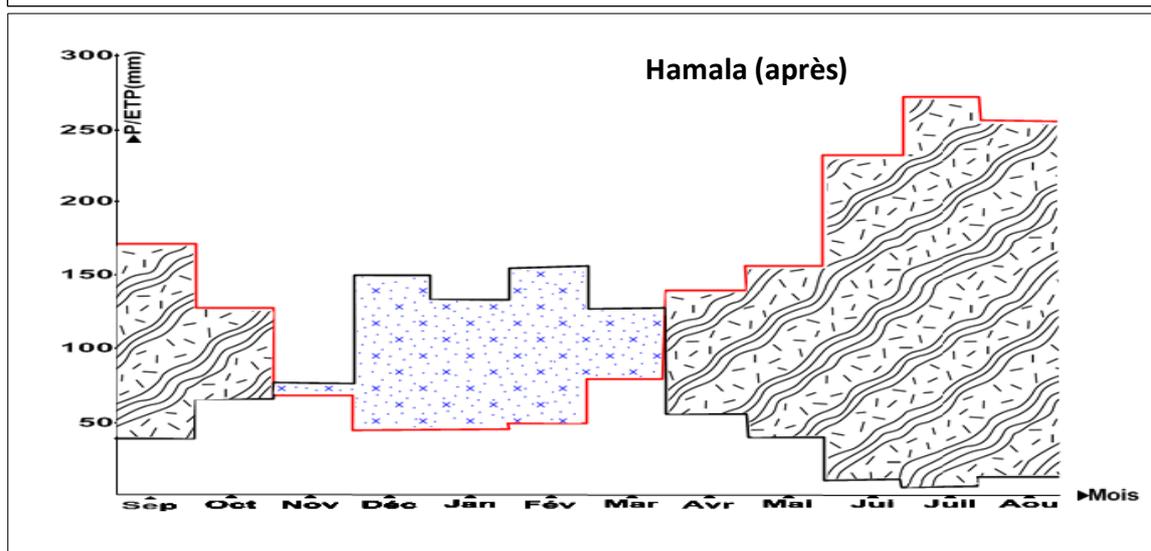
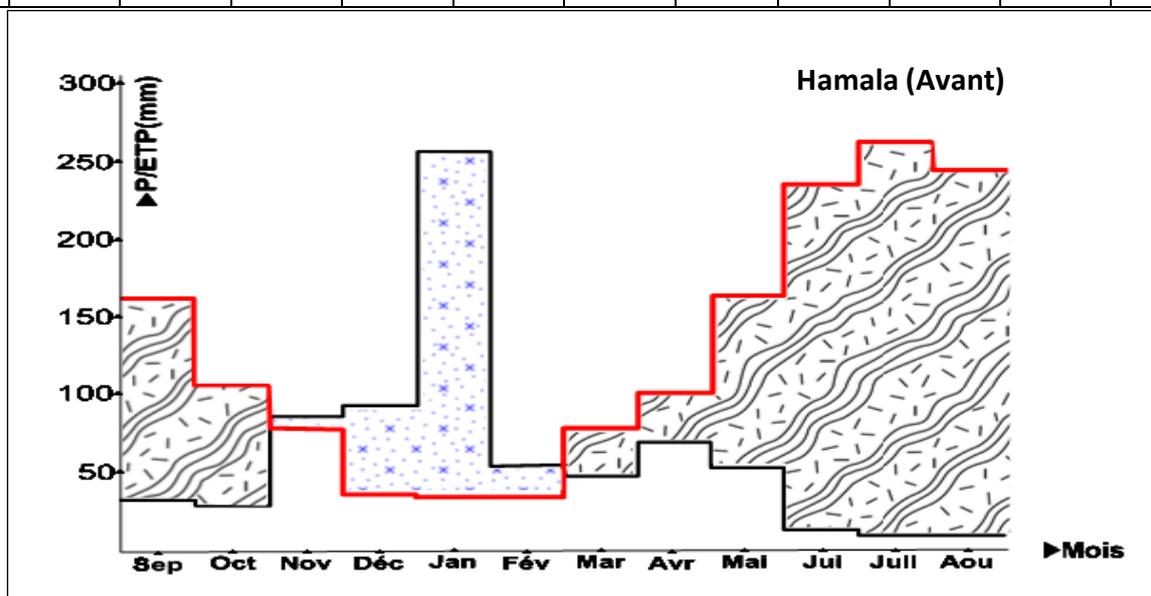
Les résultats des calculs sont résumés dans les tableaux ci-dessous.

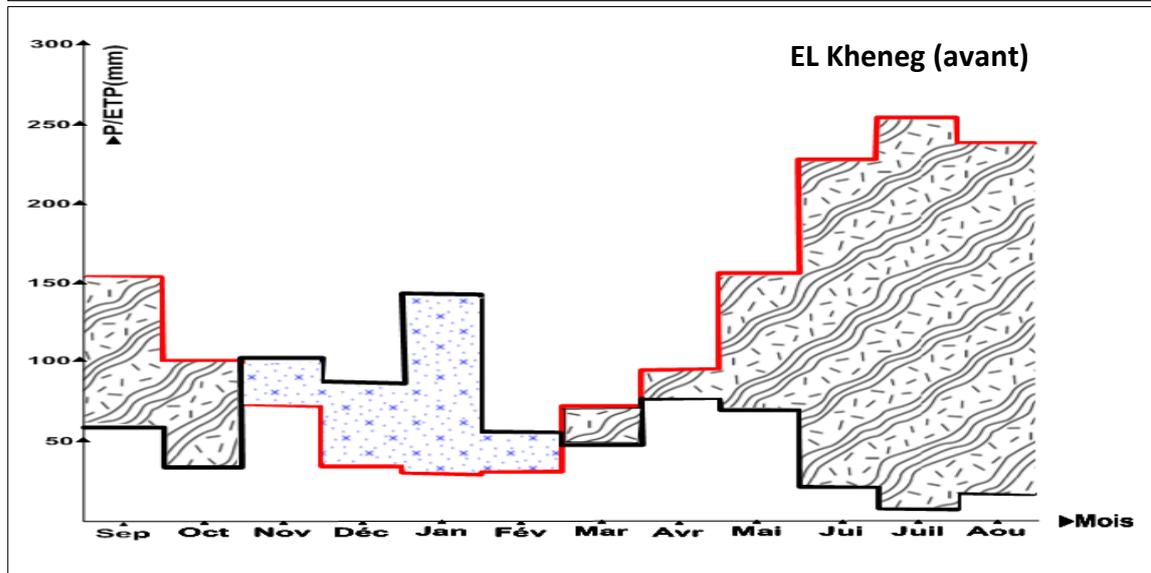
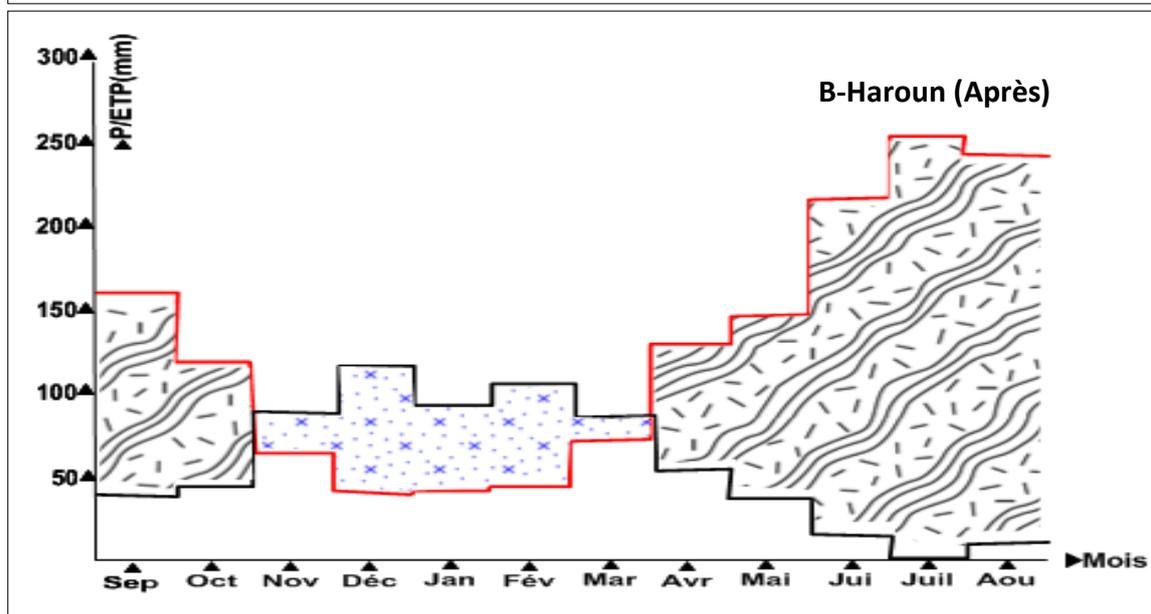
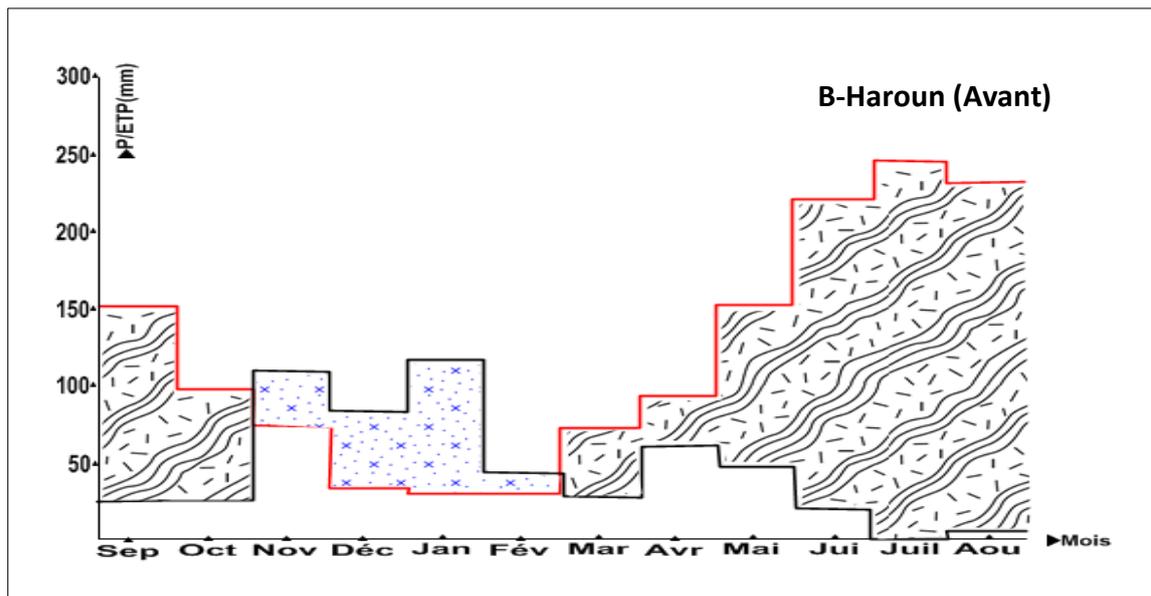
Tableau V-12: Bilan hydrique des stations étudiées

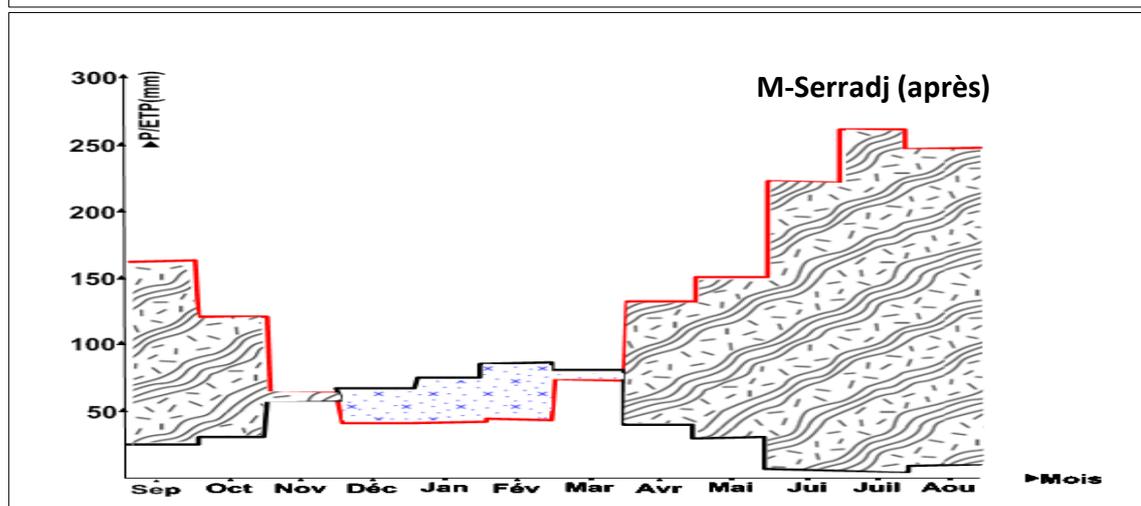
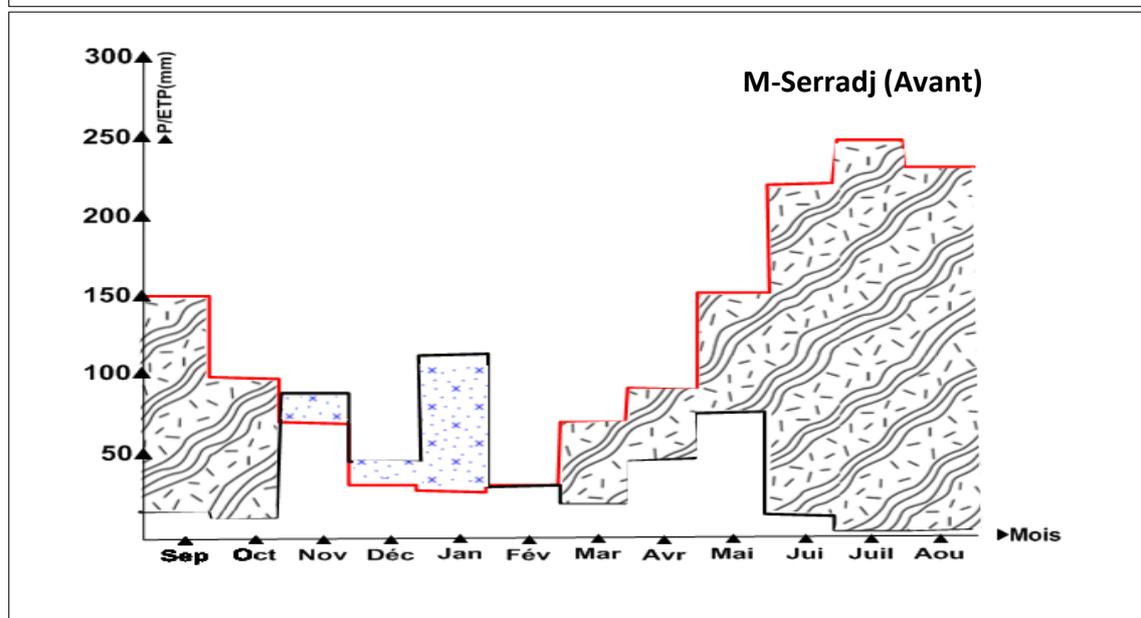
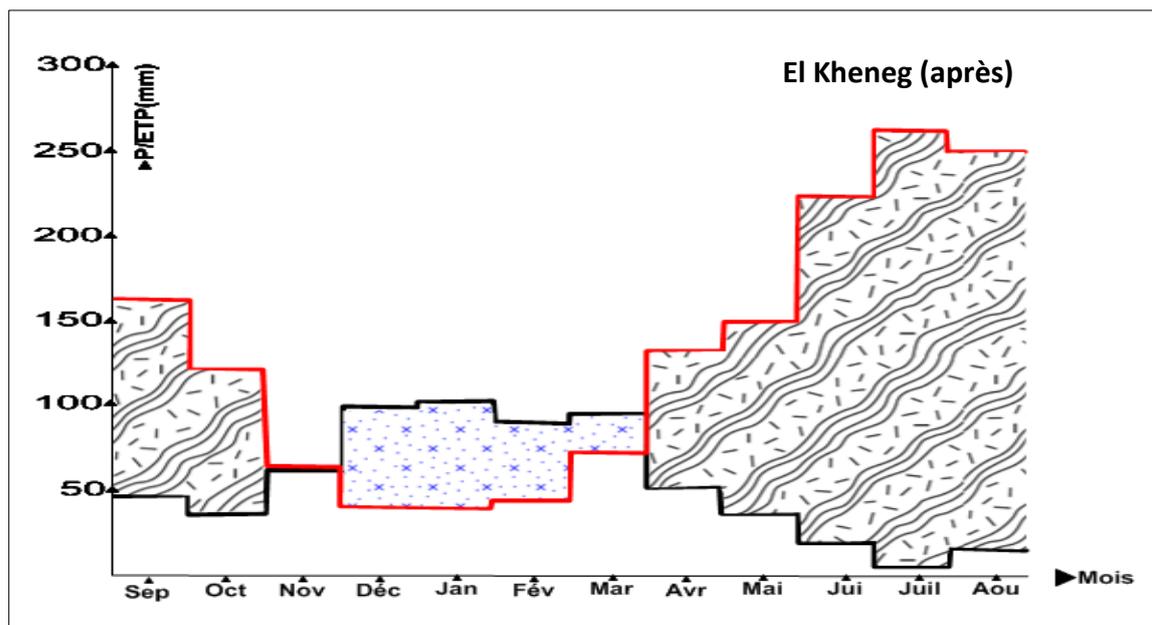
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû
Béni Haroun												
T(avant)	22,20	17,68	16,65	7,80	6,30	6,65	12,15	13,55	19,10	23,80	26,90	26,90
T(après)	23,29	20,74	14,81	9,65	9,24	9,98	12,13	18,11	18,60	23,65	27,77	27,88
P(avant)	24,94	26,88	109,83	82,80	116,46	44,39	26,97	60,45	47,67	20,46	2,20	5,42
P(après)	38,62	43,28	87,85	116,96	92,70	105,47	87,24	53,30	36,69	13,28	1,57	7,02
ETP(avant)	151,35	98,18	72,39	33,33	29,79	30,83	72,06	93,32	152,62	220,32	246,61	232,6
ETP(après)	161,20	119,79	63,29	40,07	40,61	43,30	71,96	130,23	147,67	218,48	257,79	244,58
RFU(avant)	0	0	37,44	86,91	100	100	54,91	22,04	0	0	0	0
RFU(après)	0	0	24,56	100	100	100	100	23,07	0	0	0	0
ETR(avant)	24,94	26,88	72,39	33,33	29,79	30,83	72,06	82,49	47,67	20,46	2,20	5,42
ETR(après)	38,62	43,28	63,29	40,07	40,61	43,30	71,96	76,37	36,69	13,28	1,57	7,02
R(avant)	0,23	0,67	84,27	170,31	593,05	30,67	1,26	8,46	1,55	0,06	0	0
R(après)	0,74	1,88	56,43	332,11	161,03	208,58	42,74	2,98	0,75	0,02	0	0
I(avant)	0	0	-37,44	-49,47	-86,66	-13,56	45,09	22,04	0	0	0	0
I(après)	0	0	-24,56	-76,89	-52,09	-62,17	-15,28	23,07	0	0	0	0
Hamala												
T(avant)	23,34	18,81	17,79	8,94	7,44	7,79	13,29	14,69	20,24	24,94	28,04	28,04
T(après)	24,42	21,88	15,95	10,78	10,38	11,11	13,27	19,24	19,73	24,79	28,90	29,02
P(avant)	33,26	29,40	86,23	93,58	256,19	53,37	49,73	69,17	54,42	13,70	9,92	9,69
P(après)	38,62	66,43	75,80	149,76	133,41	155,76	128,30	56,90	40,54	10,06	5,80	12,67
ETP(avant)	161,67	105,94	78,49	37,50	33,85	34,93	79,16	101,85	163,92	234,15	261,02	246,18
ETP(après)	171,84	128,34	69,00	44,62	45,30	48,11	79,06	140,20	158,79	232,25	272,51	258,49

RFU(avant)	0	0	7,74	63,82	100	100	70,56	37,88	0	0	0	0
RFU(après)	0	0	6,80	100	100	100	100	16,70	0	0	0	0
ETR(avant)	33,26	29,40	78,49	37,50	33,85	34,93	79,16	101,85	54,42	13,70	9,92	9,69
ETR(après)	38,62	66,43	69,00	44,62	45,30	48,11	79,06	73,60	40,54	10,06	5,80	12,67
R(avant)	0,47	0,75	34,69	194,31	4890,7	41,53	6,54	10,63	2,00	0,02	0	0,01
R(après)	0,65	5,93	30,49	562,47	385,68	544,10	112,64	3,12	0,88	0,01	0	0,01
I(avant)	0	0	-7,74	-56,09	-222,3	-18,44	29,44	32,68	0	0	0	0
I(après)	0	0	-6,80	-105,2	-88,11	107,6	-49,24	16,70	0	0	0	0
Ei Kheneg												
T(avant)	22,48	17,96	16,93	8,08	6,58	6,93	12,43	13,83	19,38	24,08	27,18	27,18
T(après)	23,57	21,03	15,10	9,93	9,53	10,26	12,42	18,39	18,88	23,93	28,05	28,17
P(avant)	59,51	34,86	101,78	87,39	141,94	55,56	49,54	76,86	70,72	22,29	8,60	18,06
P(après)	47,97	37,44	62,59	98,77	102,86	90,9	95,62	52,59	37,31	19,42	5,54	15,75
ETP(avant)	153,89	100,08	73,03	33,93	30,42	31,49	73,80	96,09	156,44	226,40	251,79	237,58
ETP(après)	163,81	121,89	63,93	40,68	41,27	44	73,70	133,62	151,41	224,52	263,12	249,72
RFU(avant)	0	0	28,75	82,22	100	100	75,74	56,51	0	0	0	0
RFU(après)	0	0	0	58,09	100	100	100	18,97	0	0	0	0
ETR(avant)	59,51	34,86	73,03	33,93	30,42	31,49	73,80	96,09	70,72	22,29	8,60	18,06
ETR(après)	47,97	37,44	62,59	40,68	41,27	44,00	73,70	71,55	37,31	19,42	5,54	15,75
R(avant)	2,97	1,41	65,90	193,31	1029,9	57,66	7,44	16,39	4,82	0,07	0,00	0,03
R(après)	1,37	1,18	20,00	194,11	212,98	129,31	53,65	2,71	0,76	0,05	0,00	0,02
I(avant)	0	0	-28,75	-53,47	-111,5	-24,07	24,26	19,23	0	0	0	0
I(après)	0	0	0	-58,09	-61,59	-46,90	-21,92	18,97	0	0	0	0
Mechta Serradj												
T(avant)	22,32	17,80	16,77	7,92	6,42	6,77	12,27	13,67	19,22	23,92	27,02	27,02
T(après)	23,41	20,86	14,93	9,77	9,36	10,10	12,25	18,23	18,72	23,77	27,89	28,00
P(avant)	15,90	12,93	90,35	46,82	114,90	33,38	21,48	49,93	79,54	14,41	4,83	5,69
P(après)	25,14	30,29	57,32	66,52	75,07	84,78	80,35	38,47	28,58	5,08	3,73	8,85
ETP(avant)	152,43	98,99	72,45	33,48	29,97	31,03	72,80	94,66	154,50	223,56	249,21	235,12
ETP(après)	162,31	120,68	63,38	40,21	40,77	43,48	72,70	131,90	149,50	221,69	260,47	247,19
RFU(avant)	0	0	17,90	31,23	100	100	48,68	3,96	0	0	0	0
RFU(après)	0	0	0	26,31	60,62	100	100	6,57	0	0	0	0
ETR(avant)	15,90	12,93	72,45	33,48	29,97	31,03	70,17	53,89	79,54	14,41	4,83	5,69
ETR(après)	25,14	30,29	57,32	40,21	40,77	43,48	72,70	45,04	28,58	5,08	3,73	8,85
R(avant)	0,06	0,07	46,83	30,51	562,77	12,87	0,62	4,63	7,03	0,02	0	0
R(après)	0,20	0,64	15,63	60,69	84,85	107,40	32,72	1,09	0,35	0	0	0
I(avant)	0	0	-17,90	-13,33	-84,93	-2,35	48,68	3,96	0	0	0	0
I(après)	0	0	0	-26,31	-34,30	-41,29	-7,66	6,57	0	0	0	0
Ain Tinn												
T(avant)	23,37	18,85	17,82	8,97	7,47	7,82	13,32	14,72	20,27	24,97	28,07	28,07
T(après)	23,97	20,59	16,34	10,26	9,41	10,50	12,53	14,49	18,74	24,94	27,53	28,26

P(avant)	57,14	30,68	89,59	76,92	124,94	48,90	43,61	67,65	62,25	19,62	7,57	15,90
P(après)	41,27	40,52	59,33	90,56	71,27	89,80	71,28	55,70	43,26	9,06	4,97	22,44
ETP(avant)	161,97	106,17	76,95	36,75	33,23	34,36	79,37	103,47	166,33	239,85	264,66	249,79
ETP(après)	167,56	118,63	69,41	41,55	40,46	44,63	74,37	101,64	150,74	239,52	257,57	252,14
RFU (avant)	0	0	12,63	52,80	100	100	64,23	28,41	0	0	0	0
RFU(après)	0	0	0	49,01	79,83	100	96,91	50,98	0	0	0	0
ETR(avant)	57,14	30,68	76,95	36,75	33,23	34,36	79,37	96,07	62,25	19,62	7,57	15,90
ETR(après)	41,27	40,52	59,33	41,55	40,46	44,63	74,37	101,64	43,26	9,06	4,97	22,44
R(avant)	2,37	0,85	40,47	112,31	588,65	33,03	4,39	9,64	2,91	0,04	0	0,02
R(après)	0,83	1,58	14,45	143,39	73,73	121,16	21,83	5,58	1,19	0	0	0,06
I(avant)	0	0	-12,63	-40,17	-91,70	-14,55	35,77	28,41	0	0	0	0
I(après)	0	0	0	-49,01	-30,81	-45,17	3,09	45,94	0	0	0	0







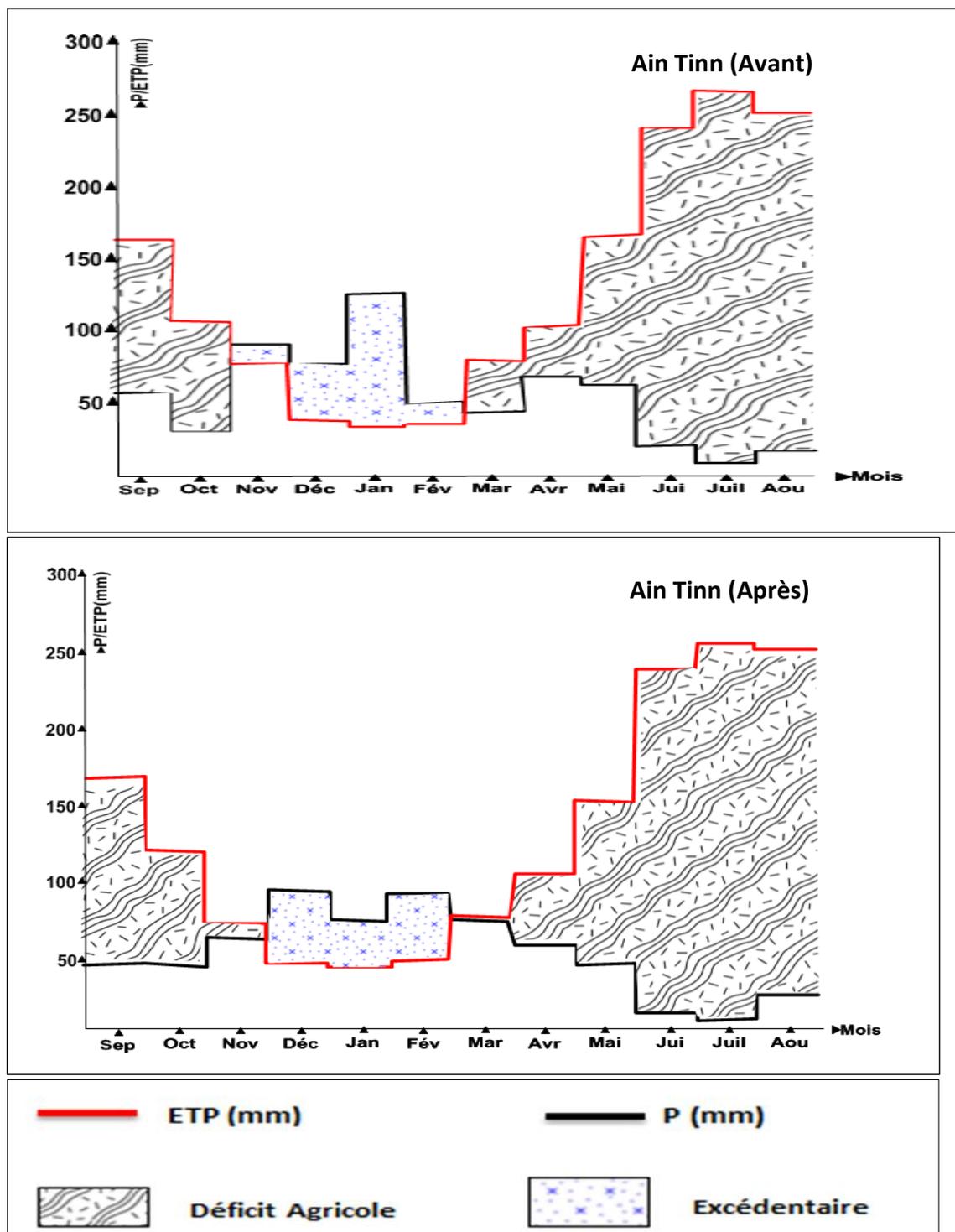


Fig. V-11 : Bilan moyen annuel de l'eau des stations étudiées avant et après la construction du barrage.

On remarque que pour les stations les plus proches de la retenue de Béni Haroun (Hamala ,Béni Haroun et M-Serradj) le déficit agricole est diminué par un mois, ce qui conduit à une augmentation de l'excédent par le mois de Mars qui est marqué dans la période après la construction du barrage par une augmentation de la précipitation (par 78,57mm pour Hamala, et une

augmentation de 60,27mm pour Béni Haroun, et 58,87mm pour M-Serradj) et une diminution par 0,02°C de la température dans les deux stations. Dans la station de El Kheneg ce mois (Mars) est passé d'un déficitaire vers un excédentaire, cette réalité est équivalent à une hausse de précipitation par 46,08mm, et un abaissement de 0,01°C de température. On passe à un autre cas, où on remarque la diminution de l'excédent et l'augmentation de déficit agricole par le mois de Novembre qui marqué un changement de précipitation par -30,26mm dans la station de Ain Tinn.

V-4) Incidence sur le régime des débits :

Nous avons sélectionné selon la disponibilité des données deux stations à l'amont du barrage de Béni Haroun, pour essayé d'évalué non seulement les variations des modules annuels mais aussi les régimes saisonnières et mensuels des débits jaugés avant et à la suite de la construction du barrage.

c) Les variations du module annuel :

Tableau V-13 : perturbation des modules annuels des deux oueds (Endja, Rhumel)

Station	Avant			Après			Modification	
	période référence	de	moyenne annuel	période référence	de	moyenne annuel	brute	relative
Grarem	1973/74 2002/03	à	5,65	2003/04 2010/11	à	7,76	2,11	37,42%
Tassadane	1973/74 2002/03	à	3,08	2003/04 2010/11	à	3,14	0,06	1,77%

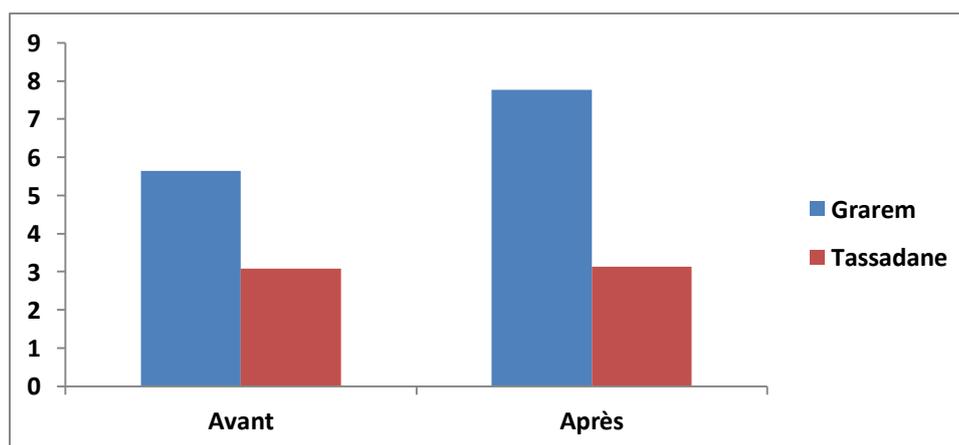


Fig. V-12 : Variations du module annuel

Le module annuel c'est le seul qui nous donne une idée plus claire sur les changements hydrologiques des cours d'eau, pour les périodes étudiées (avant et après la construction du barrage) on peut remarque l'accru des débits au niveau annuel :

Sur oued Rhumel, ce module est élevé par 2,11 m³/s soit 37,42%, en revanche, ce module rencontre une élévation faible où atteint 0,06m³/s équivalant de 1,77% sur oued Endja, cette faible augmentation peut justifier par la situation de station de jaugeage peu loin du barrage. Quand on allé à l'amont cette augmentation soit importante.

d) **Perturbation de régime saisonnière :**

Un barrage bouleverse généralement le débit annuel et saisonnier des cours d'eau, tels qu'un cours d'eau aménagé par un barrage perd toute saisonnalité.

Tableau V-14: les conséquences du barrage B-Haroun sur le régime hydrologique du débit

Saison	Automne			Hivers			Printemps			Eté		
Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Station	Grarem											
Moy (Avant)	2,41	2,67	3,62	8,44	12,21	13,03	9,88	7,33	3,62	2,16	1,28	1,13
Saison (Avant)	2,90			11,22			6,94			1,52		
Moy (après)	4,09	4,71	5,11	8,73	13,66	14,05	13,76	10,78	6,66	4,77	3,30	3,51
Saison (après)	4,64			12,15			10,40			3,86		
Station	Tassadane											
Moy (Avant)	0,80	1,00	1,45	3,97	6,55	7,81	6,97	4,83	1,94	0,88	0,43	0,34
Saison (Avant)	1,08			6,11			4,58			0,55		
Moy (après)	0,90	1,28	1,52	3,73	6,73	6,97	6,79	4,97	2,47	1,31	0,42	0,55
Saison (après)	1,23			5,81			4,74			0,76		

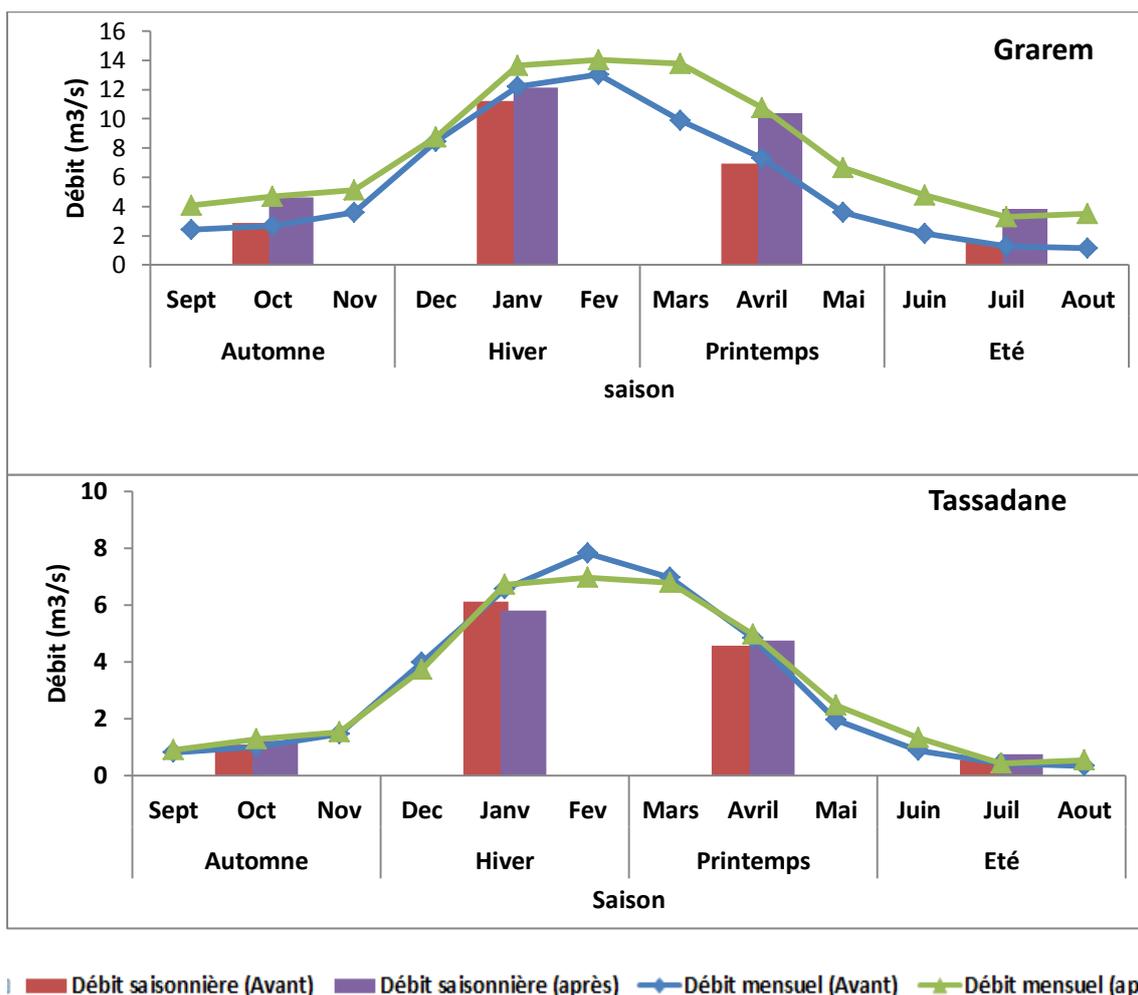


Fig. V-13 : Les variations moyennes mensuelles-saisonnnières des débits avant et après la construction du barrage de B-Haroun

Au niveau d’oued Rhumel (station de Grarem) tous les mois sont remarquables par une élévation n’est pas négligeable du débit, où conduit directement à une augmentation remarquable au cours de toutes les saisons qui atteint une élévation équivalant de $3,46 \text{ m}^3/\text{s}$ en printemps. En revanche au niveau de oued Endja (station de Tassadane) les augmentations est très faibles dans les saisons allant de printemps à l’automne (de $0,14$ à $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$), mais les abaissements sont observés en hiver ($-0,3 \text{ m}^3/\text{s}$).

Conclusion :

Nous avons montré au cours de ce chapitre que vraiment le barrage de Béni Haroun avec sa capacité possède des répercussions sur le plan climatique de notre région, tels que l’augmentation des précipitations au niveau annuel pour les stations les plus proches et crée l’inverse pour les stations situées plus loin de sa retenue. Ainsi l’abaissement de la température dans toutes les stations.

Par sa situation et ses influences sur les paramètres climatiques qui contribue directement dans le régime hydrologique, le barrage de Béni Haroun augmente le débit à l'amont des deux oueds Endja et Rhumel.

Concernant les effets du barrage sur l'oued El Kébir où il est construit, logiquement le barrage de Béni Haroun augmente le niveau d'eau à l'amont de ce dernier.

Conclusion générale :

Au cours de ce travail, nous avons contribué à l'évaluation des conséquences climatiques et hydrologiques résultant d'un grand barrage qui fait partie dans l'une des wilayas Algériennes (Mila). Pour atteindre notre objectif, et selon la disponibilité des données nous avons sélectionné cinq stations pluviométriques réparties autour de la retenue sur une période de 17 ans, et deux stations hydrométriques s'étalant sur une période de 38ans.

Géologiquement notre région est caractérisé par une grande variété, souvent par des dépôts détritiques et évaporitiques, s'étalant de Trias vers Quaternaire, avec une lithologie hétérogène allant des alluvions vers l'argile. Concernant la géomorphologie, notre région est caractérisée par une richesse du réseau hydrographique, des reliefs complexes résumés par la présence des altitudes allant de 200 m à 1250 m et des pentes variées de 0° à 71°.

L'étude hydro-climatologique montre que notre région appartient aux bornes du climat méditerranéen, où l'hiver est doux et pluvieux, et la saison estivale est chaude-sèche. D'un point de vue hydrologique, on peut dire qu'annuellement le régime hydrologique de notre région est lié directement aux conditions climatiques, ce régime est divisé au pas mensuel à deux périodes, l'une des hautes eaux s'étale de Décembre vers Avril et l'autre des basses eaux pour le reste de l'année.

Le barrage de Béni Haroun possède des effets sur le plan climatique de notre région, ça justifie bien par la comparaison des variations temporelles et spatiales des paramètres météorologiques avant la construction du barrage par rapport à celles après la construction de ce dernier, Ainsi par les changements remarquables du bilan moyen annuel de l'eau, où pour les stations les plus proches de la retenue de Béni Haroun (Hamala, Béni Haroun et M-Serradj) le déficit agricole est diminué par un mois, ce qui conduit à une augmentation de l'excédent par le mois de Mars. Sans oublier les modifications des situations climatiques des stations étudiées sur les différents diagrammes climatiques.

L'augmentation annuelle du débit à l'amont d'oued Endja par 37,42%, et de oued Rhumel par 1,77%, ainsi les modifications saisonnières de ces deux oueds principaux après la construction du barrage montré encore que notre barrage perturbé également le régime hydrologique.

D'une façon générale le barrage de Béni Haroun causé un changement climatique, et perturbé le régime hydrologique des trois oueds (Endja, Rhumel, et El Kébir qui est le résultat d'une confluence des deux premiers).

Enfin le grand sujet des influences de ce barrage sur notre région n'arrête pas là, puisque en plus des ces effets climatiques et hydrologiques il existe des grands effets environnementales et sociaux qui ouvre la porte des nouvelles recherches à l'avenir.

Référence

N° : Bibliographie

- 1 Kerdoud S., (2006) ; Bassin versant de Béni Haroun eau et pollution, Thèse .Magister., Université de Mentouri-Constantine.169P
- 2 Agence Nationale des barrages et transferts (Mila), Monographie du barrage de Béni Haroun, volume 1,(Juin 2002) ;Tractebel Engineering.363P
- 3 Teffaha S, Kihal K, Boutana H., (2013/2014) ; Contribution à la détermination de la méthode optimale pour l'estimation de l'évapotranspiration potentiel dans la région de Mila. 64P
- 5 Rabia Y, DjamaaY., (2013/2014) ; Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du barrage de Béni Haroun dans la région de Mila, Thèse. Master., centre universitaire de Mila
- 6 Mebarki A., (2009) ; Ressource en eau et Aménagement en Algérie : les bassins hydrographiques de l'Est/ Azzedine Mebarki-/ : Alger :office des publications universitaire.389P ;9789961012383
- 7 Zouidi H., (2006) ; Bilan des incendies des forêts dans l'Est Algérien : cas de Mila, Constantine, Guelma, et Souk-Ahras, Thèse. Magistère. Université de Mentouri de Constantine.153P
- 8 Boulaiche M, Arous A.,(2014/2015) ; Influence des eaux du barrage de Béni Haroun sur l'hydro-système hivernaux, Thèse. Master., université de Mentouri Constantine
- 9 Souiki S., (2007) ; Les argiles du bassin de Mila-Constantine : Composition minérale, chimique, caractéristiques géotechnique et répartition des gisements, Thèse. Magister., université de Mentouri Constantine.139P
- 10 ANIRF., (2013) ; Rubrique Monographie Wilaya : wilaya de Mila.7P ; disponible sur « www.aniref.dz/monographies/ar/mila.pdf »
- 11 Aoulmit F, Bouchebaa F.,(2009) ; Les substances utiles non Métalliques de la région de Mila (Calcaires, Argiles, Gypses, et Sols Gomel), Thèse.Master., université de Mentouri Constantine.
- 13 Atmania D., (2010) ; Minéralogie des argiles et phénomène de Retrait-Gonflement dans le bassin de Mila (Nord Constantine), Thèse. Doctorat., université de Mentouri Constantine.172P
- 14 Bouali S., (2013/2014) ; Cartographie des mouvements de terrain dans le bassin Néogène de Mila, Thèse. Master., université de Constantine 1.
- 16 Heragmi A., (2009); Choix et conception de l'organe de l'étanchéité des barrages en terre : barrage El Agrem Jijel, Thèse. Magister. université de Annaba.94P
- 19 Rolley R, et all., (1974); Technique des barrages en aménagement rural.319P
- 23 BAXTER, R.M. ET P. GLAUDE, 1980. Les effets des barrages et des retenus d'eau sur l'environnement au Canada : expérience et perspectives d'avenir, Can. Bull. Fish. Aquat. Sc!. 205F: 36 p; 0-660-90600-7.

- 24 Alain B, « Les changements climatiques et leurs impacts », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 1 Numéro 2 | septembre 2000, mis en ligne le 01 septembre 2000, consulté le 03 mars 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/4042> ; DOI : 10.4000/vertigo.4042
- 25 Ernest Amoussou , Pierre Camberlin& Gil Mahé (2012) Impact de la variabilité climatique et du barrage Nangbéto sur l'hydrologie du système Mono-Couffo (Afrique de l'Ouest), *Hydrological Sciences Journal*, 57:4, 805-817, DOI: 10.1080/02626667.2011.643799
- 26 SELKA G.; EVALUATION DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX DU BARRAGE SIKKAK SUR LA PLAINE DE AIN YOUCEF (N - W ALGERIA)

N° : Web graphie

- 12 <http://www.30anbt.com/baoff/fichiers/fichiers/fichiersesma2442914221406207904.pdf>
- 15 <https://books.google.dz/books?id=wOjgg3SpjysC&pg=PT431&lpg=PT431&dq=Un+barrage+est+un+ouvrage+%C3%A9tabli+dans+le+lit+d%E2%80%99un+riverain+et+un+ouvrage+de+barrage>
- 20 <http://www.cdhal.org/impacts-barrages/>
- 21 <https://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage>
- 27 <https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/COURSDHYDRAULIUEDYN/document/Texte%20de%20cours/degoutte4.pdf?cidReq=COURSDHYDRAULIQUEDYN>
- 28 <http://ecoblog-sans-censure.over-blog.com/article-360133.html>
- 29 <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Agriculture&veaction=edit&vesection=1>
- 30 http://www.boad.org/sites/default/files/do_04_barrage-retendue.pdf
- 31 <http://www.natura-sciences.com/energie/barrages-hydroelectriques-impacts418.html>

Annexe

Annexe 01 : Précipitations annuels des stations d'études en (mm/ans)

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Annuel
	Béni Haroun												
98/99	46,26	43,96	215,06	68,85	41,75	31,88	0	18,98	75,78	39,00	1,24	4,71	587,47
99/00	0	15,02	41,75	92,82	160,29	53,48	22,31	45,45	41,98	6,27	0,72	3,59	483,68
00/01	1,24	35,08	34,04	71,59	43,98	21,60	27,77	37,53	19,67	3,98	7,05	14,11	317,64
01/02	66,19	21,25	49,52	34,83	263,66	91,27	34,56	118,41	40,51	9,03	1,08	0	730,31
02/03	11,02	19,10	208,80	145,91	72,60	23,70	50,20	81,90	60,40	44,00	0,90	4,70	723,23
03/04	30,10	50,00	38,20	190,60	83,40	32,20	50,20	81,60	60,70	44,00	0,90	0	661,90
04/05	35,00	32,10	145,60	228,30	167,60	154,30	50,00	103,30	6,20	0	0,50	1,70	924,60
05/06	12,20	19,20	86,90	84,20	94,80	85,30	37,30	10,60	45,90	0,40	0	2,80	479,60
06/07	35,30	28,00	34,90	151,80	10,30	58,20	175,10	46,10	16,40	11,30	0	0,50	567,90
07/08	33,90	66,70	72,60	134,30	15,20	16,60	120,00	50,80	47,80	6,30	5,40	4,30	573,90
08/09	25,20	25,80	120,00	50,00	158,00	71,50	86,10	108,80	36,00	5,50	0,30	7,00	694,20
09/10	157,20	65,10	52,50	80,70	96,10	47,50	58,50	34,60	82,00	21,50	2,50	3,00	701,20
10/11	33,00	74,00	100,00	59,60	19,50	156,00	38,00	60,00	34,30	34,00	3,50	1,00	612,90
11/12	25,00	89,00	57,00	99,00	52,50	197,50	40,50	93,50	6,50	10,50	2,00	4,00	677,00
12/13	49,00	9,50	35,00	55,50	112,00	180,00	67,00	30,00	39,00	3,50	3,50	26,50	610,50
13/14	27,00	54,50	248,50	67,50	69,00	59,00	253,00	10,00	23,00	21,00	0	0	832,50
14/15	0,50	5,50	63,00	202,00	234,04	207,49	71,19	10,29	42,47	1,41	0,22	33,48	871,59
	Hamala												
98/99	56,43	78,11	179,36	88,38	2,40	29,03	15,00	6,00	88,53	32,34	0	9,32	584,90
99/00	34,00	0	22,10	79,00	461,91	69,58	39,30	63,12	44,38	0	0	6,15	819,54
00/01	4,00	25,00	30,00	60,00	5,10	13,60	44,71	38,59	17,51	0,72	47,64	24,52	311,39
01/02	52,77	26,24	30,21	12,70	669,19	122,06	54,71	132,66	42,08	2,61	1,97	0,50	1 147,70
02/03	19,08	17,66	169,49	227,84	142,35	32,58	94,91	105,47	79,58	32,84	0	7,96	929,76
03/04	34,84	84,92	26,02	314,32	40,33	108,71	62,63	79,31	54,57	8,42	5,36	2,27	821,70

04/05	34,32	56,92	140,12	329,48	431,18	172,12	65,48	72,04	13,41	0,86	0	3,61	1 319,54
05/06	16,22	13,71	61,62	105,26	31,51	98,31	169,52	79,69	40,64	12,17	0	5,70	634,35
06/07	34,02	31,36	28,66	257,71	0	51,97	212,48	32,80	38,17	6,45	0	2,95	696,57
07/08	53,17	94,36	48,18	193,37	25,73	60,92	128,18	94,52	54,81	0,33	17,91	9,35	780,83
0809	5,20	39,33	103,34	46,27	210,40	79,93	93,40	86,44	40,65	10,10	9,41	15,94	740,41
09/10	135,38	99,92	36,01	98,96	4,35	204,48	82,57	43,37	97,61	29,10	11,61	7,43	850,79
10/11	34,23	123,48	90,77	61,31	0	251,30	71,35	100,58	23,33	6,50	7,82	14,55	785,22
11/12	28,59	132,44	49,55	84,39	90,39	307,34	77,39	69,14	0,69	20,29	8,79	19,96	888,96
12/13	44,29	28,28	37,71	58,59	90,10	183,84	194,29	11,18	44,12	8,30	8,36	23,68	732,74
13/14	31,92	81,16	221,10	75,90	365,12	73,69	287,50	0	21,83	16,32	0	2,00	1 176,54
14/15	11,20	11,26	66,50	171,58	311,86	276,49	94,86	13,72	56,60	1,88	0,29	44,61	1 060,83
El Kheneg													
98/99	113,00	68,10	173,10	63,70	29,30	29,80	28,70	31,70	114,60	49,30	0	15,40	716,70
99/00	64,15	27,50	48,40	45,90	211,60	37,80	30,40	65,70	56,80	1,70	0	13,80	603,75
00/01	15,30	47,50	63,30	68,76	72,00	68,90	31,90	59,60	22,90	3,60	33,30	40,70	527,76
01/02	92,50	21,40	58,90	73,40	257,30	97,70	46,30	113,00	51,40	4,90	8,00	3,90	828,70
02/03	12,60	9,80	165,20	185,20	139,50	43,60	110,40	114,30	107,90	51,93	1,70	16,50	958,63
03/04	64,30	59,90	27,10	204,80	58,60	56,00	26,60	70,50	5,80	6,10	10,00	5,10	594,80
04/05	48,10	37,10	186,40	147,80	191,90	93,20	37,40	15,70	58,40	6,20	6,10	3,60	831,90
05/06	21,90	9,20	44,30	96,50	32,70	55,10	223,50	150,40	18,30	21,60	2,40	10,30	686,20
06/07	22,20	32,90	27,00	136,50	21,80	25,10	147,10	15,90	77,20	11,30	17,20	6,70	540,90
07/08	71,10	36,90	70,70	133,20	128,90	67,00	58,10	109,10	55,50	1,10	0	3,40	735,00
08/09	58,10	25,00	33,30	31,60	57,80	43,70	50,60	22,60	57,60	25,20	7,00	28,80	441,30
09/10	151,00	25,00	42,80	45,10	15,90	162,80	48,60	72,10	52,90	89,50	6,60	12,30	724,60
10/11	31,10	68,20	86,70	46,70	35,70	111,00	42,10	119,90	6,00	5,60	4,80	37,40	595,20

11/12	26,80	45,30	38,50	83,30	112,20	162,00	69,40	32,50	0	15,20	12,10	42,20	639,50
12/13	45,80	40,70	38,60	52,00	51,60	46,90	190,90	8,30	52,40	24,50	0	0	551,70
13/14	27,80	44,80	113,80	55,00	282,20	50,84	178,60	3,26	19,22	25,23	0	4,20	804,95
14/15	7,40	24,30	41,90	152,70	244,97	217,18	74,51	10,77	44,46	1,47	0,23	35,04	854,93
	M-Serradj												
98/99	6,50	26,00	185,05	31,49	6,09	16,59	7,58	17,48	280,38	31,43	0	7,64	616,23
99/00	0	3,25	24,78	26,83	166,18	41,16	19,38	25,00	24,50	0	0	0	331,08
00/01	12,48	10,55	11,00	46,20	18,53	28,93	20,75	26,29	0	0	21,05	18,50	214,28
01/02	51,00	13,85	45,73	22,16	295,10	51,90	26,80	113,70	20,60	2,30	3,10	0	646,24
02/03	9,50	11,00	185,20	107,40	88,60	28,30	32,90	67,20	72,20	38,30	0	2,30	642,90
03/04	34,70	34,70	20,60	151,70	118,70	102,90	42,30	90,20	4,20	2,30	2,10	0	604,40
04/05	24,90	28,90	112,10	153,80	102,70	48,60	55,00	30,50	27,20	3,20	0	0	586,90
05/06	15,60	9,60	56,20	69,90	8,70	36,30	128,90	44,80	11,20	11,20	0	0	392,40
06/07	25,00	2,70	9,20	95,70	1,70	19,30	179,40	6,10	55,90	3,27	4,40	0	402,67
07/08	11,00	51,20	84,10	100,90	105,60	61,00	55,00	70,90	83,96	0	0	29,50	653,16
08/09	47,30	24,50	55,60	45,80	113,20	27,50	69,10	41,10	52,60	15,30	26,60	14,40	533,00
09/10	65,50	63,20	50,60	56,80	10,60	166,30	51,00	47,90	49,10	11,30	4,31	0,20	576,81
10/11	15,80	54,90	57,90	46,40	30,70	172,50	26,50	75,00	4,20	0	0	2,30	486,20
11/12	10,10	56,98	28,30	10,40	53,31	140,58	42,05	44,17	0	0	5,38	31,40	422,67
12/13	22,09	1,50	4,13	20,89	77,77	43,13	100,81	2,85	21,25	0	1,85	2,12	298,39
13/14	21,59	35,15	158,92	28,13	93,84	36,00	158,21	0	0	13,26	0	0	545,10
14/15	8,08	0,09	50,17	17,82	184,07	163,19	55,99	8,10	33,41	1,11	0,17	26,33	548,53
	Ain Tinn												
98/99	104,22	59,94	152,36	56,07	25,79	26,23	25,26	27,90	100,87	43,39	0	13,56	635,59
99/00	61,22	24,21	42,60	40,40	186,25	33,27	26,76	57,83	50,00	1,50	0	12,15	536,18
00/01	18,22	41,81	55,72	60,52	63,37	60,65	28,08	52,46	20,16	3,17	29,31	35,82	469,29

01/02	86,17	18,84	51,84	64,61	226,48	86,00	40,75	99,46	45,24	4,31	7,04	3,43	734,18
02/03	15,85	8,63	145,41	163,01	122,79	38,38	97,17	100,61	94,97	45,71	1,50	14,52	848,54
03/04	61,35	52,72	23,85	180,26	51,58	49,29	23,41	62,05	5,11	5,37	8,80	4,49	528,30
04/05	47,09	32,66	164,07	130,09	46,00	55,80	28,70	61,40	6,80	13,90	7,90	6,80	601,21
05/06	14,40	2,10	18,60	63,10	78,90	50,30	33,40	14,70	83,80	3,60	0,90	18,60	382,40
06/07	26,20	10,00	19,10	118,80	14,20	28,90	117,80	66,20	26,10	13,60	4,30	2,40	447,60
07/08	59,90	39,10	23,80	84,40	9,90	8,70	72,60	23,10	58,20	5,80	11,30	33,90	430,70
08/09	38,80	21,00	37,60	27,00	76,40	48,60	81,10	113,30	43,40	0	2,00	37,50	526,70
09/10	103,90	49,40	24,90	47,10	129,90	45,30	39,10	14,90	99,60	5,90	3,70	24,80	588,50
10/11	23,10	55,10	53,40	54,90	6,30	227,40	58,90	79,60	55,60	14,40	12,20	13,10	654,00
11/12	12,00	109,20	51,40	107,30	35,50	107,80	55,40	104,30	7,70	3,00	3,00	43,80	640,40
12/13	36,80	32,10	70,70	53,10	130,70	199,30	97,60	50,40	41,10	15,50	5,30	52,10	784,70
13/14	66,00	55,70	182,00	34,10	59,90	64,70	181,70	69,00	52,50	26,40	0	0,90	792,90
14/15	5,70	27,20	42,50	186,60	216,00	191,50	65,70	9,50	39,20	1,30	0,20	30,90	816,30

Annexe 02 : Températures moyenne en (°C) (ces températures sont estimées par le modèle de la PLACE)

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû
	Béni Haroun											
98/99	22,20	14,15	10,00	6,40	7,10	5,50	10,00	13,30	21,00	24,20	25,40	28,80
99/00	23,10	19,30	10,40	7,50	4,60	8,20	11,20	14,70	20,10	22,30	26,90	26,40
00/01	21,90	15,90	23,30	9,10	8,00	4,70	14,30	12,40	17,20	23,80	27,10	26,30
01/02	21,60	21,20	19,90	6,60	6,40	8,60	11,10	14,00	18,70	24,80	25,60	25,00
02/03	21,30	17,90	12,30	9,20	7,00	6,30	10,50	14,00	17,70	25,30	28,40	27,40
03/04	/	21,00	15,50	9,70	10,00	12,00	13,20	13,80	17,30	23,80	26,70	28,00
04/05	23,90	21,10	12,40	10,50	6,52	6,36	10,62	13,53	19,78	24,72	28,02	26,46
05/06	23,44	19,61	12,72	9,85	8,51	9,40	13,73	22,06	18,31	23,11	25,01	22,61
06/07	19,21	22,71	16,69	6,61	10,37	10,38	9,86	13,54	17,11	22,09	24,89	25,24
07/08	21,48	17,84	10,35	7,58	7,10	7,10	8,60	12,50	14,90	21,70	25,00	25,70
08/09	23,00	17,30	11,10	8,20	8,51	7,65	9,50	11,70	17,79	23,44	29,03	26,14
09/10	22,16	16,79	10,92	10,19	8,40	8,50	9,60	13,80	16,20	21,30	25,90	26,10
10/11	22,20	17,00	13,30	8,30	7,45	7,82	10,03	14,66	17,55	21,13	25,94	28,23
11/12	21,98	16,50	12,70	8,95	7,20	4,70	10,60	13,30	17,70	24,30	26,90	29,50
12/13	21,40	17,70	13,40	8,50	7,72	6,18	10,87	13,62	16,58	20,29	26,42	25,23
13/14	21,93	19,45	12,33	8,23	8,81	8,39	9,56	13,73	17,23	22,00	25,94	25,71
14/15	24,30	18,35	13,85	8,88	6,84	6,93	10,28	13,60	18,50	23,10	28,30	26,30

	Hamala											
98/99	23,34	15,29	11,14	7,54	8,24	6,64	11,14	14,44	22,14	25,34	26,54	29,94
99/00	24,24	20,44	11,54	8,64	5,74	9,34	12,34	15,84	21,24	23,44	28,04	27,54
00/01	23,04	17,04	24,44	10,24	9,14	5,84	15,44	13,54	18,34	24,94	28,24	27,44
01/02	22,74	22,34	21,04	7,74	7,54	9,74	12,24	15,14	19,84	25,94	26,74	26,14
02/03	22,44	19,04	13,44	10,34	8,14	7,44	11,64	15,14	18,84	26,44	29,54	28,54
03/04	/	22,14	16,64	10,84	11,14	13,14	14,34	14,94	18,44	24,94	27,84	29,14
04/05	25,04	22,24	13,54	11,64	7,66	7,50	11,76	14,67	20,92	25,86	29,16	27,60
05/06	24,58	20,75	13,86	10,99	9,65	10,54	14,87	23,20	19,45	24,25	26,15	23,75
06/07	20,35	23,85	17,83	7,75	11,51	11,52	11,00	14,68	18,25	23,23	26,03	26,38
07/08	22,62	18,98	11,49	8,72	8,24	8,24	9,74	13,64	16,04	22,84	26,14	26,84
08/09	24,14	18,44	12,24	9,34	9,65	8,79	10,64	12,84	18,93	24,58	30,17	27,28
09/10	23,30	17,93	12,06	11,33	9,54	9,64	10,74	14,94	17,34	22,44	27,04	27,24
10/11	23,34	18,14	14,44	9,44	8,59	8,96	11,17	15,80	18,69	22,27	27,08	29,37
11/12	23,12	17,64	13,84	10,09	8,34	5,84	11,74	14,44	18,84	25,44	28,04	30,64
12/13	22,54	18,84	14,54	9,64	8,86	7,32	12,01	14,76	17,72	21,43	27,56	26,37
13/14	23,07	20,59	13,47	9,37	9,95	9,53	10,70	14,87	18,37	23,14	27,08	26,85
14/15	25,44	19,49	14,99	10,02	7,98	8,07	11,42	14,74	19,64	24,24	29,44	27,44
	El Kheneg											
98/99	22,48	14,43	10,28	6,68	7,38	5,78	10,28	13,58	21,28	24,48	25,68	29,08
99/00	23,38	19,58	10,68	7,78	4,88	8,48	11,48	14,98	20,38	22,58	27,18	26,68
00/01	22,18	16,18	23,58	9,38	8,28	4,98	14,58	12,68	17,48	24,08	27,38	26,58
01/02	21,88	21,48	20,18	6,88	6,68	8,88	11,38	14,28	18,98	25,08	25,88	25,28
02/03	21,58	18,18	12,58	9,48	7,28	6,58	10,78	14,28	17,98	25,58	28,68	27,68
03/04	/	21,28	15,78	9,98	10,28	12,28	13,48	14,08	17,58	24,08	26,98	28,28
04/05	24,18	21,38	12,68	10,78	6,80	6,64	10,90	13,81	20,06	25,00	28,30	26,74
05/06	23,72	19,89	13,00	10,13	8,79	9,68	14,01	22,34	18,60	23,40	25,30	22,90
06/07	19,50	22,99	16,97	6,90	10,65	10,66	10,14	13,82	17,39	22,37	25,17	25,52
07/08	21,76	18,12	10,63	7,86	7,38	7,38	8,88	12,78	15,18	21,98	25,28	25,98
08/09	23,28	17,58	11,38	8,48	8,79	7,93	9,78	11,98	18,07	23,72	29,31	26,42
09/10	22,44	17,07	11,20	10,47	8,68	8,78	9,88	14,08	16,48	21,58	26,18	26,38
10/11	22,48	17,28	13,58	8,58	7,73	8,10	10,31	14,94	17,83	21,41	26,22	28,51
11/12	22,26	16,78	12,98	9,23	7,48	4,98	10,88	13,58	17,98	24,58	27,18	29,78
12/13	21,68	17,98	13,68	8,78	8,00	6,46	11,15	13,90	16,86	20,57	26,70	25,51
13/14	22,21	19,73	12,61	8,51	9,09	8,67	9,84	14,01	17,51	22,28	26,22	25,99
14/15	24,58	18,63	14,13	9,16	7,12	7,21	10,56	13,88	18,78	23,38	28,58	26,58
	M-Serradj											
98/99	22,32	14,27	10,12	6,52	7,22	5,62	10,12	13,42	21,12	24,32	25,52	28,92
99/00	23,22	19,42	10,52	7,62	4,72	8,32	11,32	14,82	20,22	22,42	27,02	26,52
00/01	22,02	16,02	23,42	9,22	8,12	4,82	14,42	12,52	17,32	23,92	27,22	26,42
01/02	21,72	21,32	20,02	6,72	6,52	8,72	11,22	14,12	18,82	24,92	25,72	25,12
02/03	21,42	18,02	12,42	9,32	7,12	6,42	10,62	14,12	17,82	25,42	28,52	27,52
03/04	/	21,12	15,62	9,82	10,12	12,12	13,32	13,92	17,42	23,92	26,82	28,12
04/05	24,02	21,22	12,52	10,62	6,64	6,48	10,74	13,65	19,90	24,84	28,14	26,58
05/06	23,56	19,73	12,84	9,97	8,63	9,52	13,85	22,18	18,43	23,23	25,13	22,73
06/07	19,33	22,83	16,81	6,73	10,49	10,50	9,98	13,66	17,23	22,21	25,01	25,36

07/08	21,60	17,96	10,47	7,70	7,22	7,22	8,72	12,62	15,02	21,82	25,12	25,82
08/09	23,12	17,42	11,22	8,32	8,63	7,77	9,62	11,82	17,91	23,56	29,15	26,26
09/10	22,28	16,91	11,04	10,31	8,52	8,62	9,72	13,92	16,32	21,42	26,02	26,22
10/11	22,32	17,12	13,42	8,42	7,57	7,94	10,15	14,78	17,67	21,25	26,06	28,35
11/12	22,10	16,62	12,82	9,07	7,32	4,82	10,72	13,42	17,82	24,42	27,02	29,62
12/13	21,52	17,82	13,52	8,62	7,84	6,30	10,99	13,74	16,70	20,41	26,54	25,35
13/14	22,05	19,57	12,45	8,35	8,93	8,51	9,68	13,85	17,35	22,12	26,06	25,83
14/15	24,42	18,47	13,97	9	6,96	7,05	10,40	13,72	18,62	23,22	28,42	26,42
	Ain Tinn											
98/99	23,37	15,32	11,17	7,57	8,27	6,67	11,17	14,47	22,17	25,37	26,57	29,97
99/00	24,27	20,47	11,57	8,67	5,77	9,37	12,37	15,87	21,27	23,47	28,07	27,57
00/01	23,07	17,07	24,47	10,27	9,17	5,87	15,47	13,57	18,37	24,97	28,27	27,47
01/02	22,77	22,37	21,07	7,77	7,57	9,77	12,27	15,17	19,87	25,97	26,77	26,17
02/03	22,47	19,07	13,47	10,37	8,17	7,47	11,67	15,17	18,87	26,47	29,57	28,57
03/04	/	22,17	16,67	10,87	11,17	13,17	14,37	14,97	18,47	24,97	27,87	29,17
04/05	25,07	22,27	13,57	11,67	4,60	4,70	10,80	13,20	19,20	23,90	26,80	24,70
05/06	21,10	17,80	11,80	7	5,50	6,90	11,00	15,60	20,10	24,90	26,80	24,40
06/07	21,00	19,10	12,50	8,4	8,30	9,40	9,00	13,40	17,00	23,20	26,20	25,90
07/08	21,20	16,90	9,90	6,8	7,40	8,20	9,70	13,60	18,30	21,80	27,10	26,20
08/09	21,70	16,90	10,30	6,8	7,10	6,50	9,40	10,90	17,70	23,00	28,30	25,60
09/10	19,90	15,30	11,00	9,8	8,60	10,30	11,80	14,40	16,50	22,10	27,30	26,50
10/11	22,00	18,00	12,70	10	8,70	7,50	10,90	15,40	18,10	22,60	27,20	27,80
11/12	23,30	17,10	13,40	9,3	7,40	4,60	11,40	13,50	19,00	26,80	28,20	30,30
12/13	23,10	19,30	14,30	8,9	7,90	6,50	12,30	14,10	16,40	21,30	26,60	25,10
13/14	21,80	21,50	11,20	8,1	9,10	9,80	9,10	9,20	11,60	23,60	26,10	27,00
14/15	25,60	20,50	19,60	8,5	6,10	6,40	8,40	12,20	16,10	18,90	22,70	21,90

Annexe 03 : Résultats d'ajustement des lois de Galton et Gumbel aux précipitations des notre stations

Ain Tinn		Ajustement à une loi de Galton				% U Anderson = 0,396		
Moyenne de $\ln(x-x_0) = 6,39$		Seuil $x_0 = 0$		Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Ecart-type de $\ln(x-x_0) = 0,24$				Nb au départ (20)		U Gauss = 1,960		
Observations	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
635,59	382,4	1	0,0294	-1,890	382,4	378,78223	288,3103368	443,25373
536,18	430,7	2	0,0882	-1,352	430,7	431,0736	346,0641174	494,29588
469,29	447,6	3	0,1471	-1,049	447,6	463,60498	382,3941489	527,07807
734,18	469,289952	4	0,2059	-0,821	469,289952	489,77089	411,4989521	554,34699
848,54	526,7	5	0,2647	-0,629	526,7	512,89835	436,9361909	579,3138
528,30	528,29856	6	0,3235	-0,458	528,29856	534,43371	460,2355934	603,43051
601,21	536,17635	7	0,3824	-0,299	536,17635	555,20105	482,2427475	627,58477
382,40	588,5	8	0,4412	-0,148	588,5	575,7742	503,5173972	652,4587
447,60	601,21148	9	0,5000	0,000	601,21148	596,6314	524,4962645	678,68743
430,70	635,59494	10	0,5588	0,148	635,59494	618,24413	545,5809265	706,9647
526,70	640,4	11	0,6176	0,299	640,4	641,15337	567,2046848	738,15319
588,50	654	12	0,6765	0,458	654	666,06769	589,9088973	773,44958
654,00	734,17734	13	0,7353	0,629	734,17734	694,03425	614,4666728	814,69338
640,40	784,7	14	0,7941	0,821	784,7	726,80724	642,1411726	865,05451
784,70	792,9	15	0,8529	1,049	792,9	767,82829	675,3629951	930,89558
792,90	816,3	16	0,9118	1,352	816,3	825,77319	720,153731	1028,6216
816,30	848,541726	17	0,9706	1,890	848,541726	939,77224	803,0818381	1234,6731

Ain Tinn		Ajustement à une loi de Gumbel				% U Anderson = 0,326		
Mode = 547,966579				Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Gradex = 112,35177				Nb au départ (21)		U Gauss = 1,960		
Observations	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
635,59	382,4	1	0,0294	-1,260	382,4	406,37343	245,8666668	479,507304
536,18	430,7	2	0,0882	-0,887	430,7	448,31458	320,9681116	516,067698
469,29	447,6	3	0,1471	-0,651	447,6	474,85691	366,0782906	541,622359
734,18	469,29	4	0,2059	-0,458	469,289952	496,54207	400,9546502	564,479366
848,54	526,7	5	0,2647	-0,285	526,7	515,99923	430,3603747	586,875339
528,30	528,299	6	0,3235	-0,121	528,29856	534,38791	456,2761505	609,916564
601,21	536,176	7	0,3824	0,039	536,17635	552,38797	479,777153	634,337936
382,40	588,5	8	0,4412	0,201	588,5	570,49464	501,5858673	660,735432
447,60	601,211	9	0,5000	0,367	601,21148	589,14495	522,2891254	689,685743
430,70	635,595	10	0,5588	0,541	635,59494	608,79603	542,4413742	721,851452
526,70	640,4	11	0,6176	0,730	640,4	629,9999	562,6317852	758,113058
588,50	654	12	0,6765	0,939	654	653,50867	583,5595916	799,773717
654,00	734,177	13	0,7353	1,179	734,17734	680,46639	606,1660094	848,938034
640,40	784,7	14	0,7941	1,467	784,7	712,83177	631,9249845	909,346873
784,70	792,9	15	0,8529	1,838	792,9	754,51905	663,6257458	988,632044
792,90	816,3	16	0,9118	2,382	816,3	815,57918	708,2289701	1106,59197
816,30	848,542	17	0,9706	3,511	848,541726	942,48658	797,4664987	1355,22575

E I Kheneg		Ajustement à une loi de Galton				% U Anderson = 0,407		
Moyenne de $\ln(x-x_0) = 6,51$		Seuil $x_0 = 0$		Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Ecart-type de $\ln(x-x_0) = 0,21$		Nb au départ (20)				U Gauss = 1,960		
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure
716,70	441,3	1	0,0294	-1,890	441,3	453,279611	358,1393262	519,14708
603,75	527,76	2	0,0882	-1,352	527,76	506,8096713	419,2763511	570,36055
527,76	540,9	3	0,1471	-1,049	540,9	539,6585167	457,0081802	602,86805
828,70	551,7	4	0,2059	-0,821	551,7	565,8506863	486,8814842	629,69769
958,63	594,8	5	0,2647	-0,629	594,8	588,8421327	512,7538333	654,1042
594,80	595,2	6	0,3235	-0,458	595,2	610,1235093	536,2712559	677,54333
831,90	603,75	7	0,3824	-0,299	603,75	630,5350316	558,3350579	700,89083
686,20	639,5	8	0,4412	-0,148	639,5	650,6529305	579,5338125	724,80584
540,90	686,2	9	0,5000	0,000	686,2	670,9484389	600,3181319	749,88874
735,00	716,7	10	0,5588	0,148	716,7	691,8770154	621,092963	776,78264
441,30	724,6	11	0,6176	0,299	724,6	713,9520963	642,2851978	806,27537
724,60	735	12	0,6765	0,458	735	737,8371769	664,4177401	839,44795
595,20	804,95	13	0,7353	0,629	804,95	764,5033917	688,2264454	877,94918
639,50	828,7	14	0,7941	0,821	828,7	795,5664251	714,9014779	924,60244
551,70	831,9	15	0,8529	1,049	831,9	834,1790108	746,7169752	985,04103
804,95	854,93163	16	0,9118	1,352	854,93163	888,2462849	789,2758502	1073,6876
854,93	958,63	17	0,9706	1,890	958,63	993,1437388	867,1373175	1256,974

E I Kheneg		Ajustement à une loi de Gumbel				% U Anderson = 0,340		
Mode = 621,557461				Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Gradex = 109,088061		Nb au départ (21)				U Gauss = 1,960		
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure
716,70	441,3	1	0,0294	-1,260	441,3	484,0775	328,2332548	555,086861
603,75	527,76	2	0,0882	-0,887	527,76	524,8003	401,1530764	590,585211
527,76	540,9	3	0,1471	-0,651	540,9	550,5716	444,9528489	615,397535
828,70	551,7	4	0,2059	-0,458	551,7	571,6268	478,8160846	637,590568
958,63	594,8	5	0,2647	-0,285	594,8	590,5187	507,3676017	659,33596
594,80	595,2	6	0,3235	-0,121	595,2	608,3732	532,5305497	681,70786
831,90	603,75	7	0,3824	0,039	603,75	625,8504	555,3488711	705,419815
686,20	639,5	8	0,4412	0,201	639,5	643,4311	576,5240637	731,05049
540,90	686,2	9	0,5000	0,367	686,2	661,5396	596,6259125	759,159823
735,00	716,7	10	0,5588	0,541	716,7	680,6199	616,1927583	790,39115
441,30	724,6	11	0,6176	0,730	724,6	701,2078	635,7966577	825,599392
724,60	735	12	0,6765	0,939	735	724,0337	656,1165318	866,04985
595,20	804,95	13	0,7353	1,179	804,95	750,2083	678,0662554	913,785991
639,50	828,7	14	0,7941	1,467	828,7	781,6335	703,0769575	972,440013
551,70	831,9	15	0,8529	1,838	831,9	822,1098	733,8568429	1049,42203
804,95	854,932	16	0,9118	2,382	854,93163	881,3962	777,1643874	1163,95533
854,93	958,63	17	0,9706	3,511	958,63	1004,617	863,8096534	1405,36655

Mechta Serradj		Ajustement à une loi de Galton					% U Anderso 0,184		
Moyenne de $\ln(x-x_0) = 6,17$		Seuil $x_0 = 0$			Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Ecart-type de $\ln(x-x_0) = 0,32$		Nb au départ (20)					U Gauss = 1,960		
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne	
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure	
616,23	214,28	1	0,0294	-1,890	214,28	263,55	183,96	324,19	
331,08	298,39	2	0,0882	-1,352	298,39	312,50	233,98	374,24	
214,28	331,08	3	0,1471	-1,049	331,08	343,94	266,87	407,28	
646,24	392,40	4	0,2059	-0,821	392,40	369,74	293,94	435,27	
642,90	402,67	5	0,2647	-0,629	402,67	392,91	318,11	461,28	
604,40	422,67	6	0,3235	-0,458	422,67	414,79	340,65	486,74	
586,90	486,20	7	0,3824	-0,299	486,20	436,15	362,27	512,57	
392,40	533,00	8	0,4412	-0,148	533,00	457,57	383,47	539,50	
402,67	545,10	9	0,5000	0,000	545,10	479,53	404,66	568,25	
653,16	548,53	10	0,5588	0,148	548,53	502,54	426,22	599,65	
533,00	576,81	11	0,6176	0,299	576,81	527,22	448,62	634,74	
576,81	586,90	12	0,6765	0,458	586,90	554,37	472,42	675,02	
486,20	604,40	13	0,7353	0,629	604,40	585,24	498,50	722,84	
422,67	616,23	14	0,7941	0,821	616,23	621,92	528,29	782,28	
298,39	642,90	15	0,8529	1,049	642,90	668,57	564,59	861,65	
545,10	646,24	16	0,9118	1,352	646,24	735,82	614,43	982,76	

Mechta Serradj		Ajustement à une loi de Gumbel					% U Anderso 0,092		
Mode = 439,82		Taille $n = 17$			I.C. à (en%) = 95		U Gauss = 1,960		
Gradex = 104,40		Nb au départ (21)							
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne	
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure	
616,23	214,28	1	0,0294	-1,260	214,28	308,24	159,10	376,20	
331,08	298,39	2	0,0882	-0,887	298,39	347,22	228,88	410,18	
214,28	331,08	3	0,1471	-0,651	331,08	371,88	270,80	433,92	
646,24	392,40	4	0,2059	-0,458	392,40	392,03	303,21	455,16	
642,90	402,67	5	0,2647	-0,285	402,67	410,11	330,53	475,97	
604,40	422,67	6	0,3235	-0,121	422,67	427,20	354,62	497,38	
586,90	486,20	7	0,3824	0,039	486,20	443,93	376,45	520,08	
392,40	533,00	8	0,4412	0,201	533,00	460,75	396,72	544,61	
402,67	545,10	9	0,5000	0,367	545,10	478,08	415,96	571,51	
653,16	548,53	10	0,5588	0,541	548,53	496,34	434,68	601,40	
533,00	576,81	11	0,6176	0,730	576,81	516,04	453,44	635,09	
576,81	586,90	12	0,6765	0,939	586,90	537,89	472,89	673,80	
486,20	604,40	13	0,7353	1,179	604,40	562,94	493,90	719,49	
422,67	616,23	14	0,7941	1,467	616,23	593,01	517,83	775,62	
298,39	642,90	15	0,8529	1,838	642,90	631,75	547,29	849,30	
545,10	646,24	16	0,9118	2,382	646,24	688,49	588,74	958,91	
548,53	653,16	17	0,9706	3,511	653,16	806,42	671,66	1 189,95	

Hamala		Ajustement à une loi de Galton				% U Anderso 0,265		
Moyenne de $\ln(x-x_0) = 6,69$		Seuil $x_0 = 0$		Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Ecart-type de $\ln(x-x_0) = 0,33$		Nb au départ (20)				U Gauss = 1,960		
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure
584,9	311,39	1	0,0294	-1,890	311,39	431,85251	297,5363162	535,199667
819,54	584,9	2	0,0882	-1,352	584,9	515,22593	381,7520917	621,053041
311,39	634,35	3	0,1471	-1,049	634,35	569,02052	437,4834158	677,948063
1147,7	696,57	4	0,2059	-0,821	696,57	613,30534	483,5571897	726,272599
929,76	732,74	5	0,2647	-0,629	732,74	653,17502	524,8144063	771,286185
821,7	740,41	6	0,3235	-0,458	740,41	690,8955	563,3829183	815,445148
1319,54	780,83	7	0,3824	-0,299	780,83	727,80041	600,473541	860,323482
634,35	785,22	8	0,4412	-0,148	785,22	764,86063	636,9222306	907,202514
696,57	819,54	9	0,5000	0,000	819,54	802,9292	673,4191232	957,346299
780,83	821,7	10	0,5588	0,148	821,7	842,89252	710,6410039	1012,20412
740,41	850,79	11	0,6176	0,299	850,79	885,81333	749,3638367	1073,64482
850,79	888,96	12	0,6765	0,458	888,96	933,12999	790,605361	1144,32881
785,22	929,76	13	0,7353	0,629	929,76	987,0177	835,8704174	1228,42532
888,96	1060,83238	14	0,7941	0,821	1060,832384	1051,1816	887,6767575	1333,23487
732,74	1147,7	15	0,8529	1,049	1147,7	1132,9913	950,9508777	1473,64513
1176,54	1176,54	16	0,9118	1,352	1176,54	1251,2866	1038,068027	1688,78002
1060,83238	1319,54	17	0,9706	1,890	1319,54	1492,8599	1204,58839	2166,77854

Hamala		Ajustement à une loi de Gumbel				% U Anderso 0,265		
Mode = 731,40748		Gradex = 188,38263		Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Nb au départ (21)				U Gauss = 1,960				
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure
584,9	311,39	1	0,0294	-1,260	311,39	493,9952	224,8700585	616,62034
819,54	584,9	2	0,0882	-0,887	584,9	564,31884	350,7942668	677,92194
311,39	634,35	3	0,1471	-0,651	634,35	608,82293	426,4314744	720,76999
1147,7	696,57	4	0,2059	-0,458	696,57	645,18289	484,9094169	759,09483
929,76	732,74	5	0,2647	-0,285	732,74	677,80715	534,2146279	796,64664
821,7	740,41	6	0,3235	-0,121	740,41	708,63983	577,6681668	835,28035
1319,54	780,83	7	0,3824	0,039	780,83	738,82092	617,0728033	876,22819
634,35	785,22	8	0,4412	0,201	785,22	769,18077	653,6399437	920,48944
696,57	819,54	9	0,5000	0,367	819,54	800,45215	688,3535421	969,03105
780,83	821,7	10	0,5588	0,541	821,7	833,40154	722,1432512	1022,964
740,41	850,79	11	0,6176	0,730	850,79	868,95452	755,9969478	1083,7646
850,79	888,96	12	0,6765	0,939	888,96	908,37218	791,087051	1153,6179
785,22	929,76	13	0,7353	1,179	929,76	953,57276	828,9917182	1236,0528
888,96	1060,832	14	0,7941	1,467	1060,832384	1007,8405	872,1823458	1337,3416
732,74	1147,7	15	0,8529	1,838	1147,7	1077,7384	925,3356944	1470,2807
1176,54	1176,54	16	0,9118	2,382	1176,54	1180,1193	1000,12288	1668,0667
1060,83238	1319,54	17	0,9706	3,511	1319,54	1392,9077	1149,749364	2084,9563

B-Haroun		Ajustement à une loi de Galton				% U Anderson = 0,317		
Moyenne de $\ln(x-x_0) = 6,45$		Seuil $x_0 = 0$		Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Ecart-type de $\ln(x-x_0) = 0,25$				Nb au départ (20)		U Gauss = 1,960		
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure
587,47	317,64	1	0,0294	-1,890	317,64	390,4267283	292,37372	461,18494
483,68	479,6	2	0,0882	-1,352	479,6	447,7670804	354,7854124	517,64716
317,64	483,68	3	0,1471	-1,049	483,68	483,6531108	394,3729282	554,09684
730,31	567,9	4	0,2059	-0,821	567,9	512,627041	426,2508972	584,52008
723,23	573,9	5	0,2647	-0,629	573,9	538,3136611	454,2226337	612,45348
661,9	587,47	6	0,3235	-0,458	587,47	562,2942872	479,9291013	639,50409
924,6	610,5	7	0,3824	-0,299	610,5	585,4744059	504,2813215	666,66159
479,6	612,9	8	0,4412	-0,148	612,9	608,488859	527,8861497	694,69346
567,9	661,9	9	0,5000	0,000	661,9	631,8711972	551,2211696	724,32126
573,9	677	10	0,5588	0,148	677	656,152046	574,7300532	756,33962
694,2	694,2	11	0,6176	0,299	694,2	681,9447713	598,8963798	791,74301
701,2	701,2	12	0,6765	0,458	701,2	710,0573826	624,3294053	831,91707
612,9	723,23	13	0,7353	0,629	723,23	741,6887936	651,904549	878,99893
677	730,31	14	0,7941	0,821	730,31	778,8531972	683,0581545	936,68122
610,5	832,5	15	0,8529	1,049	832,5	825,5115101	720,562154	1012,3951
832,5	871,594659	16	0,9118	1,352	871,5946593	891,6716465	771,2999143	1125,3597
871,59466	924,6	17	0,9706	1,890	924,6	1022,627758	865,729067	1365,5851

B-Haroun		Ajustement à une loi de Gumbel				% U Anderson = 0,240		
Mode = 582,347209				Taille $n = 17$		I.C. à (en%) = 95		
Gradex = 117,261913				Nb au départ (21)		U Gauss = 1,960		
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure
587,47	317,64	1	0,0294	-1,260	317,64	434,56597	267,0445355	510,896039
483,68	479,6	2	0,0882	-0,887	479,6	478,34009	345,428161	549,054242
317,64	483,68	3	0,1471	-0,651	483,68	506,04241	392,5098034	575,725726
730,31	567,9	4	0,2059	-0,458	567,9	528,67528	428,910375	599,58166
723,23	573,9	5	0,2647	-0,285	573,9	548,98279	459,6012266	622,956411
661,9	587,47	6	0,3235	-0,121	587,47	568,17511	486,6496072	647,004613
924,6	610,5	7	0,3824	0,039	610,5	586,96183	511,177681	672,49328
479,6	612,9	8	0,4412	0,201	612,9	605,85982	533,939508	700,044433
567,9	661,9	9	0,5000	0,367	661,9	625,32522	555,5475667	730,259969
573,9	677	10	0,5588	0,541	677	645,83511	576,5805352	763,831425
694,2	694,2	11	0,6176	0,730	694,2	667,96566	597,6533338	801,677783
701,2	701,2	12	0,6765	0,939	701,2	692,50184	619,4957542	845,15915
612,9	723,23	13	0,7353	1,179	723,23	720,63769	643,0901471	896,47211
677	730,31	14	0,7941	1,467	730,31	754,41755	669,9748742	959,521014
610,5	832,5	15	0,8529	1,838	832,5	797,9267	703,0610634	1042,27121
832,5	871,5947	16	0,9118	2,382	871,5946593	861,65536	749,6135956	1165,38637
871,594659	924,6	17	0,9706	3,511	924,6	994,10904	842,7510984	1424,88627

Annexe 04 : Résultats d'ajustement des lois de Galton et loi-normale aux valeurs de débit de Tassadane et Grarem

Tassadane		Ajustement à une loi de Gauss					% U Anderson		0,068
	Moyenne=	3,091973684				Taille n=	38	I.C. à (en%)=	95
	Ecart-type=	2,08069353				Nb au départ	(42)	U Gauss=	1,960
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne	
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure	
3,70	0,42083	1	0,0132	-2,222	0,420833333	-1,53033	-3,07389	-0,478915	
1,71	0,465	2	0,0395	-1,757	0,465	-0,56344	-1,86922	0,353129	
4,47	0,71833	3	0,0658	-1,508	0,718333333	-0,04551	-1,231089	0,806005	
2,63	0,71917	4	0,0921	-1,328	0,719166667	0,329017	-0,77386	1,137714	
3,16	1,09917	5	0,1184	-1,183	1,099166667	0,630686	-0,408728	1,40804	
2,53	1,32833	6	0,1447	-1,059	1,328333333	0,887943	-0,099947	1,641164	
1,73	1,71167	7	0,1711	-0,950	1,711666667	1,115286	0,170665	1,849444	
2,50	1,72833	8	0,1974	-0,851	1,728333333	1,321182	0,413701	2,040121	
5,25	1,9675	9	0,2237	-0,760	1,9675	1,511043	0,635912	2,217847	
2,56	1,9775	10	0,2500	-0,674	1,9775	1,688567	0,841894	2,385816	
5,30	2,00667	11	0,2763	-0,594	2,006666667	1,856413	1,034933	2,54634	
9,70	2,03583	12	0,3026	-0,517	2,035833333	2,016574	1,217478	2,701169	
1,97	2,0825	13	0,3289	-0,443	2,0825	2,170598	1,391416	2,851677	
6,09	2,13667	14	0,3553	-0,371	2,136666667	2,319726	1,558247	2,998981	
1,10	2,305	15	0,3816	-0,301	2,305	2,464985	1,719193	3,144019	
2,91	2,31667	16	0,4079	-0,233	2,316666667	2,607247	1,87528	3,287604	
0,72	2,455	17	0,4342	-0,166	2,455	2,747277	2,027391	3,430462	
4,41	2,50417	18	0,4605	-0,099	2,504166667	2,885761	2,176302	3,573263	
2,46	2,53167	19	0,4868	-0,033	2,531666667	3,023336	2,322721	3,716643	
2,96	2,555	20	0,5132	0,033	2,555	3,160611	2,467305	3,861226	
2,01	2,565	21	0,5395	0,099	2,565	3,298187	2,610685	4,007645	
3,71	2,62833	22	0,5658	0,166	2,628333333	3,436671	2,753485	4,156557	
2,31	2,68083	23	0,5921	0,233	2,680833333	3,5767	2,896343	4,308667	
0,42	2,91167	24	0,6184	0,301	2,911666667	3,718963	3,039928	4,464754	
2,08	2,9325	25	0,6447	0,371	2,9325	3,864222	3,184966	4,625701	
2,68	2,95667	26	0,6711	0,443	2,956666667	4,01335	3,33227	4,792531	
0,72	3,16	27	0,6974	0,517	3,16	4,167373	3,482778	4,966469	
1,33	3,6975	28	0,7237	0,594	3,6975	4,327534	3,637607	5,149014	
0,47	3,7075	29	0,7500	0,674	3,7075	4,49538	3,798131	5,342053	
8,85	4,4125	30	0,7763	0,760	4,4125	4,672905	3,9661	5,548035	
4,55	4,47167	31	0,8026	0,851	4,471666667	4,862766	4,143826	5,770246	
6,57	4,54917	32	0,8289	0,950	4,549166667	5,068661	4,334504	6,013282	
2,57	5,24667	33	0,8553	1,059	5,246666667	5,296004	4,542784	6,283894	
2,14	5,295	34	0,8816	1,183	5,295	5,553261	4,775907	6,592675	
1,98	6,09167	35	0,9079	1,328	6,091666667	5,854931	5,046234	6,957807	
2,93	6,56667	36	0,9342	1,508	6,566666667	6,229461	5,377942	7,415037	
2,04	8,8525	37	0,9605	1,757	8,8525	6,747391	5,830818	8,053167	
2,32	9,70417	38	0,9868	2,222	9,704166667	7,714275	6,662862	9,257837	

D-Tassadane		Ajustement à une loi de Galton				% U Anderson = 0,219			
Moyenne de $\ln(x-x_0) = 0,91$		Seuil $x_0 = 0$		Taille $n = 38$		I.C. à $(\alpha\%) = 95$			
Ecart-type de $\ln(x-x_0) = 0,71$				Nb au départ (37)		U Gauss = 1,960			
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne	
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure	
3,70	0,42	1	0,0132	-2,222	0,42	0,52	0,31	0,74	
1,71	0,47	2	0,0395	-1,757	0,47	0,72	0,46	0,98	
4,47	0,72	3	0,0658	-1,508	0,72	0,86	0,57	1,14	
2,63	0,72	4	0,0921	-1,328	0,72	0,97	0,67	1,28	
3,16	1,10	5	0,1184	-1,183	1,10	1,08	0,76	1,40	
2,53	1,33	6	0,1447	-1,059	1,33	1,18	0,84	1,52	
1,73	1,71	7	0,1711	-0,950	1,71	1,27	0,92	1,63	
2,50	1,73	8	0,1974	-0,851	1,73	1,36	1,00	1,74	
5,25	1,97	9	0,2237	-0,760	1,97	1,45	1,08	1,85	
2,56	1,98	10	0,2500	-0,674	1,98	1,54	1,16	1,96	
5,30	2,01	11	0,2763	-0,594	2,01	1,64	1,24	2,07	
9,70	2,04	12	0,3026	-0,517	2,04	1,73	1,32	2,18	
1,97	2,08	13	0,3289	-0,443	2,08	1,82	1,40	2,29	
6,09	2,14	14	0,3553	-0,371	2,14	1,91	1,48	2,41	
1,10	2,31	15	0,3816	-0,301	2,31	2,01	1,56	2,53	
2,91	2,32	16	0,4079	-0,233	2,32	2,11	1,65	2,66	
0,72	2,46	17	0,4342	-0,166	2,46	2,21	1,73	2,79	
4,41	2,50	18	0,4605	-0,099	2,50	2,32	1,82	2,93	
2,46	2,53	19	0,4868	-0,033	2,53	2,43	1,92	3,08	
2,96	2,56	20	0,5132	0,033	2,56	2,55	2,01	3,23	
2,01	2,57	21	0,5395	0,099	2,57	2,67	2,11	3,40	
3,71	2,63	22	0,5658	0,166	2,63	2,80	2,22	3,57	
2,31	2,68	23	0,5921	0,233	2,68	2,93	2,33	3,76	
0,42	2,91	24	0,6184	0,301	2,91	3,08	2,44	3,97	
2,08	2,93	25	0,6447	0,371	2,93	3,23	2,57	4,19	
2,68	2,96	26	0,6711	0,443	2,96	3,40	2,70	4,43	
0,72	3,16	27	0,6974	0,517	3,16	3,59	2,84	4,70	
1,33	3,70	28	0,7237	0,594	3,70	3,79	3,00	5,01	
0,47	3,71	29	0,7500	0,674	3,71	4,01	3,16	5,34	
8,85	4,41	30	0,7763	0,760	4,41	4,26	3,35	5,73	
4,55	4,47	31	0,8026	0,851	4,47	4,54	3,56	6,18	
6,57	4,55	32	0,8289	0,950	4,55	4,87	3,80	6,71	
2,57	5,25	33	0,8553	1,059	5,25	5,26	4,07	7,36	
2,14	5,30	34	0,8816	1,183	5,30	5,74	4,41	8,17	
1,98	6,09	35	0,9079	1,328	6,09	6,36	4,83	9,25	
2,93	6,57	36	0,9342	1,508	6,57	7,22	5,41	10,81	
2,04	8,85	37	0,9605	1,757	8,85	8,61	6,31	13,42	
2,32	9,70	38	0,9868	2,222	9,70	11,96	8,37	20,21	

Grarem		Ajustement à une loi de Gauss						% U Anderson	0,036
	Moyenne=	6,09263171			Taille n=	38	L.C. à (en%) =	95	
	Ecart-type=	3,99941967			Nb au départ	(42)	U Gauss=	1,960	
Observations	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure	
3,54	1,7593849	1	0,0132	-2,222	1,7593849	-2,79215743	-5,75912597	-0,77117674	
2,41	1,87295962	2	0,0395	-1,757	1,87295962	-0,93365518	-3,44356078	0,8281424	
4,57	2,40677561	3	0,0658	-1,508	2,40677561	0,06188843	-2,21697407	1,69864115	
4,15	2,61056583	4	0,0921	-1,328	2,61056583	0,78179484	-1,33810714	2,33623747	
3,34	3,05545649	5	0,1184	-1,183	3,05545649	1,36165082	-0,63626626	2,85584739	
5,15	3,28588077	6	0,1447	-1,059	3,28588077	1,85613877	-0,04274089	3,30394742	
3,46	3,33535448	7	0,1711	-0,950	3,33535448	2,29312801	0,47741856	3,70429389	
4,75	3,378144	8	0,1974	-0,851	3,378144	2,6888915	0,94457119	4,07080626	
6,38	3,46099643	9	0,2237	-0,760	3,46099643	3,05383437	1,3716961	4,41242355	
5,28	3,5367655	10	0,2500	-0,674	3,5367655	3,39506414	1,76762509	4,73528577	
8,74	3,58412694	11	0,2763	-0,594	3,58412694	3,71769075	2,13867648	5,04383854	
21,15	3,96791721	12	0,3026	-0,517	3,96791721	4,02554474	2,48955681	5,34144425	
3,97	3,97454962	13	0,3289	-0,443	3,97454962	4,32160206	2,82389361	5,63074413	
9,77	4,02112208	14	0,3553	-0,371	4,02112208	4,60824981	3,14456792	5,91388548	
2,61	4,1493655	15	0,3816	-0,301	4,1493655	4,8874605	3,45393174	6,19267138	
3,58	4,24867875	16	0,4079	-0,233	4,24867875	5,16091149	3,75395614	6,46866404	
1,76	4,52904632	17	0,4342	-0,166	4,52904632	5,4300702	4,04633608	6,74325957	
4,53	4,571779	18	0,4605	-0,099	4,571779	5,69625779	4,33256767	7,01774489	
4,02	4,75451508	19	0,4868	-0,033	4,75451508	5,96069912	4,61400735	7,29334367	
7,98	5,15020875	20	0,5132	0,033	5,15020875	6,2245643	4,89191975	7,57125607	
4,25	5,2777025	21	0,5395	0,099	5,2777025	6,48900563	5,16751853	7,85269575	
6,50	5,861064	22	0,5658	0,166	5,861064	6,75519323	5,44200385	8,13892734	
6,85	5,956824	23	0,5921	0,233	5,956824	7,02435193	5,71659939	8,43130728	
1,87	6,122352	24	0,6184	0,301	6,122352	7,29780292	5,99259204	8,73133168	
3,97	6,37723783	25	0,6447	0,371	6,37723783	7,57701361	6,27137794	9,0406955	
7,97	6,41784	26	0,6711	0,443	6,41784	7,86366136	6,55451929	9,36136981	
3,06	6,50402362	27	0,6974	0,517	6,50402362	8,15971868	6,84381917	9,69570661	
3,29	6,825504	28	0,7237	0,594	6,825504	8,46757267	7,14142488	10,0465869	
3,38	6,84985767	29	0,7500	0,674	6,84985767	8,79019929	7,44997766	10,4176383	
17,15	7,428792	30	0,7763	0,760	7,428792	9,13142906	7,77283987	10,8135673	
10,08	7,97193046	31	0,8026	0,851	7,97193046	9,49637192	8,11445716	11,2406922	
13,39	7,98484383	32	0,8289	0,950	7,98484383	9,89213541	8,48096954	11,7078449	
6,83	8,74134223	33	0,8553	1,059	8,74134223	10,3291246	8,881316	12,2280043	
6,12	9,77346525	34	0,8816	1,183	9,77346525	10,8236126	9,32941603	12,8215297	
5,86	10,082712	35	0,9079	1,328	10,082712	11,4034686	9,84902595	13,5233706	
7,43	13,39464	36	0,9342	1,508	13,39464	12,123375	10,4866223	14,4022375	
5,96	17,147064	37	0,9605	1,757	17,147064	13,1189186	11,357121	15,6288242	
6,42	21,1492168	38	0,9868	2,222	21,1492168	14,9774209	12,9564402	17,9443894	

Grème		Ajustement à une loi de Galton				% U Anderson = 0,411			
Moyenne de $\ln(x-x_0) = 1,65$		Seuil $x_0 = 0$		Taille $n = 38$		I.C. à (en%) = 95			
Ecart-type de $\ln(x-x_0) = 0,55$				Nb au départ (37)		U Gauss = 1,960			
Observations	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne	
classées	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure	
3,54	1,759385	1	0,0132	-2,222	1,7593849	1,532265	1,0188626	2,0232427	
2,41	1,87296	2	0,0395	-1,757	1,87295962	1,978532	1,400958687	2,5210183	
4,57	2,406776	3	0,0658	-1,508	2,40677561	2,268858	1,658402265	2,8416545	
4,15	2,610566	4	0,0921	-1,328	2,61056583	2,504999	1,871479106	3,1020956	
3,34	3,055456	5	0,1184	-1,183	3,05545649	2,712956	2,061134067	3,331898	
5,15	3,285881	6	0,1447	-1,059	3,28588077	2,90388	2,236442661	3,5436996	
3,46	3,335354	7	0,1711	-0,950	3,33535448	3,083758	2,40229931	3,7442925	
4,75	3,378144	8	0,1974	-0,851	3,378144	3,256262	2,561712247	3,9378731	
6,38	3,460996	9	0,2237	-0,760	3,46099643	3,423872	2,716706362	4,1273059	
5,28	3,536766	10	0,2500	-0,674	3,5367655	3,588388	2,868743439	4,3147075	
8,74	3,584127	11	0,2763	-0,594	3,58412694	3,751198	3,018941999	4,5017498	
21,15	3,967917	12	0,3026	-0,517	3,96791721	3,913436	3,168203014	4,689834	
3,97	3,97455	13	0,3289	-0,443	3,97454962	4,076072	3,317287285	4,8801984	
9,77	4,021122	14	0,3553	-0,371	4,02112208	4,239977	3,466866345	5,0739903	
2,61	4,149366	15	0,3816	-0,301	4,1493655	4,405963	3,617558256	5,2723184	
3,58	4,248679	16	0,4079	-0,233	4,24867875	4,574822	3,769954598	5,4762945	
1,76	4,529046	17	0,4342	-0,166	4,52904632	4,747349	3,92464248	5,6870691	
4,53	4,571779	18	0,4605	-0,099	4,571779	4,92437	4,082224045	5,9058666	
4,02	4,754515	19	0,4868	-0,033	4,75451508	5,106765	4,243335297	6,1340211	
7,98	5,150209	20	0,5132	0,033	5,15020875	5,295496	4,408665792	6,3730172	
4,25	5,277703	21	0,5395	0,099	5,2777025	5,491637	4,578980689	6,6245382	
6,50	5,861064	22	0,5658	0,166	5,861064	5,696411	4,755146906	6,8905255	
6,85	5,956824	23	0,5921	0,233	5,956824	5,911236	4,938165582	7,1732559	
1,87	6,122352	24	0,6184	0,301	6,122352	6,137784	5,129213881	7,4754426	
3,97	6,377238	25	0,6447	0,371	6,37723783	6,378066	5,329700574	7,8003725	
7,97	6,41784	26	0,6711	0,443	6,41784	6,634536	5,54134214	8,1520974	
3,06	6,504024	27	0,6974	0,517	6,50402362	6,910257	5,766269979	8,5357058	
3,29	6,825504	28	0,7237	0,594	6,825504	7,209124	6,007186146	8,9577239	
3,38	6,849858	29	0,7500	0,674	6,84985767	7,536212	6,267597236	9,4267227	
17,15	7,428792	30	0,7763	0,760	7,428792	7,898323	6,552179396	9,9542775	
10,08	7,97193	31	0,8026	0,851	7,97193046	8,304875	6,867374446	10,556552	
13,39	7,984844	32	0,8289	0,950	7,98484383	8,769447	7,222418841	11,257069	
6,83	8,741342	33	0,8553	1,059	8,74134223	9,312661	7,631247472	12,091904	
6,12	9,773465	34	0,8816	1,183	9,77346525	9,96804	8,116349606	13,120374	
5,86	10,08271	35	0,9079	1,328	10,082712	10,79555	8,717606672	14,449987	
7,43	13,39464	36	0,9342	1,508	13,39464	11,91915	9,516585935	16,306568	
5,96	17,14706	37	0,9605	1,757	17,147064	13,66814	10,72695453	19,303102	
6,42	21,14922	38	0,9868	2,222	21,1492168	17,64894	13,3660925	26,542194	

Annexe 05 : durées d'éclairement durant les jours d'année en % (P en Blaney cridle) en fonction des latitudes

Latitude	Nord	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	août	Sep	Oct	Nov	Déc
	sud	Juil	août	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui
60°		0,15	0,2	0,26	0,32	0,38	0,41	0,4	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13
55°		0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,39	0,38	0,33	0,28	0,23	0,18	0,16
50°		0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,2	0,18
45°		0,2	0,23	0,27	0,3	0,34	0,35	0,34	0,32	0,28	0,24	0,21	0,2
40°		0,22	0,24	0,27	0,3	0,32	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
35°		0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,3	0,28	0,25	0,23	0,22
30°		0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,31	0,3	0,28	0,26	0,24	0,23
25°		0,24	0,26	0,27	0,29	0,3	0,31	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
20°		0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,3	0,3	0,29	0,28	0,26	0,25	0,25
15°		0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25
10°		0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26
5°		0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0°		0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Annexe 06 : les valeurs des durées d'éclairement en % pour les stations d'étude (on note que l'ETP calculé par ces valeurs est en mm/jours)

mois	El kheneg	M- Serradj	A-Tinn	B-Haroun	Hamala
janvier	0,22708	0,22702	0,22722	0,22688	0,22684
février	0,24708	0,24702	0,24722	0,24688	0,24684
mars	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
avril	0,29292	0,29298	0,29278	0,29312	0,29316
mai	0,31292	0,31298	0,31278	0,31312	0,31316
juin	0,32584	0,32596	0,32556	0,32624	0,32632
juillet	0,32292	0,32298	0,32278	0,32312	0,32316
août	0,30292	0,30298	0,30278	0,30312	0,30316
septembre	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
octobre	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
novembre	0,22708	0,22702	0,22722	0,22688	0,22684
décembre	0,21708	0,21702	0,21722	0,21688	0,21684

Annexe 07 : les valeurs des pluies cumuls pour le test d'homogénéité

B-Haroun	Hamala	E-Kheneg	M-Serradj	Ain Tinn
587,47	584,9	716,7	616,23	635,59494
1071,15	1404,44	1320,45	947,31	1171,77129
1388,79	1715,83	1848,21	1161,59	1641,06124
2119,1	2863,53	2676,91	1807,83	2375,23858
2842,33	3793,29	3635,54	2450,73	3223,78031
3504,23	4614,99	4230,34	3055,13	3752,07887
4428,83	5934,53	5062,24	3642,03	4353,29035
4908,43	6568,88	5748,44	4034,43	4735,69035
5476,33	7265,45	6289,34	4437,1	5183,29035
6050,23	8046,28	7024,34	5090,26	5613,99035
6744,43	8786,69	7465,64	5623,26	6140,69035
7445,63	9637,48	8190,24	6200,07	6729,19035
8058,53	10422,7	8785,44	6686,27	7383,19035
8735,53	11311,66	9424,94	7108,94	8023,59035
9346,03	12044,4	9976,64	7407,33	8808,29035
10178,53	13220,94	10781,59	7952,43	9601,19035
11050,12466	14281,7724	11636,5216	8500,9577	10417,4903

Annexe 08 : les valeurs des débits dans la station de Tassadane (1973/1974 à 2010/2011)

années	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fer	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
73/74	1,67	0,44	0,42	2,29	2,22	8,33	10,1	13,63	3,07	0,98	0,71	0,51
74/75	0,63	1,33	1,13	1,46	1,12	6,11	3,96	1,48	1,94	0,41	0,23	0,74
75/76	1,14	0,34	1,79	2,56	1,55	16,62	16,69	5,13	3,12	2,3	1,52	0,9
76/77	2,03	1,84	4,56	6,45	7,65	2,84	1,02	2,06	1,44	1,22	0,26	0,17
77/78	0,33	0,3	1,96	0,76	3,74	8,95	7,49	11,34	1,89	0,6	0,2	0,36
78/79	0,21	0,66	1	3,41	0,74	4,41	8,06	7,55	0,06	0,73	1,87	1,68
79/80	2,74	0,96	2,21	0,68	1,81	1,35	6,62	1,48	2,1	0,43	0,18	0,18
80/81	1,57	0,61	0,78	7,25	5,96	5,22	3,06	2,95	1,03	0,97	0,33	0,32
81/82	1,36	0,28	0,29	2,47	12,63	15,47	14,09	7,88	4,11	2,38	1,05	0,95
82/83	1,06	0,99	1,86	8,96	6,25	3,36	4,18	1,43	0,86	1,41	0,24	0,06
83/84	0,15	0,43	0,8	0,57	7,11	32,51	12,8	5,72	1,84	0,81	0,39	0,41
84/85	0,32	6,82	1,18	11,57	28,08	17,27	34,77	10,25	3,68	1,41	0,67	0,43
85/86	0,86	0,92	0,97	1,3	4,95	4,53	6,44	2,03	0,83	0,59	0,15	0,04
86/87	0,51	1,65	2,31	9,99	16,04	19,37	9,94	9	2,32	0,92	0,74	0,31
87/88	0,33	0,49	0,98	0,68	1,92	0,9	5,83	0,88	0,76	0,39	0,03	0
88/89	0,27	0,1	0,18	9,53	4,59	6,8	5,96	4,21	1,67	1,04	0,37	0,22
89/90	1,04	0,74	0,56	0,54	1,2	0,39	0,31	0,8	2,29	0,38	0,2	0,18

90/91	0,39	0,27	5,36	6,5	3,86	9,19	12,15	8,48	4,38	1,6	0,39	0,38
91/92	0,75	2,04	0,4	0,64	1,83	1,04	1,15	15,64	3,7	1,41	0,78	0,08
92/93	0,09	0,08	0,12	5,44	10,55	4,11	8,52	2,85	2,47	0,58	0,52	0,15
93/94	0,13	0,22	0,2	1,74	3,41	12,37	1,94	1,89	1,16	0,6	0,25	0,17
94/95	0,85	0,39	0,19	1,34	20,4	3,12	13,67	3,03	0,89	0,51	0,06	0,04
95/96	0,14	0,73	0,42	0,73	0,97	10,62	5,81	2,67	2,93	1,93	0,28	0,43
96/97	0,2	0,37	0,27	1	1,59	0,65	0,31	0,19	0,17	0,12	0,01	0,17
97/98	0,75	0,28	3,23	5,09	1,93	3,55	3,16	2,06	4,03	0,69	0,11	0,11
98/99	2,23	0,45	4,22	6,31	4,81	10,19	2,41	0,82	0,38	0,21	0,09	0,05
99/2000	0,43	0,43	0,35	2,16	1,94	0,94	0,84	0,54	0,47	0,08	0,4	0,04
2000/2001	0,22	0,26	0,15	0,77	5,52	5,77	1,43	0,92	0,84	0,03	0,02	0,01
2001/2002	1,14	0,49	0,45	0,35	0,52	0,83	0,65	0,4	0,11	0,2	0,13	0,31
2002/2003	0,35	5	5,26	16,54	31,7	17,48	5,67	17,56	3,72	1,39	0,79	0,77
2003/2004	0,94	1,66	1,17	7,92	17,63	5,34	4,04	4,5	5,21	3,46	0,54	2,18
2004/2005	2,13	1,77	4,09	8,34	12,34	21,61	13,32	9,81	2,95	1,42	0,71	0,31
2005/2006	0,54	0,49	0,95	2,6	5,81	7,09	5,55	2,2	2,88	1,21	0,74	0,72
2006/2007	1,47	3,45	0,43	1,68	0,52	0,91	9,1	5,65	1,66	0,5	0,13	0,14
2007/2008	0,64	0,59	0,92	3,14	2,39	0,82	7,47	6,24	1	0,29	0,14	0,09
2008/2009	0,47	0,7	1,46	1,76	8,89	7,64	5,81	5,75	1,93	0,46	0,09	0,23
2009/2010	0,61	0,77	1,4	2,49	4,72	3,53	3,97	2,53	1,81	1,35	0,69	0,56
2010/2011	0,37	0,79	1,75	1,89	1,52	8,78	5,07	3,11	2,28	1,82	0,28	0,14

Annexe 09 : les valeurs des débits dans la station de Grarem (1973/1974 à 2010/2011)

Années	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
73/74	5,84	2,31	3,49	4,20	4,15	5,32	4,36	5,94	3,14	1,52	1,15	1,01
74/75	1,49	2,12	2,57	2,93	2,66	5,57	3,87	2,42	2,42	1,30	0,70	0,82
75/76	2,23	1,40	2,17	2,50	2,83	8,67	14,92	5,39	6,66	3,18	3,43	1,48
76/77	1,89	3,00	9,93	8,59	7,95	4,88	2,56	2,60	4,19	1,94	1,15	1,12
77/78	1,11	1,22	1,95	1,98	3,78	11,23	3,91	7,60	3,24	1,61	0,88	1,52
78/79	0,60	1,39	1,85	2,98	3,22	5,53	6,13	30,53	4,27	2,73	1,47	1,11
79/80	7,44	2,68	2,90	2,91	4,25	3,42	7,99	3,79	3,07	1,68	0,81	0,59
80/81	1,53	1,77	1,99	11,35	12,36	10,61	6,36	5,30	2,36	1,23	1,13	1,06
81/82	2,60	1,88	1,87	2,40	7,64	5,65	25,99	14,84	3,72	4,96	2,58	2,40
82/83	2,59	2,47	4,03	16,78	11,91	6,72	8,20	3,26	2,23	3,22	1,12	0,80
83/84	0,96	1,46	2,13	1,71	13,46	59,06	12,94	5,77	3,28	2,05	1,12	0,96
84/85	1,19	4,59	3,40	62,53	68,94	14,24	69,78	11,80	8,10	3,95	3,01	2,28
85/86	3,30	3,76	3,66	3,94	6,77	5,85	8,83	4,18	3,09	2,04	1,23	0,97
86/87	2,26	4,94	4,23	10,80	11,72	45,59	10,85	15,65	4,51	2,88	2,32	1,55
87/88	1,52	2,53	3,24	3,21	3,80	3,98	6,64	2,12	1,66	1,28	0,78	0,56
88/89	0,91	1,53	1,32	11,99	5,47	8,60	4,68	3,79	2,04	1,29	0,70	0,69
89/90	1,50	2,14	1,83	1,75	4,63	2,16	1,53	1,55	1,89	0,56	0,42	1,14

90/91	0,60	0,55	4,43	6,54	4,41	8,82	11,17	9,79	3,36	3,06	0,95	0,66
91/92	1,05	2,90	2,14	2,26	2,90	3,66	4,20	15,99	8,12	2,50	1,38	1,15
92/93	1,27	1,70	4,15	16,09	41,39	9,03	9,26	4,60	4,12	2,01	1,18	1,03
93/94	1,24	1,59	2,08	7,03	6,87	20,08	4,88	4,09	1,83	0,73	0,23	0,32
94/95	0,64	6,83	1,90	2,58	35,93	5,97	15,05	4,12	2,09	1,77	0,56	0,60
95/96	6,16	2,53	2,29	2,41	3,46	30,94	15,98	5,50	6,02	4,14	1,46	1,30
96/97	1,57	1,79	1,98	2,89	4,26	2,79	2,65	1,94	1,07	0,63	0,38	0,53
97/98	3,14	1,76	3,89	8,79	5,21	9,48	4,80	4,35	4,25	0,98	0,60	0,44
98/99	2,85	1,81	14,82	8,90	13,70	36,75	8,19	4,54	2,25	1,05	0,42	0,38
99/00	6,66	1,83	2,28	8,25	4,60	3,36	2,69	1,73	2,20	2,28	0,43	0,35
00/01	0,39	1,31	1,48	1,95	9,76	17,59	2,48	2,03	1,80	0,31	0,18	0,15
01/02	4,49	3,42	3,35	3,19	3,47	3,98	3,68	3,27	2,80	2,94	2,83	3,12
02/03	3,19	10,82	11,25	29,77	54,65	31,31	11,92	31,44	8,72	4,90	3,91	3,88
03/04	4,16	5,34	4,54	15,62	31,56	11,38	9,25	10,00	11,17	8,29	3,50	6,19
04/05	6,11	5,52	9,33	16,31	22,87	38,09	24,48	18,72	7,46	4,95	3,78	3,12
05/06	3,50	3,42	4,17	6,88	12,15	14,25	11,73	6,23	7,34	4,60	3,83	3,80
06/07	5,03	8,28	3,32	5,37	3,47	4,11	17,55	11,89	5,34	3,44	2,83	2,84
07/08	3,67	3,58	4,13	7,77	6,54	3,96	14,88	12,86	4,26	3,09	2,84	2,76
08/09	3,39	3,76	5,01	5,50	17,21	15,16	12,15	12,05	5,78	3,37	2,76	2,99
09/10	3,62	3,88	4,91	6,70	10,36	8,41	9,13	6,77	5,59	4,83	3,75	3,53
10/11	3,22	3,91	5,49	5,72	5,11	17,03	10,94	7,72	6,36	5,60	3,07	2,84

**Annexe 10 : les valeurs de Cp et Ch (à gauche) et des pluies (à droite)
pour la station de Grarem (a) et pour la station de Tassadane (b)
(1973/1974 à 2002/2003)**

Années	a		b	
	Ch	Cp	Ch	Cp
73/74	0,58	0,57	1,20	0,99
74/75	0,40	0,85	0,55	0,91
75/76	0,75	1,26	1,45	1,34
76/77	0,68	1,01	0,85	0,98
77/78	0,55	0,93	1,02	0,71
78/79	0,85	0,99	0,82	0,92
79/80	0,57	0,88	0,56	0,91
80/81	0,78	1,05	0,81	1,00
81/82	1,05	1,06	1,70	1,28
82/83	0,87	0,93	0,83	0,82
83/84	1,43	1,07	1,71	1,08
84/85	3,47	1,76	3,14	1,68
85/86	0,65	0,91	0,64	0,89
86/87	1,60	1,42	1,97	1,39
87/88	0,43	0,72	0,36	0,71
88/89	0,59	1,15	0,94	1,13
89/90	0,29	0,70	0,23	0,69
90/91	0,74	1,30	1,43	1,28
91/92	0,66	1,23	0,79	1,21
92/93	1,31	1,04	0,96	1,02
93/94	0,70	0,78	0,65	0,77
94/95	1,07	1,07	1,20	1,05
95/96	1,12	1,06	0,75	1,04
96/97	0,31	0,49	0,14	0,49
97/98	0,65	1,00	0,67	0,98
98/99	1,31	1,13	0,87	1,11
99/2000	0,50	0,65	0,23	0,64
2000/2001	0,54	0,71	0,43	0,70
2001/2002	0,55	0,66	0,15	0,65
2002/2003	2,81	1,64	2,86	1,62

Années	a	b
73/74	232,96	530,10
74/75	347,56	486,60
75/76	512,37	716,50
76/77	412,85	525,10
77/78	378,59	376,80
78/79	406,02	493,10
79/80	358,50	485,00
80/81	427,93	534,00
81/82	430,85	684,30
82/83	380,65	435,70
83/84	435,40	577,80
84/85	716,42	895,40
85/86	370,78	477,20
86/87	577,54	743,30
87/88	293,40	377,60
88/89	468,38	602,80
89/90	286,64	368,90
90/91	531,47	684,00
91/92	503,34	647,80
92/93	422,84	544,20
93/94	317,64	408,80
94/95	436,91	562,30
95/96	430,92	554,60
96/97	201,63	259,50
97/98	406,60	523,30
98/99	460,84	593,10
99/2000	266,20	342,60
2000/2001	289,28	372,30
2001/2002	268,61	345,70
2002/2003	670,24	862,60