



Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département: Sciences agronomiques

Spécialité: Hydraulique Agricole

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

**Analyse des extrêmes hydrologiques dans le bassin
Hydrographique côtier Algérois**

Présenté par :

- M^{elle} liferki Naima
- M^{elle} Boutaiba Asma

Soutenu le: 01/06/2016 à 11:30h

Devant le jury composé de :

Président : Dr. Merouche. AEK

MCB

UDB Khemis-Miliana

Promoteur: M^{elle} karahaçane .H

MAA

UDB Khemis-Miliana

Examineurs :

1- Mr Sadek Ben abbes. AEK

MAA

UDB Khemis-Miliana

2- Mr Imessauden. Y

MAB

UDB Khemis-Miliana

Année universitaire :2015 - 2016



Dédicace

Après de longue année ce modeste manuscrit voit enfin le jour. Je le dédie à deux personnes qui m'ont très chers ; ma mère et mon père. De reconnaissances et d'Amour à :

Ames très chères frères : Mohamed, Azzedine, Fayaz.

A mes très chères sœurs : Hizia, Rihab.

A mon fiancé : Yousef.

A toute la famille : Liferki et Taibouni

A mes très chères amis : yamena, Saliha, fatiha, hamida.

A mon binôme : Asma

A tous les amis qui de près ou de loin ont rendu plus facile la réalisation de ce travail. En fin, je remercie mon ami Saliha qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Naima



dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ceux qui m'ont tant aide et soutenu durant toute ma vie a fin que je grandisse et je réussisse mes études.

A ma mère et mon père qui m'ont toujours encourages de poursuivre mes études malgré les difficultés que j'ai rencontrées, que dieu les gardes en bonne sante.

A mes très chères frères : Ahmed, Azzedine, Amine, Younes, Ayoub.

A ma très chères sœurs : bouthaina.

A mes très chères amis : Yamena, Saliha, Fatma, Fatiha, Hayat, Lamia, Houria, Rachida.

A mon binôme : Naima

A tous les amis qui de prés ou de loin ont rendu plus facile la réalisation de travail. En fin, je remercie mon amis Saliha qui contribue à la réalisation de ce modeste travail.

Asma

Remerciements

Avant tou, nous remercions Dieu ALLAH le tout puissant qui nous a donné la volonté et la sagesse pour achever ce travail.

Nous tenons particulièrement à remercier M^{elle} KARAFÇANE Hafsa, notre promotrice, qui nous a consacré son temps et ses moyens personnels pour l'achèvement de ce travail, nous tiendrons à la remercier vivement pour sa disponibilité constante, son esprit critique et ses encouragements le long de notre travail.

Nous prions de trouver ici de l'expression de notre sincère reconnaissance de notre profonde gratitude et le témoignage de notre respectueux attachement

A monsieur Marouche abdelkader, pour l'honneur qui nous fait de presider le jury .

A monsieur Sadek Ben Abbes Abbelkader, et monsieur Imessaouden Yacine, pour avoir accepter d'examiner notre travail.

Nous remercions l'ensemble des enseignants de département d'agronomie et de biologie qui ont veillé à notre formation durant toute cette période pour leur aide et leur disponibilité.

Nous avons l'agréable tâche de témoigner notre grande reconnaissance aux différents services techniques auprès desquels Nous avons bénéficiés d'un aimable appui, notamment ceux qui nous ont facilité l'accès aux données de mesures et à la documentation, en particulier :

- l'antenne de l'A.N.R.H. de BLIDA et d'ALGER.

En dernier, on veut remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail ainsi nos amis, par leur soutien, conseils, et leurs contributions.



ملخص:

العمل الحالي هو دراسة الظواهر الهيدرولوجية في متجمعات المياه واد الحراش وسيباوا تعتبر من أهم الأنهار في الخط الفاصل في منطقة الجزائر، واحدة من أهم الأدوات الأساسية للتحليل من وقوع الأحداث المتطرفة، هو تحليل التردد ، هذا الأسلوب الإحصائي لدينا هدفا رئيسيا لاستخدام الماضي وتدابير الأحداث لتقدير احتمالات المستقبل حدوثها، ويتم تحليل التردد على وجه الخصوص إلى تقديم حجم الحدث الزمني لفترة العودة من 2 سنوات ، 5 سنوات، 10 سنوات، 20 سنة، 50 سنة ، 100 سنة.

لتحقيق هذا الهدف استخدمنا بعض الأساليب الإحصائية لتفسير التباين المكاني والزمني لكمية تدفق هذين الحوضين، والتي توسعت على أربع محطات 13-19 عام فترات زمنية بس

وأظهرت النتائج أن معدلات التدفق خلال 100 عاما، وقدر أكبر من الوقت عائد يزيد من ارتفاع معدل التدفق

Sommaire

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

Chapitre I : Aperçu bibliographique

I.1.Introduction.....	03
I.2.Extrême hydrologique.....	03
I.3.Prévisions en temps réel des phénomènes extrême.....	04
I.4.Construction de manière simplifiée des courbes débits - dure – fréquence.....	04
I.4.Construction de manière simplifiée des courbes débits - dure – fréquence	04
I.5.Courbes QdF (débit-durée-fréquence).....	04
I.6.Extrême haut : crues et inondation.....	05
I.7.Extrêmes bas : sécheresse et étiage.....	09
I.8.Extrême en Algérie.....	14
I.9.Sècheresse en Algérie.....	16
I.10. Conclusion	17

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II.1.Introduction.....	18
II.2.Bassin versant d'El Harrach.....	18
II.3.Bassin versant d'oued sébaou	23
II.4.Conclusion.....	30

Chapitre III : Matérielle et Méthodes

III.1.Collecte des données.....	31
III.2. Contrainte d'étude	31
III.3.Ces SPI et SQI	32
III.4.Courbes Qdf	33
III.5. Présentation du logiciel Hyfran.....	35

Chapitre IV : résultat et discussions

IV.1. Introduction.....	46
IV.2.débit max a l'échelle mensuelle.....	46
IV.3.débit min a l'échelle mensuelle.....	50
IV.4.SPI a l'échelle annuelle.....	52
IV.5.Période de retour.....	56
IV.6.Courbe QDF.....	61

Conclusion Générale

Référence bibliographique

annexe

Liste des abréviations

ARNH : Agence Nationale des Ressources Hydraulique.

ONM : Office Nationale de Métrologie.

I et Q : respectivement des débits aux points amont et aval du bief en m^3/s .

S : le volume stocké.

T : le temps.

C1. $h^{1/z}$: Prise de font.

C2. $h_1^{3/2}$: Déversoir de crues.

Q : débite de crues m^3/S .

P : hauteur moyenne interannuelle en m.

S : la surface du bassin versant en Km^2 .

tb : temps de base (heure).

Kr : coefficient de ruissellement.

(Pi) : la moyenne.

(Pm) : moyenne annuelle de précipitation.

IP : Indice pluviosité.

X(i) : la période précédent (--).

Z(i) : indice de l'anomalie en humidité (--).

SP : couverture neigeuse équivalente en eau (mm).

Pcp : précipitation on (mm).

Rs : réservoir (mm).

PN : probabilité de ne pas excéder (%).

SpI : Indice de précipitation standardisé

PIR : réflectance de la région spectrale du proche infrarouge (%).

T : température de surface de la période étudié (k).

D : Les pertes annuelles moyennes d'eau.

QSI : Indice de débit standardisé

Q : débits de mois

Qm : débits moyenne

σ : Déviation standard ou écart type

QSI : Indice de débit standardisé

α : paramètre de position, borne inférieure;

m: paramètre de dispersion, d'échelle ou GRADEX.

μ : moyenne du log (x-x₀) et **σ** : écart type des log (x-x₀)

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Probabilité d'occurrence des crues en fonction de la période d'observation considérée.....	05
Tableau n°02 : Indices de sécheresse.....	09
Tableau n°03 : Principe indicateurs d'étiage.....	12
Tableau n°04 : les crues en Algérie.....	13
Tableau n°05 : Les inondations catastrophiques en Algérie	14
Tableau n° 06 : les années de sécheresse et caractéristique.....	15
Tableau n°7 : Variation des pluies journalières maximales et pluies mensuelles moyennes interannuelles Période de 31 ans (1980 – 2011).....	21
Tableau n°8 : précipitations mensuelles et nombre de jours de pluie à Alger (année 2009-2010).....	22
Tableau n°9 : température mensuelles moyennes (c°) à Alger (année 2009-2010).....	23
Tableau n°10 : vitesse mensuelle moyennes du vent (m/s) d'Alger (Année 2009).....	23
Tableau n° 11 : Le tableau suivant résume les caractéristiques des crues observées événement dans les bassins des Côtiers Algérois, de el Harrach	27
Tableau n°12 :Les caractéristiques des crues observées sur l'oued el Harrach 26-27.....	27
Tableau n°13 :Moyenne mensuelles des vitesses des vents.....	27
Tableau n°14 : Répartition mensuelle des températures moyennes période (1990- 2012)...	29
Tableau n°15 :Humidité relative moyenne mensuelle à la station de Tizi Ouzo(1990/2012).....	29
Tableau n°16 : Les paramètres morphologiques du bassin versant du Sébaou	29
Tableau n°17 : Répartition des superficies par sous bassin.....	29
Tableau n°18 :Corrélation précipitation/Débits évacués à la station Baghlia.....	30
Tableau n°19 :les débits max de bassin versant d'oued sébaou.....	30
Tableau n°20 : Caractéristiques des stations pluviométriques.....	31
Tableau n°21 : Période d'observation des débits pour chaque station étudiée.....	31
Tableau n°22 : Période d'observation de précipitation pour chaque station étudiée.....	32
Tableau n°23 : Classes des valeurs de SPI et SQI.....	33

Tableau n°24: Réparation des valeurs du SPI-déc.des stations étudiées.....	54
Tableau n°25: Réparation des valeurs du SPI-jan.des stations étudiées.....	54
Tableau n° 26 : Réparation des valeurs du SPI-AV.des stations étudiées.....	55
Tableau n° 27 : Comparaison des lois de la station Baraki.....	57
Tableau n° 29 : Comparaison des lois de la station Altairac.....	57
Tableau 30 : Comparaison des lois de la station de Baghlia.....	58
Tableau 31: Comparaison des lois de la station de Attatba.....	58
Tableau 32: Comparaison des lois de la station de Baghlia.....	58
Tableau 33: Comparaison des lois de la station de Altairac.....	59
Tableau 34: Comparaison des lois de la station de Baraki.....	59
Tableau 34: Comparaison des lois de la station deBaghlia.....	59

Liste des figures

Fig.01 : bassin versant de oued El Harrach.....	18
Fig.0 2 : bassin versant de sébaou.....	24
Fig.03 : de bassin versant d'oued sébaou.....	28
Fig.04 : classe de SQI mensuel pour la station d'Atairac.....	46
Fig.05 : classe de SQI mensuel pour la station d'Atatba.....	47
Fig.06 : classe de SQI mensuel pour la station Baghlia.....	47
Fig.07 : classe de SQI mensuel pour la station Baraki.....	48
Fig.08 : Courbes QDF de la station altairac	49
Fig.09 : Courbes QDF de la station attatba.....	50
Fig.10 : Courbes QDF de la station baghlia.....	51
Fig.11 : Courbes QDF de la station baraki.....	52

Introduction Générale

En Algérie, il est admis que des mesures sont nécessaires pour améliorer la capacité à s'adapter à la variabilité hydrologique et aux phénomènes extrêmes (inondations et sécheresses) observés aujourd'hui dans des circonstances dynamiques (notamment les pressions actuelles dues à la démographie, à l'économie, à l'utilisation des terres et au développement régional), de même que pour réduire les vulnérabilités significatives de la société, de l'économie et de l'environnement aux impacts futurs.

Le climat est une ressource naturelle qui affecte une bonne partie des activités humaines telles que la production agricole, la consommation d'énergie, l'utilisation de certaines ressources telle que l'eau.

Dans le domaine de l'eau, les inondations catastrophiques et les sécheresses prolongées sont les événements extrêmes qui ont eu dans le passé un impact fort sur la société. Ils restent une préoccupation majeure pour le futur, en particulier en raison des effets attendus du changement climatique.

Cette étude montre comment l'on peut étendre une période d'observations de débits eau à une période plus petit correspondant à des observations de pluie. Les débits des cours d'eau présentent d'importantes fluctuations saisonnières, dont les conséquences sur l'environnement sont multiples.

Le but de choisir le bassin côtier Algérois comme étant notre région d'étude est justifié par son emplacement géographique et géologique importante et contient des vallées importantes ont un impact significatif sur les inondations. Voilà pourquoi nous avons parlé à l'Oued El Harrach et oued Sébaou comme un exemple pour notre étude en raison des inondations qui ont passé les années précédentes. Nous avons identifié l'important pour les deux bassins versant, qui sont représentés par deux stations hydrométriques et deux stations pluviométriques pour chaque bassin étudié. La chronologie des données de débits s'étale sur des périodes différentes entre 19 et 30 années.

Dans ce contexte nous avons adopté la méthodologie de travail suivante :

- Nous avons utilisé les indices SQI et SPI pour en savoir l'ampleur de la sécheresse hydrologique au niveau de chaque bassin ;
- Nous avons identifié le sens de l'extrême hydrologique et ses divers types : inondation, sècheresse, crues et l'étiage ; d'après la caractérisation des débits maximaux et débits minimaux ainsi leur fréquence de retour ;

➤ Une élaboration des courbes Qdf fait l'objet pour étudier l'occurrence des débits extrêmes pour des périodes de retour de 2, 5,10, 20, 50 et 100 ans.

Ce mémoire comporte quatre chapitres à savoir :

- ✓ Une synthèse bibliographique présente l'importance des phénomènes hydrologiques extrêmes ainsi les méthodes de leurs caractérisations et calcul ;
- ✓ Le deuxième chapitre sert pour donner une présentation des caractéristiques des bassins versants d'oued el Harrach est Sébaou et leur situation géographique.
- ✓ Le troisième chapitre : matériel et les méthodes dans le quel nous avons montré la méthodologie appliquée dans le calcul des débits max et débits min pour chaque station choisie.
- ✓ Le dernier chapitre montre l'ensemble des résultats obtenus ainsi leurs interprétations.
- ✓ En finalisant par une conclusion générale.

Alors quel est le but de cette analyse d'extrême hydrologique ?

Quel est son impact sur l'agriculture ?

Introduction Générale

Chapitre I :
Synthèse
bibliographique

Chapitre II :

Présentation de la région d'étude

Chapitre III :

Matériel et méthodes

Chapitre IV :

Résultat et discussion

Référence bibliographique

Annex

I.1.Introduction

Algérie est l'un des pays confrontés aux phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social, ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus destructives et même les plus fréquentes et provoquent d'importants dégâts humains et matériels.

Plusieurs régions du pays sont régulièrement menacées par ces catastrophes naturelles dont les effets sont souvent intensifiés par d'autres facteurs qui aggravent les effets des crues, ces événements dramatiques engendrant souvent des bilans lourds de dégâts humains et matériels ne sont pas toujours liées à des situations météorologiques exceptionnelles et surviennent dans beaucoup de régions suite à des épisodes pluvieux saisonniers et n'ayant rien d'exceptionnel (Lahlah, 2004).

Quelle méthode sont mises en œuvre pour prévoir ce risque naturel ? Et quels sont les impacts qui doivent être examinés ?

I.2.Extrême hydrologique

L'événement climatique extrême ou phénomène climatique extrême représente les queues de distribution (Abdelnour *et al.*, 2005), leurs études recourent très souvent aux indicateurs des extrêmes ou indices (Barké, 2015).

Les phénomènes extrêmes sont par essence rares, et demandent des techniques statistiques (Gif et Yvette, 2011) il est considéré comme un événement extrême dont la probabilité est inférieure à 10%. Il y a une notion de période de retour qui vient alors s'insérer. notons que la notion d'évènements extrême dépend du temps, il peut y avoir moins d'évènements extrêmes dans 100 ans puisque les pluies diluviennes ou canicules peuvent survenir à une probabilité supérieure à 10%, un événement extrême dans 100ans pourrait être une journée avec une température (Lorena *et al.*, 2008).

Les fréquences des crues et des sécheresses sont très incertaines. Les deux continueront à se produire, avec ou sans un changement climatique. Les connaissances actuelles des effets des changements climatiques sur la fréquence des sécheresses et des crues sont, en effet, trop limitées pour permettre une analyse quantitative valable; ce qui semble le plus probable est que la fréquence des sécheresses s'intensifiera, en particulier dans les zones arides comme (Issaadi, 2011).

I.3. Prévisions en temps réel des phénomènes extrêmes

Le lieu et la spécification des équipements pour le système de prévision et d'alerte des crues seront mis à disposition. Ce système doit être installé à la partie en amont des zones inondable pour transmettre les informations et donner du temps pour l'évacuation des lieux.

Les équipements standard du système seront déterminés de manière à rendre possible la gestion de l'intégration du réseau à l'échelle wilaya. Cela permettra de standardiser le système de prévision et d'alerte des crues sur tout le territoire algérien (Stucky et Enhyd, 2013).

Les prévisions météorologiques déterminées pour l'Algérie pour une échéance et les changements climatiques observés et prédits, je tiens à porter à votre connaissance les prévisions météorologiques (Kacem, 2014).

S'intéresser au temps moyen entre deux extrêmes (vagues de chaleur, précipitations intenses...) pour se prémunir de leurs effets:

– Dimensionnements de ponts contre des crues centenaires, de digues contre les grandes marées, d'éoliennes face au vent.

I.4. Construction de manière simplifiée des courbes débits - durée – fréquence

Le modèle QdF est basé sur des paramètres régionaux et deux paramètres locaux caractéristiques du bassin versant (BV) étudié : le débit instantané maximal annuel décennal (QIXA10) et la durée caractéristique de crue « D » (CEMAGREF, 1980).

I.5. Courbes QdF (débit-durée-fréquence)

Nous venons de voir qu'à partir de chroniques d'observations, de procédures d'extraction et du choix de débits caractéristiques de périodes continues d'écoulement, d'ajustement théorique, d'extrapolation de ces ajustement, etc., peuvent être obtenus des quantiles de débits de crues caractéristiques relatifs à différentes durées continues (d) et des périodes de retour (T).

On entend souvent dire que la crue de période de retour T revient *en moyenne* toutes les T années. Ceci est vrai au sens statistique, si la stationnarité est parfaite, mais, bien évidemment, les crues ne se produisent pas à intervalles réguliers. En fait, le processus d'arrivée des crues est Poissonnier, autrement dit, l'intervalle de temps ΔT

séparant deux crues successives de période de retour T est une loi exponentielle: Prob [$\Delta T > t$] = $\exp. (-t/T)$ (G. Galéas, C. Prudhomme, 1997).

A partir de là, on peut calculer la probabilité d'occurrence d'observer au moins K crues de période de retour T en t années.

I.6.Extrême haut : crues et inondation

I.6.1.Crues

La crue est un phénomène naturel et saisonnier qui correspond à une élévation du niveau des eaux. Elle ne provoque pas de perturbations majeures lorsque son ampleur est modérée.

Mais une crue est susceptible de présenter des risques lorsque le débit et le volume d'eau sont tels qu'il y a débordement par rapport au lieu d'écoulement habituel (le lit mineur) : on parle alors d'inondation. L'eau se répand dans les zones d'expansion des crues, qui correspondent au lit majeur du cours d'eau, souvent largement urbanisées. Il est donc très important de bien différencier les notions de crue et d'inondation (Laroussi, 2008).

I.6.1.1.Types des crues

Les crues d'été (crues éclair, crues "cévenoles") : elles sont le fait de précipitations très intenses sur un bassin au relief assez fort sur lequel un effet « entonnoir » concentre vers la rivière la quasi-totalité de l'eau tombée, dans un laps de temps très court, qui n'a pu ni s'infiltrer, ni s'évaporer. Ces crues sont à déclenchement rapide (quelques heures après la pluie), ne durent que quelques jours et se traduisent par des écoulements torrentiels.

Les crues de redoux : elles surviennent à la suite d'un épisode froid au cours duquel le sol a gelé, avec ou sans neige. Au redoux (influence atlantique, vents d'ouest et pluies intenses), l'atmosphère froide et humide ne permet aucune évaporation, la neige fond. Par son inertie thermique, le sol reste gelé plusieurs jours ou semaines : il est alors totalement imperméable. Le ruissellement est maximum. La durée de ces crues est de l'ordre d'une à deux semaines.

Les crues de nappes : plusieurs facteurs favorisent ces crues : nappes hautes en fin d'étiage à la suite d'au moins deux années humides, pluies d'hiver abondantes, éventuellement un épisode de pluies très intenses, milieu géologique très poreux possédant une capacité de stockage considérable (craie), relief de plateau avec une nappe plus haute que la plaine alluviale de l'Oise en 1995 et de la somme en 2001 (Mélania et Christophe, 2005).

I.6.1.2. débits des crues

La crue d'un cours d'eau est une augmentation du débit liquide dans son lit, qui provoque une montée significative du niveau et éventuellement, suivant l'importance de la crue et la géométrie du lit, des débordements. Cet afflux d'eau peut se produire plus ou moins brutalement, affecter toute ou partie du réseau hydrographique et se propage selon divers modalités de l'amont vers l'aval, la crue apparaît comme une augmentation brusque de la valeur du débit (Aissat, 2006).

I.6.1.3.Méthode d'étude débite des crues

$$I dt - Q dt = dS \dots \dots \dots (1)$$

I et Q : respectivement des débits aux points amont et aval du bief en m³/s

S : le volume stocké.

T : le temps

Le passage d'une crue à travers un réservoir présente quelques différences avec celui d'une crue dans un chenal. L'équation de la conservation de la masse et la relation entre la hauteur et le débit sortant sont les suivantes.

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \dots \dots \dots (2)$$

I : le débit entrant net (débit entrant moins les pertes et les prélèvements).

Q : sont respectivement des débits aux points amont et aval du bief en m³/s ; le volume stocké dans le réservoir en m³

T : le temps en s

$$Q = C_1 \cdot h^{1/2} + C_2 \cdot h_1^{3/2} \dots \dots \dots (3)$$

C₁.h^{1/2} : Prise de font

C₂. h₁^{3/2} : Déversoir de crues

C₁ et C₂ : sont des coefficients qui dépendent des conditions locales (Shofm, 1994).

I.6.1.4. Période de retour

L'intervalle de temps moyen entre deux crues maxima annuelles de probabilité de non-dépassement p est théoriquement égal à T = 1/ (1-p) années. C'est un tirage dans une loi binomiale de paramètre p. Il y a en espérance 1/ (1-p) tirages entre deux crues de probabilité de non-dépassement p. Ceci a conduit à appeler «période de retour» cette durée de T années. Pour un débit Q quelconque, elle se définit donc ainsi (Frederic et al., 2010).

$$T = \frac{1}{1-F(Q)} \dots \dots \dots (4)$$

Tableau n°01 : Probabilité d’occurrence des crues en fonction de la période d’observation considérée

Période de retour	1 an	30 ans	100 ans
Décennale	10% 1 chance sur 10	96% très probable	99.997% Quasi certaine
Centennale	1% 1 chance sur 100	26% 1 chance sur 4	63% 2 chances sur 3
Millénaire	0.1% 1 chance sur 1000	3% chance sur 33	10% 1 chance sur 10

(Source : Freddy, 2010)

I.6.1.5.Méthodes d’étude de crues

a)formule empirique régionale

Il existe de nombreuses formules d’estimation des débits des crues, d’une façon générale, les formules empiriques peuvent être classées selon les paramètres intervenants, entre autre celles dans lesquelles le débit est fonction de la surface du bassin versant S, et la période de retour T (Benchaïba, 2010).

$$Qt = \gamma t . s . k . \ln (1 + AP) . (s/l^2) \dots \dots \dots (5)$$

$$\gamma t = 2S^{-0.25} \sqrt{1 + 4 \ln T - \ln S} \dots \dots \dots (6)$$

Q : débit de crues m³/S.

P : hauteur moyenne interannuelle en m.

S : la surface du bassin versant en Km².

T : en années.

A et K : « A=20 et k=1 » sont coefficients géographiques.

b) La méthode de l’hydro gramme unitaire

Le passage d’une averse quelconque I(t) sur le bassin versant au débit à l’exutoire Q(t) est obtenu par une intégrale de convolution de l’averse I(t) par l’hydrogramme unitaire U(t) sur la période tb appelée temps de base

$$V = \int_0^{tb} Q(t) d(t) = \int_0^{tb} I(\tau) u(t - \tau) d(t - \tau) \dots \dots \dots (7)$$

Autrement dit la lame d’eau tombée sur la totalité du bassin pendant un temps τ sera évacuée par l’exutoire pendant un temps tb (caractéristique du bassin) et une

distribution des valeurs de débit proportionnelles à ceux de l'hydro gramme unitaire $u(t)$ du bassin.

Dans la réalité la pluie tombée ne ruisselle pas en totalité, une fraction est retenue par interception et l'évapotranspiration et une autre par infiltration vers le sous-sol $J(t)$. La fraction qui contribue réellement à l'écoulement $K_r(t-\tau)$. $I(\tau)$ est fonction de l'état initiale du sol (couvert végétal, humidité du sol, son aptitude à l'infiltration et l'évapotranspiration) Ainsi que l'importance de l'averse (AISSAT, 2006).

$$V = \int_0^{t_b} Q(t).dt = S. \int_0^{t_b} I(t).U(t-\tau)K_r(t-\tau)d(t-\tau).....(8)$$

$Q(t)$: débit en m^3/s

S : superficie du bassin versant (km^2)

t_b : temps de base (heure)

K_r : coefficient de ruissellement

I.6.2. Inondation

Une inondation est un débordement d'un cours d'eau, le plus souvent en crue, que submergent les terrains voisins. C'est-à-dire une augmentation du débit du cours d'eau lorsque ce débit ne peut plus transiter dans le seul lit mineur, lieu des écoulements ordinaires.

Ce terme est souvent étendu aux débordements d'ouvrages artificiels tels que retenues ou réseaux d'assainissement, parfois associé à une remontée de la nappe phréatique (Tamboura, 2011).

I.6.2.1. Cause des inondations

Elles peuvent avoir de nombreuses causes cumulables :

- Causes naturelle : liée aux aléas climatiques et phénomènes météorologique attendus (la mousson en inde par exemple) ou à un événement naturel (glissement de terrain) qui empêchent l'écoulement habituel de l'eau ;
- Causes anthropiques directes ; le drainage, l'irrigation, l'imperméabilisation et la dégradation des sols, certaines pratiques agricoles intensives peuvent accélérer le ruissellement de l'eau et en limiter l'infiltration.
- Causes humaines directes : établissements d'écluses, de barrages permettant certes la navigation et le transport fluvial, mais diminuant la pente naturelle du cours d'eau, absence de gestion et coordination des barrages à l'approche de crues, et

pour la même raison avec les mêmes effets, retenue importante du dernier bief avant évacuation vers les mers.

- Causes humaines indirectes liée aux modifications climatiques globales (émissions de gaz à effet de serre qui entraîne la fonte des glaciers et qui provoque une montée du niveau de océans, des cours d'eau, ou encore cela pourrait entraîner des cyclones plus intenses (Frederic *et al.*, 2010).

I.6.2.2. Typologie d'inondation

- Inondations de plaine : Précipitations sur des sols où le ruissellement est long à se déclencher ;
- Inondations par remontée de nappe (lorsque le sol est saturé)
- *Formation rapide de crues torrentielles* : Précipitations intenses tombant sur tout un bassin versant.
- Les crues rapides des bassins périurbains : L'imperméabilisation du sol (bâtiments, voiries, parkings...) limite l'infiltration des pluies et accentue le ruissellement

(Natech, 2011).

I.6.2.3. Risque inondation

Le risque d'inondation est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement et l'homme qui s'installe dans l'espace alluvial pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités (2004).

I.7. Extrêmes bas : sécheresse et étiage

I.7.1. Sécheresses

La sécheresse est un minimum hydrologique extrême résultant de perturbations du cycle hydrologique d'une durée suffisamment longue pour qu'il en résulte un important déficit en eau; les ressources en eau locales deviennent insuffisantes pour soutenir les activités établies ou normales dans la région. Les sécheresses ne sont que grossièrement qualifiées de météorologiques, d'hydrologiques ou d'agricoles. Les météorologistes préoccupent des sécheresses parce qu'elles constituent des périodes de précipitations inférieures aux normales. Pour l'hydrologiste, elles sont des périodes pendant lesquelles les volumes d'eau dans les cours d'eau, les réservoirs, les lacs, les citernes, les couches aquifères et le sol sont inférieurs aux moyennes. L'agronome perçoit la sécheresse comme

étant une pénurie prolongée d'humidité dans la partie du sol où se trouvent les racines des plantes (Shofm, 1994).

La sécheresse hydrologique est manifestée lorsque les niveaux d'eau inférieurs à la moyenne dans les lacs, les réservoirs, les fleuves, les cours d'eau et les eaux souterraines ont un impact sur les activités non agricoles comme le tourisme, les loisirs, la consommation d'eau en zones urbaines, la production d'énergie et la conservation des écosystèmes (Lahlah, 2004).

I.7.1.1.types de sécheresse

Il existe trois types de sécheresse

- La sécheresse météorologique quand il y a une période prolongée de précipitation en dessous de la moyenne.
- Sécheresse agricole quand il n'y a pas assez d'humidité pour les cultures .Cette condition peut avoir lieu même si la précipitation sont normale à cause des conditions du sol et des techniques agricoles, ou de choix de plantes inadaptées
- La sécheresse hydrologique quand les réserves d'eau disponibles dans les nappes aquifère, lacs et réservoir descendent en dessous de la moyenne ceci peut arriver même avec des précipitation normales ou au-dessus de la moyenne lorsque l'eau est détournée pour une autre zone géographique ou qu'elle a été sur exploitée ,ou quand qu'une consommation élevée d'eau dépasse les capacité de la nappe ou des réservoirs à se renouveler, ou quand les condition d'alimentation des nappe (perméabilité du sol ne sont plus réunies(Frederic, *et al.*, 2010).

Le tableau n 2 présente une synthèse des différents indices à calculer pour déterminer l'existence et l'ampleur de la sécheresse en se basant essentiellement sur la donnée de précipitation.

Tableau n°02:Indices de sécheresse

Indice	Formule	paramètre
Indice de l'écart à la moyenne	$E_m = P_i - P_m$	(P _i) : la moyenne (P _m) : moyenne annuelle de précipitation
Indice de pluviosité	$I_p = p_i/p_m$	(p _i) : la moyenne. (P _m) : moyenne annuelle de précipitation
l'écart proportionnel à la moyenne	$I_{pm} = I_p - 1$	IP : Indice pluviosité
Rapport à la normale des précipitations en pourcentage	$RN(\%) = (P_i/P_n) * 100$	P _i : précipitation annuelle (en mm). P _n : précipitation normale (en mm). I : la variation ponctuelle des précipitations (Khaldi, 2005).
L'indice de sécheresse de Palmer	$PDSI = X(i) = 0.897(i-1) + z(i)/3$	X(i) : la période précédent (--) Z(i) : indice de l'anomalie en humidité (--) i : mois de l'année
Indice des réserves en eau de surface	$SWSI = \frac{a \cdot PN_s P + (b \cdot PN_{pcp}) + c \cdot PN_{rs} - 50}{2a}$	à,b,c : sont les poids associés à chaque composant SP : couverture neigeuse équivalente en eau (mm) Pcp : précipitation on (mm) rs : réservoir (mm) PN : probabilité de ne pas excéder (%)
Indice de végétation ajusté pour les sols	$SAVI = \frac{PIR - Rouge + 1,5}{PIR + Rouge + 0,5}$	PIR : réflectance de la région spectrale du proche infrarouge (%)
Indice de condition thermique	$TCI = \frac{100(T_{max} - T)}{T_{max} - T_{min}}$	T : température de surface de la période étudié (k) Tmax : température de surface maximale Tmin : température de surface minimale (Japiot et al., 2003)

I.7.2.Étiage

L'étiage constitue une partie du processus des débits: il peut être statistiquement étudié comme le furent les débits de crue, à cette différence près que le débit minimum instantané est rarement la variable intéressante pour l'utilisateur comme l'était le débit maximum instantané pour l'étude des crues. Ce dernier s'intéresse nécessairement à des grandeurs couplées débits et durées : débits mensuels, nombre total de jours annuels sous un seuil en débit, nombre de jours consécutifs sous un seuil en débit, etc. Il n'y a donc plus une variable privilégiée à une dimension dont il faut estimer la probabilité d'occurrence oued dépassement comme nous l'avions vu pour les crues, mais une variable à deux dimensions débit-durée (Pierre *et al.*, 2012).

I.7.2.1.débits d'étiages

D'une manière analogue, mais de l'autre côté extrême, le débit d'étiage d'un cours d'eau est la diminution du débit jusqu'à des valeurs très basses, caractérisant ainsi le régime d'écoulement pendant la saison sèche ou l'alimentation est garantie seulement par la vidange des nappes souterraines suite à un manque de précipitations. La persistance de ce phénomène peut induire de lourdes pertes aux différents secteurs d'utilisation et de consommation (Aissat, 2006).

Méthode d'étude débite d'étiages :

$$D = P - Q \dots\dots(16)$$

D : Les pertes annuelles moyennes d'eau.

I.7.2.2. débite annuels minimums

L'étiage est l'aboutissement de l'évaluation de l'écoulement quand l'alimentation pluviale est indigente; l'analyse de leur évolution nous permet d'apprécier les réserves souterraines du bassin, qui alimentent l'oued. Les jaugeages en période d'étiage nécessitent une grande précision, et les résultats pouvant entacher d'erreurs, en raison des faibles vitesses du courant et des variations des lits des oueds. Le régime des oueds est souvent perturbé par les prélèvements pour l'irrigation, et les rejets des eaux usées contribuent aussi à accentuer le caractère approximatif des résultats de mesures (Benchaiba, 2010).

Tableau n°03 : Principe indicateurs d'étiage

	Indicateurs	Définitions
Durée fixée	-Débit classe (Q, D) - Débit minimum mensuel (Q, i) - Débit moyen mobile minima (Q, D)	-Débit dépasse D jours dans l'année. - Débit moyen du $i^{ième}$ mois - Débit minimum du $i^{ième}$ mois - Moyenne glissante des débits de D jours consécutifs la plus faible de l'année
Débit fixe		Durée totale dans l'année ou le débit est inférieur à Q fixe - Durée pendant laquelle le débit reste sans interruption inférieur à Q fixe - Durée totale dans le mois i ou le débit est inférieur à Q fixé

(Source : Pierre *et al.*, 2012)

I.8.Extrême en Algérie

L'Algérie présente une grande sensibilité au climat à cause de la grande variabilité des pluies saisonnières et annuelles. eu égard au caractère aride et semi-aride de son climat, l'Algérie ressentira davantage les effets des changements climatiques. Le dérèglement actuel du cycle " évaporation-pluie " conduit à envisager

L'occurrence probable d'événements extrêmes comme les sécheresses prolongées ou les inondations Catastrophiques, ce qui constitue une menace sévère sur les écosystèmes terrestres et par conséquent (Abdelguerfi, 2003).

Alger se caractérise par un climat méditerranéen tempéré. elle est connue par ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides, la neige est rare mais pas impossible. Les pluies sont abondantes et peuvent être diluviennes. Il fait généralement chaud surtout de la mi-juillet à la mi-août (Andi, 2013).

L'Algérie présente une grande sensibilité au climat à cause de la grande variabilité des pluies saisonnières et annuelles. eu égard au caractère aride et semi-aride de son climat, l'Algérie ressentira davantage les effets des changements climatiques. L'occurrence probable d'événements extrêmes comme les sécheresses prolongées ou les inondations

catastrophiques, ce qui constitue une menace sévère sur les écosystèmes terrestres et par conséquent sur la biodiversité. L'ensemble du pays, une occurrence plus grande de phénomènes extrêmes comme les inondations et les sécheresses. La persistance de la sécheresse provoque une dégradation accélérée de la steppe, une augmentation des fréquences des incendies de forêts, une aggravation et une extension de la désertification.

L'évolution des températures, en Algérie, met en évidence :

- une hausse de température sur l'ensemble du pays au cours des saisons d'hiver et d'automne.
- une hausse nette des températures minimale et maximale sur l'ensemble des stations de l'Algérie du Nord depuis la décennie 70 et se prolongeant jusqu'à nos jours,
- durant ces 20 dernières années, les températures maximales ont augmenté plus que les minimales; cette augmentation est de 2°C environ (Ramdane, 2003).

Flood a touché de nombreuses régions de l'Algérie et en particulier les zones côtières, et qui a conduit à l'apparition crues comme on le voit dans le tableau (4-5):

Tableau n°04 : les crues en Algérie.

Date	Lieu	Caractéristique
19/09/1997	l'oued Béni Bahdel - Tlemcen	La hauteur pluviométrique 47,3mm Précipitation annuel 327,4mm Maximum instantané 249 m ³ /s (khaldi, 2005)
27/09/1999	l'oued Béni Bahdel – Tlemcen	La hauteur pluviométrique 25,1mm Précipitation annuel 130,0mm Maximum instantané 240m ³ /s (khaldi, 2005)
10/11/2001	Bab el oued Algérie	estimée à 730m ³ /s, sur un bassin versant de 10km ² (Belagoune, 2012).

Tableau n°05 : Les inondations catastrophiques en Algérie

Date	Lieu	caractéristiques	Dégâts
28-31/03/1974	Tizi ouzou	Pluies exceptionnelle (381mm, au en 01joure).	-52 morts et 4570 maisons détruites. 130 villages isolés et plus de 18 000 sinistrés. -13 ponts détruits et des dizaines kilomètres de routes emportés. -Dégâts matériels des divers services techniques évalués à 27 Millions de DA (Lahlah , 2004).
01/09/1980	El Eulma	Pluies orageuses violente localisées sur un rayon de 15 Km	-44 morts, 50 blesses et 365 familles sinistrée (Lahlah, 2004).
03/02/1984	Constantine	120mm en 03 jours	-1140 familles sinistrées 200 ha de cultures détruites (Lahlah, 2004).
14/01/1999	Adrar	fortes chutes de pluies 74 mm à Adrar à l'ouest du Sahara.	-12 morts et plusieurs disparus. -174 habitations en tub détruites dans les localités de: Reggan, Tsabit, Timimoune et Adrar (Lahlah. S, 2004).
10/10/2001	Bab El Oued Alger.	due à des pluies locales de forte intensité. Petits bassin versent. Monté de l'eau très rapide, pratiquement concomitante du pic pluviométrique, renforcé en zone urbaine par la présence de surfaces imperméabilisée.	-dégâts locaux graves décès possibles prévision difficile, mort de plus d'un millier de personnes et de dizaines de disparus (Freddy, 2010).

I.9.Sècheresse en Algérie

L'Algérie et en particulier la région Nord-Ouest a connu plusieurs sécheresses durant le dernier siècle. La dernière a été Caractéristique par son intensité et son impact sensible sur la ressource en eau et le rendement des cultures (Meddi, 2009).

La sécheresse touche plus de personnes que n'importe quelle autre catastrophe naturelle et coûte très cher sur le plan économique, social et environnemental.

Généralement, la sécheresse est apparue sur la majorité des pays du bassin méditerranéen depuis le début des années 80.

Comme indiqué dans le tableau pour nous quelques années de sécheresse vécue par l'Algérie et les influences qui ont résulté de la sécheresse.

Tableau n°06 : les années de sécheresse et caractéristique.

Années	caractéristique
1884	Nord de l'Algérie portant sur 101 000ha (bensaid, 1998).
1852-910	5 400ha de forêts (bensaid, 1998).
1910-1940	touché l'ensemble de l'Algérie et plus particulièrement sa partie nord-occidentale des sécheresses analogues (Medejerab, 2011).
1939-1945	disparition de plus d'un million d'hectares de forêts (bensaid, 1998).
1945-1947	300 mortes faim 80000 habitants
1950	3 200 000 ha de forêts (bensaid, 1998).
1976	Effet les peuplements végétaux et système agricole (Itier et seguin, 2007).
1988-1989	Impact négatif sur le régime d'écoulement (bensaid, 1998).

Conclusion

Après notre étude des différents phénomènes extrême en Algérie à savoir dans les inondations et de la sécheresse ainsi les moyen et de la connaissance et les méthodes d'étude débit du crues et débit d'étiage, un événement pluvieux reste exceptionnel tant par la quantité de pluie enregistrée que par les dégâts humains et matériels occasionnés.

Les effets engendrés ont été accentués par le fait de la dégradation du couvert végétal, l'importance de l'urbanisation et l'accumulation sur les versants de remblais de terre qui ont constitué des coulées de boues et un réseau pluviale non dimensionné pour une crue centennale, nous a assuré qu'il ya un phénomène extrême en Algérie.

II.1.Introduction

Le bassin des Côtiers Algérois est un bassin très important d'Algérie malgré qu'il ne représente que 0,5% de la superficie globale de l'Algérie, il s'étend sur près de 500 km, de Bejaïa jusqu'à Mostaganem, sur la côte méditerranéenne pour une largeur moyenne de 24 km, d'où il tient sa grande diversité climatique, géomorphologique, géologique, pédologie, topographique...etc. Le bassin de l'Algérois couvre une superficie de 12.463 Km² soit 26,28 % de la superficie totale La population dans le bassin de l'Algérois est de 6.331.128habitants répartie sur quatre wilayas en totalité (Alger, Blida, Boumerdès et Tizi Ouzou) et cinq wilayas en partie (Béjaïa, Bouira, Médéa, Tipaza et Ain Defla).

En plus c'est un bassin drainé non par un seul cours d'eau principal, mais par plusieurs, on peut citer le grand Sébaou, El Harrach, le Mazafran, el Hachem, Damous.

Pour bien mener notre étude, la présentation du lieu de l'étude est très importante car elle nous renseigne sur le terrain du point de vue topographique, géologique, hydrogéologique.et du point de vue climatique sans oublier la démographie et développement urbain.

La région d'étude concerne le bassin versant de l'oued el Harrach et sébaou qui appartient au grand bassin versant côtier Algérois.

L'un des oueds principaux de la ville d'Alger, oued el Harrach travers la ville d'Alger, sont bassin versant s'étant sur une superficie de 1200 km² et la population du bassin 3 millions des personnes, oued el Harrach c'est un baromètre de l'environnement et l'état écologique de la ville d'Alger (Mezrag, 2013).

II.2.Bassin versant d'El Harrach

II.2.1.Présentation générale du bassin d'oued el Harrach

Oued el Harrach se situe dans le bassin des côtières qui couvre une superficie de 125 km² qui s'étend sur 51 km du nord vers le sud et 31 km de l'Est vers l'Oust. Ce dernier est réparti en trois sous bassin, dont le premier appartient à l'atlas Blidiéen avec une superficie de 600km², tant dis que le deuxième appartient à la Mitidja (environ 500km² de superficie), par contre le troisième appartient au sahel d'Alger (100 km²) (Meklati, 2009).

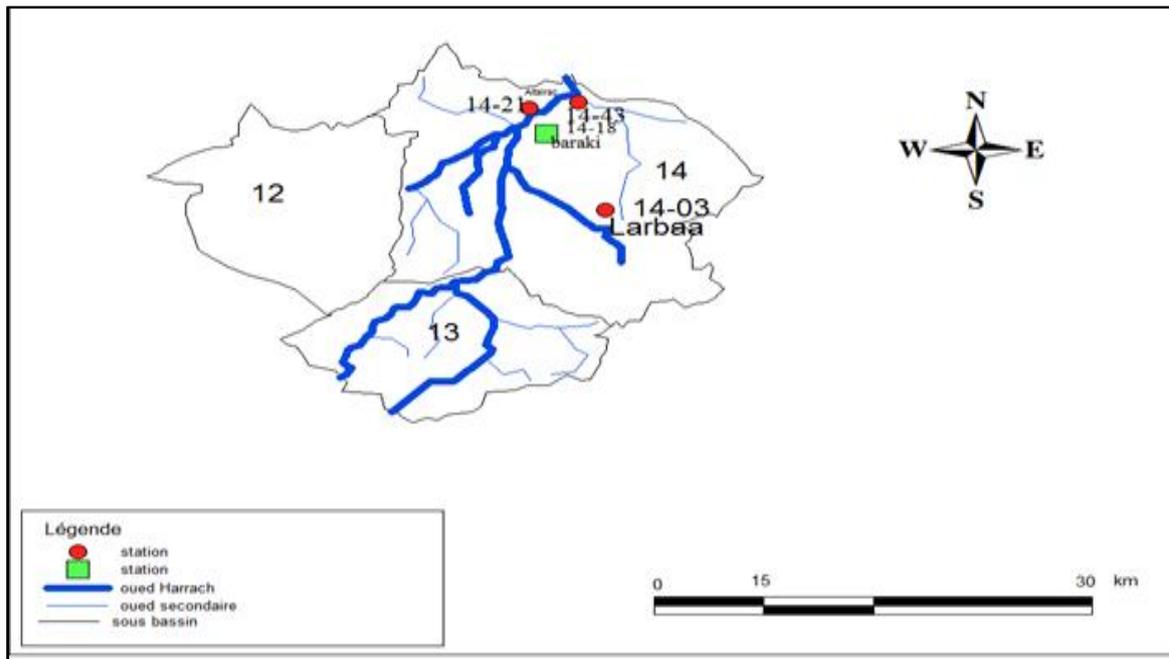


Figure 1 : bassin versant de oued El Harrach

II.2.2. Sous bassin d'oued El Harrach

Sous bassin d'oued El Harrach une superficie de 1260km² l'Oued El Harrach, qui représente l'un des principaux oueds qui sillonnent la Mitidja, prend sa source au Nord de l'Atlas Blidéen et se jette en mer Méditerranée après un parcours de 67 km environ. Il est formé par la confluence de deux principaux Oueds l'Oued Okacha et l'Oued Mekka au Sud- Ouest de Hammam Melouane. Ces oueds sont en grande partie en liaison hydraulique avec la nappe de la Mitidja puisque leur eau peut s'infiltrer ou inversement drainer la nappe (Boudehane, 2014).

II.2.3.Situation géographique

Oued El Harrach est une grande rivière puisque la superficie de son bassin hydrographique amont-aval atteint 1250 Km². Tandis que, avec une superficie d'environ 846 Km², le Bassin maritime occupe plus du tiers du territoire de la Wilaya d'Alger. Le sous-sol de la vallée inférieure d'Oued El Harrach renferme de riches nappes phréatiques à faible profondeur alimentées par les apports pluviométriques et infiltrations provenant de ses affluents. Son débit moyen est de 4 à 5 m³/s mais peut passer de zéro en période sèche à 3000m³/s en temps de crue. Il s'alimente des eaux de pluie, des apports de ses confluents, des eaux usées urbaines et industrielles, des ruissellements et de l'eau de mer refoulée (Aroua, 2009).

La partie externe de l'oued El Harrach en débouchant vers la mer, et ce dans la zone de Hussein-Dey a quelques 8 kilomètre à l'est d'Alger. Du point de vue géologique, la

région étudiée fait partie de la zone côtière constituée de quaternaire récent et d'alluvions. Elle est comprise dans le grand ensemble géologique de l'Algérie du Nord avec au centre la plaine de la Mitidja s'étalant d'ouest en est sur une longueur de 80 à 100 km et une largeur de 20 km (Mimouni *et al.*, 2006)

II.2.4. Topographie

Oued El-Harrach est situé dans le bassin côtier de l'Algérois qui couvre une superficie de 1236.28 km et qui s'étend sur 51 km du sud au nord et 31 km d'est en ouest, traverse la plaine de la Mitidja depuis Bougara et irrigue les zones agricoles tout autour, grâce notamment à ses affluents, les Oued Djemaa, Oued Bâba Ali et Oued El Terreau. Mais son principal affluent est Oued Smar qui traverse le long de la zone industrielle de la banlieue d'Alger (Bendada et Boulakradeche, 2011).

II.2.5. Pédologie

Le sol est argileux, très accidenté et hors des saisons d'hiver et printemps, plusieurs glissements de terrain se produisent, provoqués par la nature du sol et l'apport de fortes quantités d'eau, qui engorgent le sol, en les disséquant les versants quand la couverture végétale fait défaut, ceci est dû en général à l'érosion et incendies de forêts.

II.2.6. Géologie

L'oued el Harrach est situé dans la partie septentrionale de la chaîne tellienne, dans la plaine sub-côtière à l'aval de la région de la Mitidja. Il traverse pour l'essentiel des formations quaternaires et du pliocène, constitués essentiellement de sédiments, dépôts de sable et graviers, toutefois, plus on s'approche du littoral (boukirat, 2011).

La formation d'El-Harrach est représentée par une séquence relativement uniforme d'argiles plastiques jaunes ou grises, par endroits légèrement caillouteux et contenant un petit nombre de lentilles de graviers de 2 à 6 m d'épaisseur (Khelifa, 2015).

Le bassin versant de l'oued El-Harrach est constitué essentiellement de trois unités géologiques :

- au nord le Sahel d'Alger qui s'étend dans notre secteur d'étude entre le massif de Bouzaréah et la rive gauche de l'oued El-Harrach. Il est constitué par les marnes d'âge plais ancien et la mollasse d'âge Astien, le piémont sud du Sahel caractérisé par des pentes douces est formé de dépôts argilo-caillouteux.
- La plaine de la Mitidja qui constitue une véritable gouttière, où reposent des formations néogènes et quaternaires.

• Vers le sud on retrouve l'Atlas blidéen, c'est un vaste massif montagneux qui est constitué essentiellement d'épaisses séries d'âge crétacé (Merouane et al., 2006).

II.2.7.Situation climatique

Caractérisée par un climat méditerranéen contrasté entre un hiver pluvieux et humide et un été Chaud et sec. avec des températures moyennes de l'ordre de 26.5°C et 11°C. Pendant la plus grande partie de l'année les vents ont une orientation Nord-Nord-Ouest.

Le climat constitué par un ensemble de phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point donnée de la surface terrestre (Fergani, 2013).

II.2.8.Précipitation

Tableau n°7 : Variation des pluies journalières maximales et pluies mensuelles moyennes interannuelles Période de 31 ans (1980 – 2011).

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Av.	Mai	Juin	Jill	Aout
Pluies journalières maximale « mm »	102,9	68,00	76,00	71,80	73,30	52,60	46,30	67,40	45,10	33,30	34,50	33,70
Pluies Mensuelles Moyennes « mm »	30,54	53,52	92,16	94,65	84,86	71,49	52,32	54,35	36,55	8,47	4,73	7,13
P Moy en %	5,2	9,1	15,6	16,0	14,4	12,1	8,9	9,2	6,2	1,4	0,8	1,2

Source : (ANRH Alger, 2013)

II.2.9.Pluviomètre

Avec une précipitation moyenne de 63,67 mm répartie général en deux saisons (printemps, hivers), la majorité sous forme de pluie et rarement en neige.

Tableau n°8 : précipitations mensuelles et nombre de jours de pluie à Alger année (2009-2010).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Av	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oc	No	Déc.	Total
Précipitations (mm)	112	84	74	41	46	15	1	5	41	79	130	137	764
Nombre de jours de pluie	12	8	5	6	3	3	2	2	3	2	10	14	70

Source : (ANRH Alger, 2013)

II.2.10. Température

Selon sa situation géographique, Alger est confrontée à des températures élevées en été avec 40°C au maximum et des basses températures en hiver estimées à environ 6°C minimum.

II.2.10. vents

Les vents locaux sont prédominants à l'ouest et au Nord-Ouest avec quelques vents de Nord-est. Les vitesses maximum sont atteintes à la sortie de l'été.

Tableau n°9: vitesse mensuelle moyennes du vent (m/s) d'Alger (Année 2009)

Mois	Jan	Fév.	Mar	Av.	Mai	juin	Jui	Aout	Sep	Oc.	Nov.	Déc.	moyenne
Vitesse du vent (m/s)	2.9	3.2	3.1	3.7	2.8	3.5	3.2	3.3	3.3	3	2.9	3	3.16

(Source : ONM Alger, 2012)

II.2.11. Ressource en eau

Il s'étend de Bouinan à Meftah, d'une superficie de 1 207 km². Il est limité au nord par le Sahel et la mer, au sud par l'Atlas. L'ensemble de ces sous bassins versants, présente un écoulement de direction sud-nord avec exutoires vers la mer.

- Malgré tout cela, mais la situation géographique de bassin versant de l'oued el
- Harrach des phénomènes extrême tels que les inondations et la sécheresse a eu un impact significatif par exemple :

a) Inondation des bassins versant

Les inondations urbaines dans la Vallée de Oued El Harrach seraient directement liées à un phénomène de stagnation pluviale et ruissellement, autrement dit à une insuffisante capacité d'infiltration du sol d'une part et d'évacuation via le réseau d'assainissement d'autre part. Sur ce dernier paramètre il est permis d'agir localement dans le cadre de l'éco-hydrologique et des nouvelles alternatives de gestion intégrée des eaux de pluie.

Avec des inondations on prévoit qu'elles seront plus fréquentes à l'avenir, la vallée de l'oued el Harrach en banlieue d'Alger. Sera particulièrement exposée.

Sans compter que l'urbanisation qui s'y est développée selon des modes inappropriés contribue pour beaucoup à accentuer la vulnérabilité de cette zone. (Maison ; 2009).

Tableau n° 10 : Le tableau suivant résume les caractéristiques des crues observées événement dans les bassins des Côtiers Algérois, de el Harrach.

Station	Oued	Q max (m ³ /s)	Volume ruisselé (hm ³)
R des Piégeons	El Harrach	819	97
Baraki	El Harrach	1620	175

Tableau n°11: Les caractéristiques des crues observées sur l'oued el Harrach 26-27 Janvier 1992.

Station	oued	H max (m)	Q max (m ³ /s)
Baraki	El Harrach	6.33	1500

L'historique d'oued El Harrach, et à travers toujours les données de ANRH on trouve que les débits estimés depuis le début du siècle précédent sont très élevés par rapport les débits actuels, qui ont provoqué des inondations ayant occasionnés des pertes en vies humaines et des dégâts matériels (Louati, 2015).

II.2.12. Prévion des crues de bassin versant d'oued el Harrach

Mesure à tout instant des différents paramètres hydrologiques et la transmission rapide des alertes vers le centre de gestion ainsi qu'aux personnes destinataires définies pour chaque niveau atteint. - La prévion, déterminée avec quelques heures d'avance, permettra d'alerter les services compétents pour prendre toutes les mesures nécessaires de protection des riverains et des biens (MRE, 2012).

II.3. Bassin versant d'oued sébaou

La haute vallée de l'oued Sébaou, orientée est-ouest, est située dans la région de Tizi-Ouzou, au nord de l'Algérie. Elle s'étend de Boubron, à l'amont, jusqu'au col de Belloua, à l'aval, sur une longueur de 30 km, avec une largeur qui varie entre 0,8 et 3 km.

Oued sébaou principe cour d'eau de la Kabylie de Djurdjura, reçoit l'ensemble des écoulements peuvent des bassins versant : flanc méridional de Chain côtière (oueds Disse et Stita) et versant septentrional du Djurdjura (oued Boubhir, Rebta, Aissi et Bougrouda) il coule d'est en ouest, sur un distance de 50 km Pui prendre la direction sud-nord sure une 20^{aine} de km avent de jeter dans la mer méditerranée. Sa pont moyenne est de l'ordre 0,3% est sa largeur peut atteindre par endroit 500m, sur son parcours trouvant d'important sablière induisant par les extractions de granulats, des perturbations des milieux, la cour

d'eau reçoit également des rejets urbains notamment de villes d'Azazga de Tamda, de Tizi ouzou et de Draa ben-khedda (Haouchine, 2011).

II.3.1. Situation géographique

Administrativement, la plaine alluviale du Sébaou se situe dans les Wilaya de Tizi-Ouzou et de Boumer dès à 80Km à l'Est d'Alger

Bassin versant du Sébaou est situé à une centaine de kilomètres (100 km) à l'Est d'Alger et s'étale sur une superficie de 2500 km². La surface drainée par l'oued Sébaou et ses affluents est limitée entre les latitudes 36°27' et 36°55' Nord et longitudes 3°55' et 4°53' Est (Bellah, 2014).

Le bassin versant de sébaou est caractérisation par typiquement montagneux, couvrant 28% de la superficie elle se limite :

- Au nord-ouest par la mer méditerranée ;
- Au nord et nord est la chaîne littorale ;
- Au sud et sud est par la chaîne Djurdjura (Meddour, 2010).



Figure 2 : le bassin versant de sébaou

II.3.2. Topographie

le relief dans les bassins versant est un facteur essentiels dans le cycle hydrologique ; La forme du bassin versant est la configuration géométrique telle qu'elle est projetée sur un plan horizontal, elle influence le temps de réponse du bassin, c'est-à-dire le temps de

parcours de l'eau à travers le réseau de drainage et par conséquent sur l'hydrogramme de crue, quant au relief il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration, l'évaporation et même la puissance érosive de l'eau. ce sont des éléments capitaux dans un processus hydrologique d'un bassin (Ferdj, 2007).

II.3.3. Hydrologie

Un bassin hydrographique se définit comme la surface topographique drainée par un cours d'eau et ces affluents de telle façon que tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface suit son trajet jusqu'à l'exutoire, c'est la mer méditerranéenne qui constitue l'exutoire du sébaou.

L'hydrologie de surface, s'intéresse, justement à la fraction de lame d'eau précipitée sur le bassin versant et drainée par le réseau hydrographique.

II.3.4. Géologique

La nature des terrains, assez variée, dérive d'une histoire géologique complexe :

- Aux phases anciennes qui ont affecté le socle, ont succédé dans le cadre l'orogénèse aplanie un édifice structural très complexe.
- La lithologie et la structure sont directement liées à la paléogéographie. Celle-ci a connu une évolution fortement influencée par la tectonique.
- La structure du sous-sol reste donc en partie encore inconnue.
- Sur le plan structural on peut admettre, du moins jusqu'à une certaine profondeur, la présence d'un socle métamorphique qui s'ennoie sous des formations représentées par :

Au sud, la chaîne calcaire et la dépression de Mechtras,

- au nord, le miocène post-nappe et la chaîne littorale.
- Cet ensemble sédimentaire est résultat qui dérive d'un empilement progressif de formations marines.

II.3.5. Végétation

Le couvert végétal joue un rôle dextrement important, dans la protection des sols contre l'érosion par son action atténuante des crues et des averses particulières, en réduisant freinant le ruissellement superficiel.

La végétation de la région caractérisée dans son ensemble par trois étages bioclimatiques bien distincts :

Les cultures : elles sont concentrées dans les plains et représentées par l'arboriculture et les superbes champs des cultures maraichères, aux quelques s'ajoutent laurier rose et le roseau dominant les zones incultes et inondables.

Les maquis : caractérisant en particulier les zones intermédiaires, constitués essentiellement de très denses champs d'oliviers.

Les forêts : occupant les zones montagneuses et représentées généralement par le chêne vert, le chêne liège et pain d'alpée (saket, 2009).

II.3.6.Situation climatique

Le climat de la région est méditerranéen tempéré, caractérisé par un hiver pluvieux et frais et un été sec et chaud. La période sèche s'étend généralement de la fin du mois de mai jusqu'au début du mois d'octobre, comme le montre la figure 1. La pluviosité varie en fonction de l'altitude. Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 1100 mm dans la chaîne montagneuse du Djurdjura et de 700 à 800 mm dans la vallée à Tizi-Ouzou. Les pluies sont mal réparties dans l'année, les mois de mai à septembre recevant 15 % seulement des volumes annuels moyens (Djemai, 2012).

II.3.7.Paramètre Climatique

II.3.7.1.Précipitation

Dans ce type de climat, les pluies sont généralement intermittentes avec une forte intensité et se concentrent sur quelques mois seulement dans l'année.

Les précipitations constituent le composant fondamental de l'hydrologie et la connaissance de cet apport d'eau au sol est essentielle pour appréhender l'état des réserves en eau du sol, la recharge des nappes et le régime des cours d'eau.

Le bassin du sébaou reçoit en général deux formes de précipitations bien distinctes :

- Le premier est la pluie, la forme la plus répandue dans tout le bassin.
- Le second est la neige, la forme la plus localisée dans le temps et dans l'espace, elle se produit principalement sur les reliefs montagneux du Djurdjura au sud, la chaîne littorale au nord ARNH de Tizi ouzou.

II.3.7.2. vent

Les vents sont l'un des éléments caractéristiques du climat régissant l'évaporation à la surface du sol et de la végétation. Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistré au niveau de la station de Tizi-Ouzou sont présentés dans le tableau.

Tableau n°12: Moyenne mensuelles des vitesses des vents.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vitesse (km/h)	1.92	1.63	1.45	1.75	1.57	1.63	1.57	1.85	2.13	2.63	2.21	2.07

(Source : (ANRH de Blida.2013))

II.3.7.3. Température

La température est l'un des principaux facteurs conditionnant le partage des eaux météoriques.

Tableau n°13 : Répartition mensuelle des températures moyennes période (1990- 2012)

Moi T°C	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Av.	Mai	juin	Juil.	Aout
Max	31.36	26.67	20.06	16.27	15.25	16.44	19.60	21.53	26.26	31.67	35.57	36.06
Moy	24.33	20.02	14.54	11.53	10.11	10.73	13.44	15.43	19.47	24.34	27.68	28.03
Min	18.74	15.25	10.63	7.43	6.18	6.54	8.47	10.31	14.03	18.15	21.19	21.86

(Source : ONM –Alger, 2013)

II.3.7.4. Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air est le rapport, exprimé en %, de la tension de vapeur d'eau à la tension de vapeur d'eau saturante. C'est un élément atmosphérique très important puisqu'il

Donne le taux de condensation de l'atmosphère. Les résultats des humidités relatives enregistrés au niveau de la station de Tizi-Ouzou pour une période de 23 ans (1990/2012).

Tableau n°14 : Humidité relative moyenne mensuelle à la station de Tizi Ouzou (1990/2012)

Mois Hr %	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Ar.	Mai	Juin	Juil.	Aout
Max	84	90	92	94	94	94	92	92	91	85	79	80
Moy	62	71	77	80	80	78	75	72	70	60	54	53
Min	36	43	52	58	57	52	47	46	44	35	30	30

(Source : ONM-Alger, 2013)

II.3.8. Ressources en eau

Un parcours rapide sur les capacités aquifères de la région montre qu'il existe déjà des distorsions spatiales naturelles.

Les seuls aquifères reconnus comme étant économiquement exploitables dans la wilaya de Tizi Ouzou sont ceux de la nappe alluvial du sébaou et les alluvions de ses zones de confluences (aval de l'oued Aissi, l'oued bougdoura et l'oued sidi khlifa).

- L'absence ou la rareté des ouvrages de mobilisation des eaux de surface expliquerait le recours systématique au captage des eaux souterraines à l'aide de forage.

- la négligence de certains paramètres de taille continue à entretenir encore la confusion entre les contraintes naturelles propres à la région et les difficultés attribuées anormalement aux conditions climatiques et hydrogéologiques. On peut citer :

- La répartition géographique des forages, la précision dans le choix des implantations, leur réalisation et leur suivi :

- la concentration des forages dans le moyen et bas sébaou.
- la vidange rapide du sébaou en été.

Bien que le nombre et la répartition de ces stations paraissent à premier vue satisfaisantes pour mener une étude climatique sérieuse et bien définie. La réalité est autre car les informations que fournissent ces stations sont incomplètes pour la période d'observation considérée, exception faite pour les précipitations.

Le bassin versant de la vallée de sébaou couvre une superficie de 2500 km² avec un périmètre de 250.4km, subdivisé en 06 bassins réparties de façon inégale sur le haut, et le bas sébaou (figure n° 03).

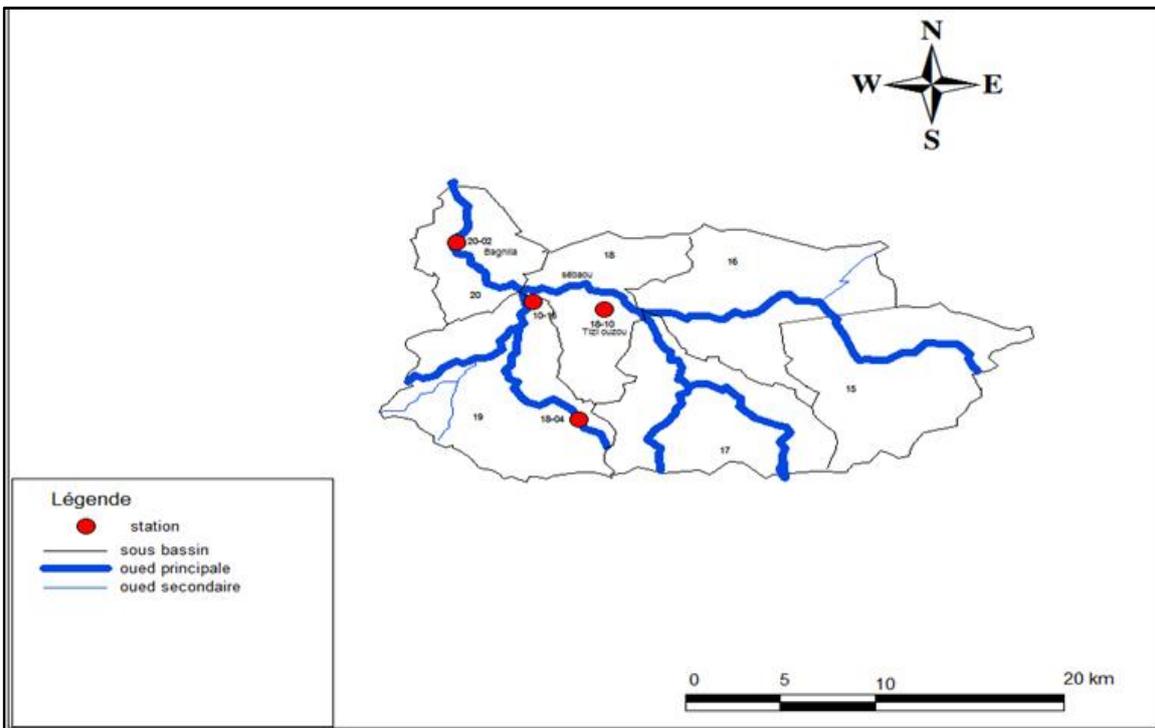


Figure n°03 : de bassin versant d'oued Sébaou.

Tableau n°15: Les paramètres morphologiques du bassin versant du Sébaou

Paramètres morphologiques	Valeurs
Surface	2500km ²
Périmètre	240km
Longueur	93km
Largeur	27km
Altitude maximale	2305km
Altitude moyenne	504km
Altitude de fréquence ½	510km
Altitude la plus fréquente	300m
Indice de compacité de Gravelius	1.4
Indice de pente globale (I _g)	1.15%

Source : (ANRH, 2012).

Tableau n°16: Répartition des superficies par sous bassin.

	Code des sous bassins versant de sébaou	Superficie en km ²	Périmètre en km
Haut sébaou	02-15	532	102.4
	02-16	432	112
	02-17	468	98.6
Moyen sébaou	02-18	304	82
	02-19	544	94.2
Bas sébaou	02-20	220	62.6

Le maximum des débits mensuels pour deux stations de Belloua et de Baghlia, exutoires respectifs du haut et du bas Sébaou ; est enregistré aux mois de novembre à avril. Par contre le minimum d'apport est enregistré aux mois de juillet à octobre.

Tableau n°17: débits moyens mensuels des stations de Baghlia et de Belloua (m³/s).

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Baghlia	0.22	0.40	6.45	28.35	38.20	39.92	24.89	19.95	15.17	3.88	0.19	0
Belloua	0.23	0.58	2.53	16.03	22.23	26.62	16.47	15.08	9.56	1.78	0.28	0.15

Source : (ANRH,2013).

Un autre plan, on note une grande différence entre le maximum enregistré en mois de Février à la station de Baghlia (39.92 m³/s) et celui enregistré à la station de Belloua avec 26.62 m³/s seulement.

II.3.9.Relation précipitation débits évacués

Données de débit et de pluviométrie enregistrer à la station de Baghlia durant la période 1986/1999 (tableau 03) montre une concordance entre les variations interannuelles de ces deux paramètres traduisant ainsi une alimentation de l'oued par les pluies.

Tableau n°18:Corrélation précipitation/Débits évacués à la station Baghlia.

	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99
P (mm)	769.1	606.3	658.6	523.6	725.1	766.1	697.6	516.6	733.7	767.1	499.6	1031.2	737.7
Q(m ³ /s)	34.21	4.09	8.40	2.43	26.75	13.76	11.68	4.87	17.45	17.15	2.31	27.5	21.90

(Source : ANRH ,2011).

II.3.10.Inondation des bassins versant

Les inondations liées à des situations météorologiques remarquables se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes, orages violents) tels que les inondations de décembre 1957, Mars 1974 des bassins versant de la Sebaou.

Tableau n°19:les débits max de bassin versant d'oued sébaou.

Station	Oued	Q max	Volume ruisselé (hm ³)
Belloua	sébaou	2940	311
Baghlia	sébaou	3420	476

(Source : ANRH, 2013).

La chronologie des évènements responsable de structure géologique se résume en une succession de périodes d'émersion et d'érosion du socle, de charriage des nappes et mouvements tangentiels accompagnés de déformations cassantes et élastiques.

Conclusion

A la lumière de cette étude, nous pouvons conclure que les inondations de l'oued El-Harrach sont dues à l'interaction de plusieurs facteurs. La topographie défavorable des terrains (pentes très faibles), les précipitations intenses, ajoutées à la faible perméabilité et la saturation des sols rend très difficile le drainage des eaux de surface, ce qui conduit à l'inondation des zones planes et peu élevées.

Le bassin versant de l'oued Sébaou est de forme allongée, de direction E-W, il couvre une superficie de 2500km², dont l'altitude moyenne est de 504m.

IV.1.Introduction

Le base de donnée collecté est utilisée dans le calcul des indices SQI et SPI à des pas de temps mensuelle et annuelle. Les résultats trouvés figurent dans les tableaux suivant

IV.2.Débits Max à l'échelle mensuelle

a) Echelle mensuelle

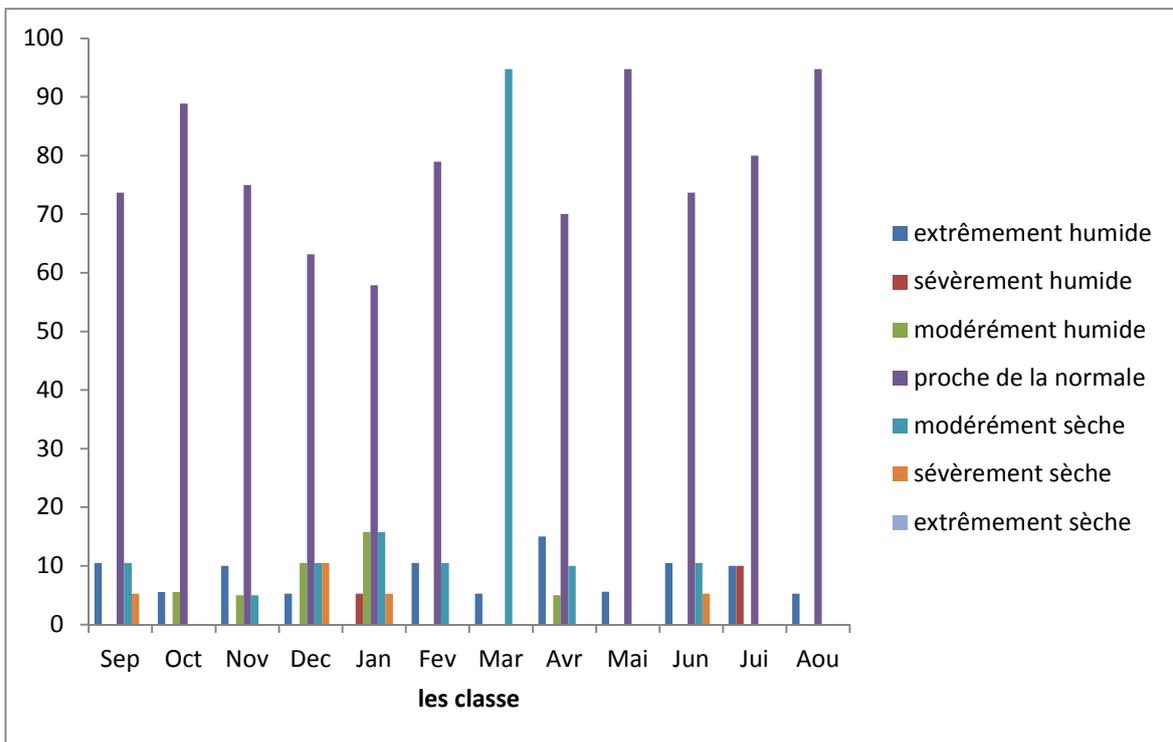


Figure n°4 : Classe de SQI mensuel pour la station d’Altairac

On observe les cas d’extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide il était claire dans la saison hiver elle représente 15% sont modérément humide et donc la saison l’été représenté 10% sont sévèrement humide, et le cas de proche de la normale et augment a tous les mois elle représente 94% au mois de mai, les cas de sévèrement sèche et représente 5% à la saison hiver.

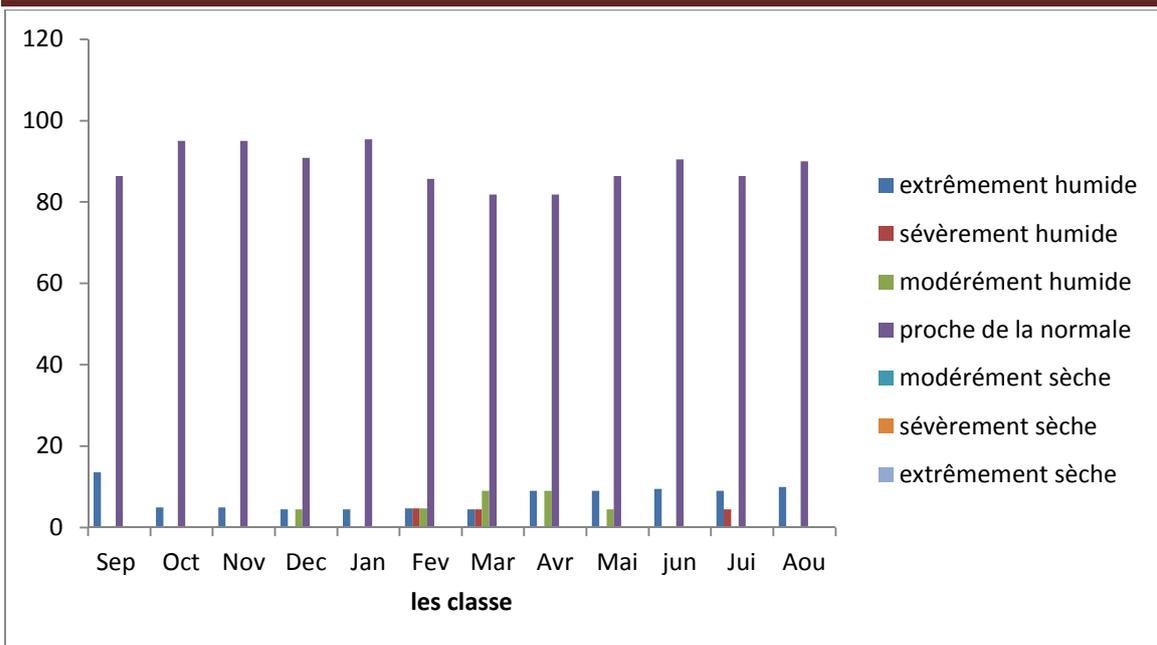


Figure n°5 : Classe de SQI mensuel pour la station Attatba

On observe les cas d’extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide il était claire dans la saison automne elle représente 13% sont modérément humide et donc la saison l’été représenté 4% sont sévèrement humide, et le cas de proche de la normale et augmenté à tous les mois elle représente 95% au mois de janvier, les cas de extrêmement sèche, sévèrement sèche et modérément sèche inexistant dans tous les mois.

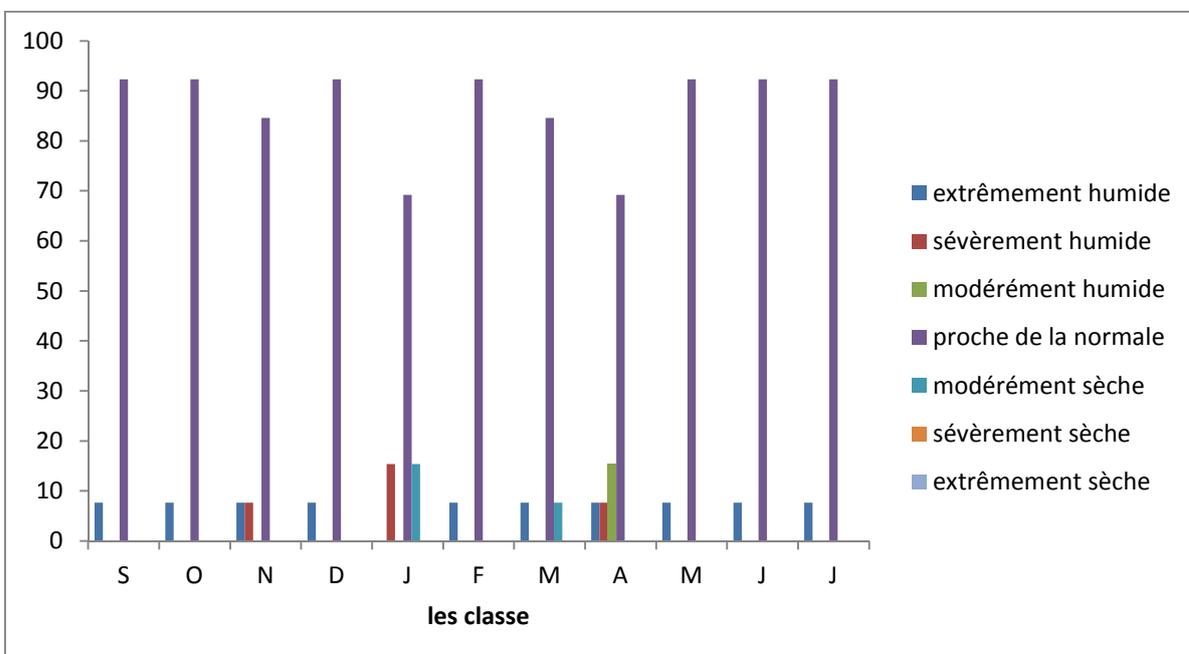


Figure n°6: Classe de SQI mensuel pour la station Baghlia

On observe les cas d'extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide il était claire dans la saison hiver elle représente 15% sont sévèrement humide et dans la saison l'été représenté 7% sont extrêmement humide, et le cas de proche de la normale et augment a tous les mois elle représente 92% au mois de septembre, Octobre et mai les cas de modérément sèche représente 7% à la saison de printemps.



Figure n°7 : Classe de SQI mensuel pour la station Baraki

On observe les cas d'extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide il était claire dans la saison automne elle représente 15% sont extrêmement humide et dans la saison l'été représenté 3% sont extrêmement humide, et le cas de proche de la normale et augment a tous les mois elle représente 96% au mois de janvier, les cas de extrêmement sèche représente 10% à la saison de l'été.

D'après les graphes les cas d'extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide sévèrement humide le débit max important donc oued El Harrach et Sébaou a était important peut-être probablement risque d'inondation, et donc une incidence sur l'écosystème de cour d'eau. Le cas modérément sèche, sévèrement sèche extrêmement sèche il était clair don la saison hiver, l'écoulement de oued El Harrach et Sébaou sur l'etiage.

Exemple : nombre de cas de station ALTAIRAC

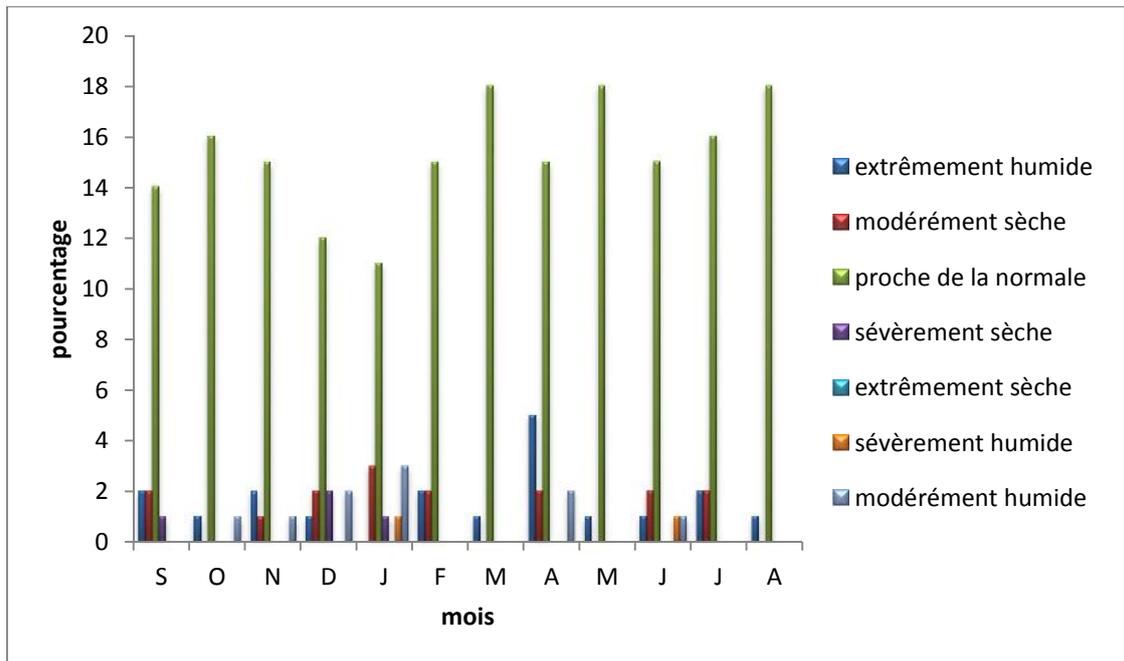


Figure n°5 : Classe de SQI mensuel pour la station d’Altraic

D’après les tableaux les mois de saison hiver en remarque la station qui a été répété dans la les extrême humide la station de ALTAIRAC, don que le débite contrairement à l’autre station à la période de 1974, 1978, 1981, 1985, 1986, 1987, étant donné que le le débit max de étant donné que le débits max de cet période était à la mois de décembre entre $10\text{m}^3/\text{s}$ a $26\text{m}^3/\text{s}$ et le mois de janvier $10\text{m}^3/\text{s}$ a $12\text{m}^3/\text{s}$.

IV.3.Débits Min : à l'échelle mensuelle

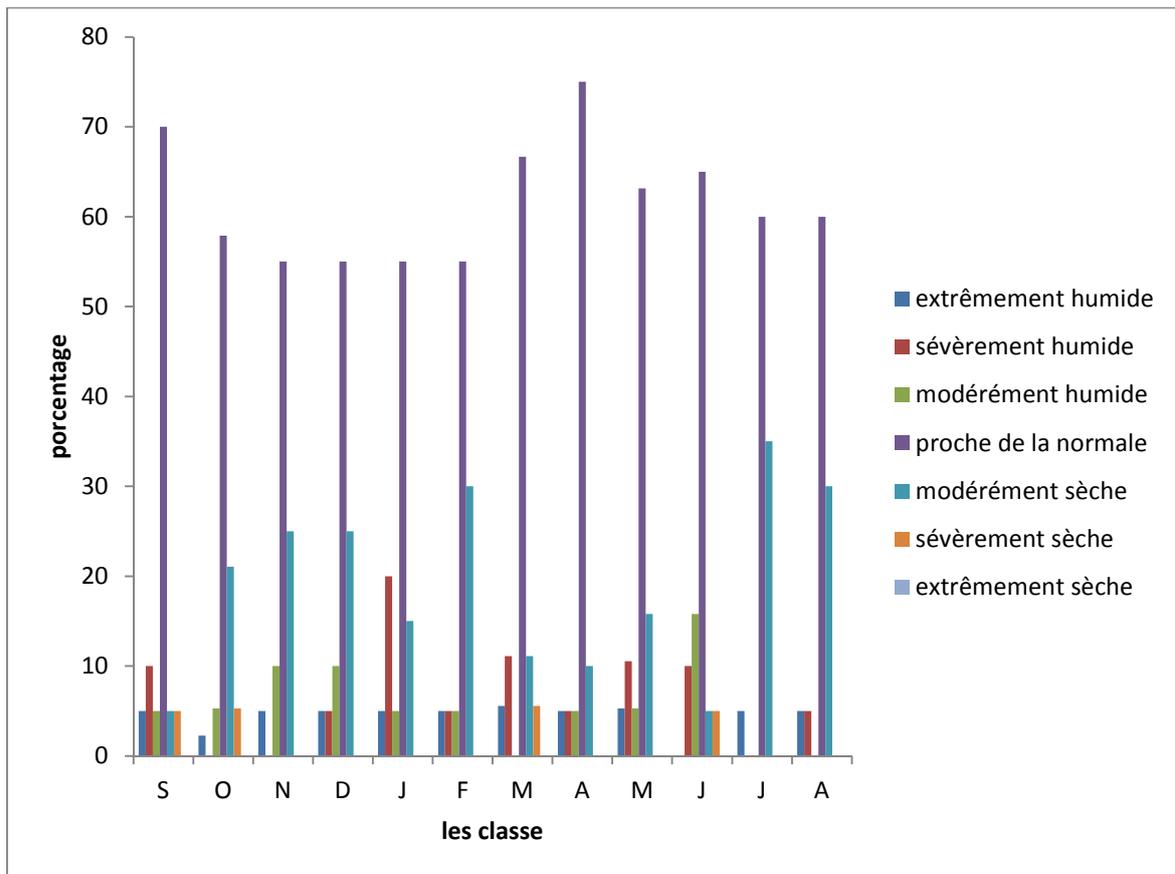


Figure n°6 : Classe de SQI mensuel pour la station Altairac

On observe les cas d'extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide il était claire dans la saison automne elle représente 5% sont extrêmement humide et dans la saison l'été représenté 10% sont extrêmement humide, et le cas de proche de la normale et augmenté à tous les mois elle représente 70% au mois de septembre, les cas de modérément sèche sévèrement sèche et extrêmement sèche représente 15% son modérément sèche à la saison de l'été.

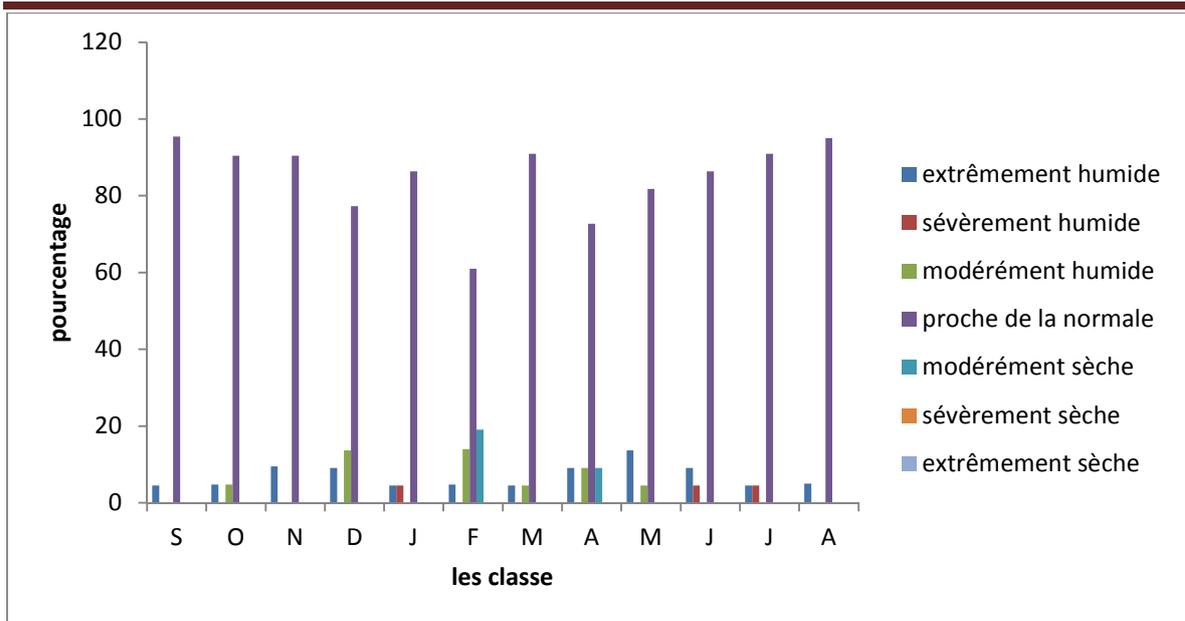


Figure n°7 : Classe de SQI mensuel pour la station Attatba

On observe les cas d'extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide il était claire dans la saison hiver elle représente 5% sont extrêmement humide et dans la saison l'été représenté 4% sont modérément 2humide, et le cas de proche de la normale et augment a tous les mois elle représente 95% au mois de décembre, les cas de modérément sèche sévèrement sèche et extrêmement sèche représente 13% son modérément sèche à la saison de l'été.

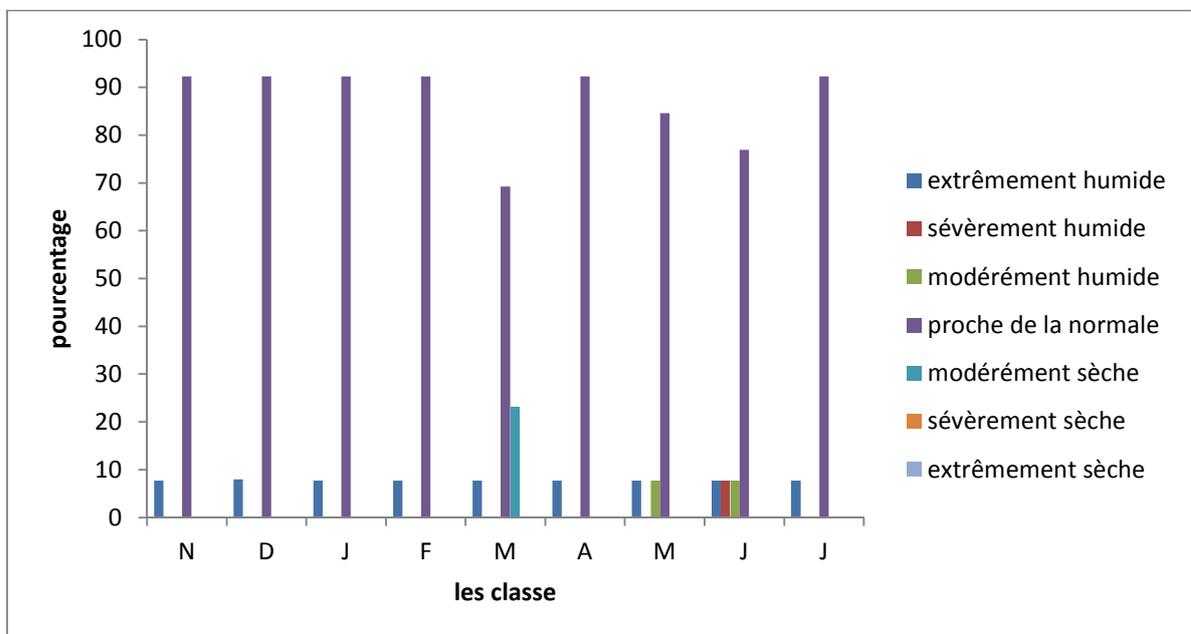


Figure n°8 : Classe de SQI mensuel pour la station Baghlia

On observe les cas d'extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide il était claire dans la saison hiver elle représente 7% sont extrêmement humide, et

le cas de proche de la normale et augment a tous les mois elle représente 70% au mois de septembre, les cas de modérément sèche sévèrement sèche et extrêmement sèche représente 23% son modérément sèche à la saison de l'été.



Figure n°9 : Classe de SQI mensuel pour la station Baraki

On observe les cas d'extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide il était claire dans la saison hiver elle représente 6% sont extrêmement humide et dans la saison l'été représenté 3% sont modérément humide, et le cas de proche de la normale et augment a tous les mois elle représente 70% au mois de septembre, les cas de modérément sèche sévèrement sèche et extrêmement sèche inexistant a tous les mois

D'après les graphes les cas de extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide Il était clair dans le mois de décembre, janvier Mais les proportions étaient peu par rapport les débits max, donc l'écoulement de oued El Harrach sur l'étiage, problème les animaux de oued, affecter sure l'agriculture l'absence des quantités d'eau distingué à l'irrigation. Les cas modérément sèche, sévèrement sèche et extrêmement sèche Il était clair dans le mois de février elle représente 30% sont modérément sèche a la station de ALTAIRAC, et 23% dans le mois de mars à la station de BAGHLIA, et 19% à la station de ATTATBA dans cette période, la sécheresse.

b) L'échelle Annuelle

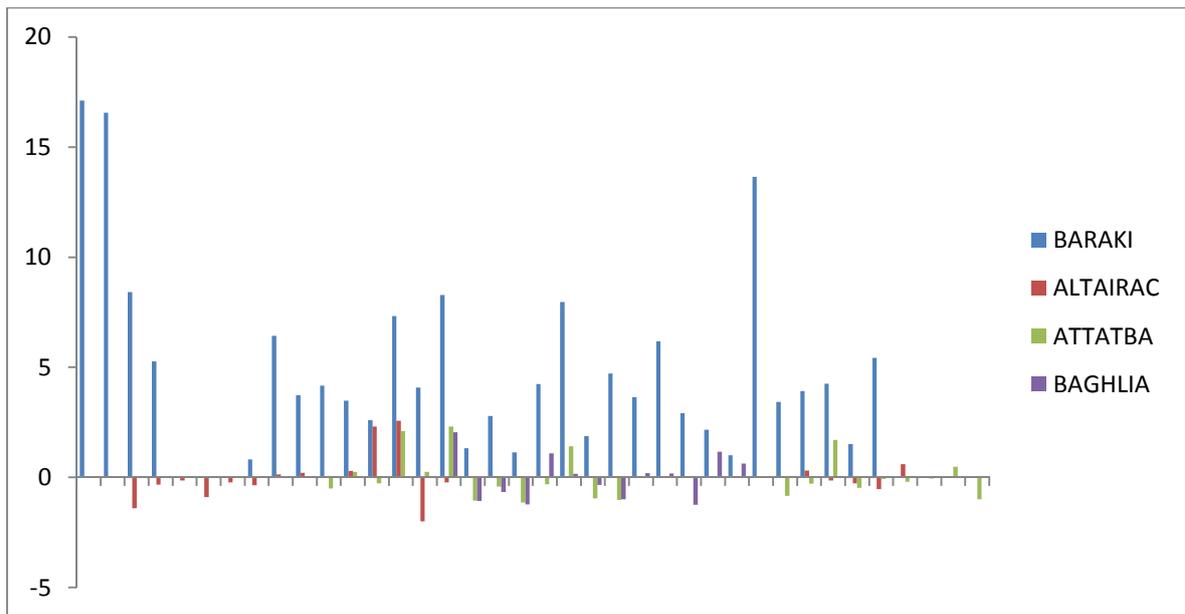


Figure n°10 : Répartition des Valeur du QSI-annuelle des stations étudiées

Dans le diagramme nous observons les stations supérieures 0 station de BARAKI, dans la période 1986-1992 et les autres stations alternent les périodes sèche et humide ou la période sèche 1973-1979 à la station de ALTAIRAC et 1984-1988 à la station de ATTATBA et 1988-1994 à la station de BAGHLIA les valeurs de QSI supérieures à 0 à la station de BARAKI, les débits restent portant un écoulement important de oued el Harrach par apport de oued sébaou

Les stations qui étaient des variations entre extrêmement humide et extrêmement sèche et se révèle que oued el Harrach et oued sébaou Au cours des deux phases l'inondation est la sécheresse donc les deux bassins versent pas le même régime.

Après ce que nous avons statistique les bases données par indice SPI en remarque trois mois était ou extrême

Tableau n°25 : Répartition des Valeur du SPI-déc. des stations étudiées

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	2,43		3,22	3,33
sévèrement humide	9,75	20	6,45	
modérément humide	9,75		3,22	10
proche de la normale	73,17	60	74,19	73,33
modérément sèche	4,87	15	6,45	13,3
sévèrement sèche		5	6,45	
extrêmement sèche				

On remarque dans le mois de décembre les cas de extrêmement humide, sévèrement humide et sévèrement Il était clair dans la station de BARAKI et ALTAIRAC elle représente 9% sont sévèrement humide et modérément humide a la station de BARAKI. et les cas de modérément sèche et sévèrement sèche représente 6% à la station de Baghlia

Tableau n°26 : Répartition des Valeur du SP-jan des stations étudiées

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide		5	6,45	
sévèrement humide	7,31	5	12,90	3,22
sévèrement humide	14,63	5		6,45
proche de la normale	58,53	75	70,96	58,06
modérément sèche	19,51	10	9,67	16,12
sévèrement sèche				16,12
extrêmement sèche				

On remarque dans le mois de janvier les cas d'extrêmement humide, sévèrement humide et sévèrement humide il était claire dans la station de BARAKI et ALTAIRAC

elle représente 14% sont sévèrement humide a la station de BARAKI et le cas de modérément sèche et sévèrement sèche représente 16% à la station de KOLEA

Tableau n°27 : Répartition des Valeur du SPI-Avr des stations étudiées

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	7,31	0	5,88	3,57
sévèrement humide	4,87	5,26	2,94	
modérément humide	2,43	10,52	5,88	
proche de la normale	73,17	68,4	70,58	89,28
modérément sèche	12,19	10,52	14,70	7,142
sévèrement sèche		5,26		
extrêmement sèche				

Dans le mois d'avril les extrêmement humide, sévèrement humide et modérément humide, Il était que des stations BARAKI et ALTAIRAC par rapport les autres stations. et les cas de modérément sèche et représente 12% à la station de Baraki

D'après les tableaux le cas sévèrement humide est important dans le mois de janvier la précipitation a été importante 180mm à la station de Baraki signifie que l'écoulement de oued el Harrach a été important, et le cas de modérément sèche a été important représenté 19%

b) L'échelle annuelle

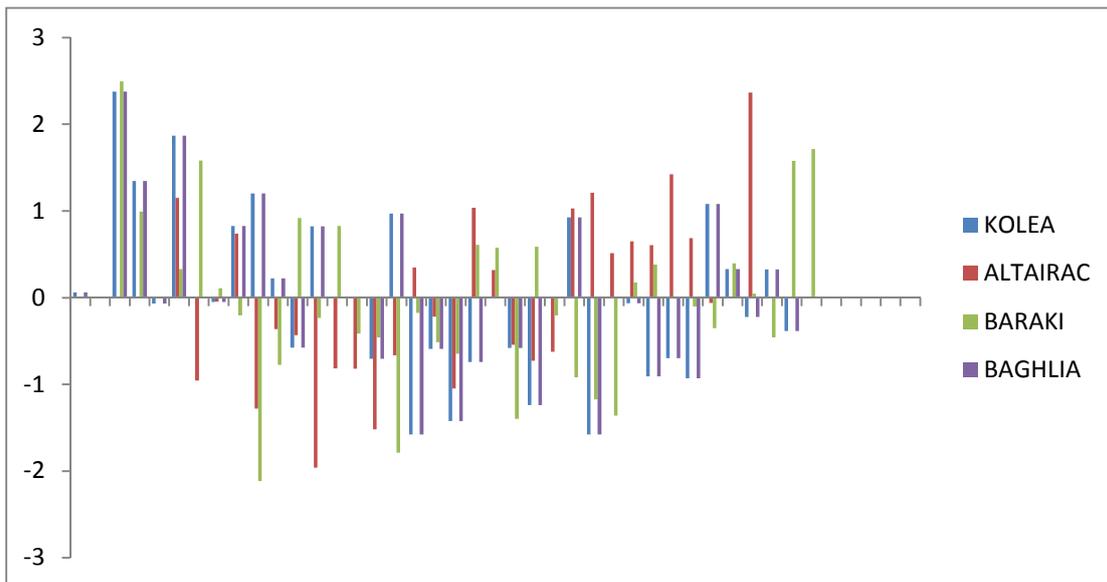


Figure n°10 : Répartition des Valeur du SPI-annuelle des stations étudiées

Pour le résultat nous avons observé une quatre stations alternance des périodes sèches et humides à la station de KOLEA 1985-1993, station d'ALTAIRAC 1973-1997, station de BARAKI 1982-1988 et station BAGHLIA 1988-1994.

D'après le graphe les années supérieure à la moyenne sont des années pluvieuses et les années inférieure la moyenne sont des années sèches.

La relation dans le QSI et SPI plus valeur de SPI important et le QSI important ces-à-dire le mois de fort précipitation Dans ce cas, le débit max dance l'écoulement de oued a était important et les périodes dès les quatre stations Il n'est pas le même régime.

IV.4.Période de retour

a)débits maximaux

On essayé d'étudiée de période de retour pour le débit max et minimums pour se là les sérié fournies en fais l'objet un ajustement statistique, par logiciel HYFRAN

Tableau n°28: tableau de comparaison des lois Baraki.

Modèle	Nb param	XT	P(Mi)	P(Mi) (x)	BIC	AIC
Gamma inverse (Maximum de vraisemblance)	2	1744.938	20.00	87.45	416.690	413.888
Exponentielle (Maximum de vraisemblance)	2	7767.114	20.00	9.73	421.082	416.879
GEV (Maximum de vraisemblance (Maximum de vraisemblance))	3	2797.809	20.00	2.76	423.601	419.397
Halphen de type (Maximum de vraisemblance)	3	1591.016	20.00	0.05	431.435	428.632
Gumbele (Maximum de vraisemblance)	2	1435.012	20.00	0.01	434.609	431.807

Le tableau indique que la loi de Gamma est plus adéquate pour le calcul du période de retour des débits max, le classement des lois se fait en se basant sur la plus petite de critères BIC.

Les figures de comparaison graphique des lois d'ajustement figurent don l'anax

Tableau n°29 : tableau de comparaison des lois de station Altairac.

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi) (x)	BIC	AIC
Exponentielle (Maximum de vraisemblance)	2	374,941	20,00	71,54	323, 342	320,540
Log normale (Maximum de vraisemblance)	2	325,644	20,00	13,72	326,644	323,842
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	501,804	20,00	12,06	326,902	322,699
Gumbele (Maximum de vraisemblance)	2	282,057	20,00	2,52	330,033	327,231
Weibull (Maximum de vraisemblance)	2	297, 380	20,00	0,16	335,570	332,768

Le tableau présente que la loi Exponentielle plus adéquate pour le calcul du période de retour de débits max, le classement de la loi se fait en se basant sur la plus petite de critères BIC.

Les figure de comparaissent graphique les lois d'ajustement figurent don l'anax

Tableau n°30 :tableau de comparaison des lois de station Baghlia

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi) (x)	BIC	AIC
Exponentielle (Maximum de vraisemblance)	2	374,9	20	71,5	323, 3	320,5
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	325,6	20	13,7	326,6	323,8
Halphen de type B inverse (Maximum de vraisemblance)	3	501,8	20	12,1	326,9	322,7
Gumbele (Maximum de vraisemblance)	2	282,1	20	2,5	330,0	327,2
log normale (Maximum de vraisemblance)	2	297, 4	20	0,2	335,5	332,8

Le tableau présente que la loi Exponentielle plus adéquate pour le calcul du période de retour de de débits max, le classement de la loi se fait en se basant sur la plus petite de critères BIC.

Les figure de comparaissent graphique les lois d'ajustement figurent don l'anax

Tableau n° 31 : Tableau de comparaison des lois de station Attatba

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi) (x)	BIC	AIC
Exponentielle (Maximum de vraisemblance)	2	1581 ,6	20	50 ,8	410,8	408,1
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	2156,4	20	23,03	412,4	408,2
Lognormale (Maximum de vraisemblance)	2	1378 ,3	20	21,6	412,5	409,8
Gumbele (Maximum de vraisemblance)	2	1165,3	20	2 ,4	416,9	414,1
Gamma (Maximum de vraisemblance)	2	1236,9	20	2,1	417,2	414,4

Le tableau présente la loi Exponentielle de plus adéquate pour le calcul du période de retour de débits max, le classement des lois set fait en se basant sur la plus petite de critères BIC

Les figure de comparaissent graphique les lois d'ajustement figurent don l'anax

b) Débits Min

Tableau n°32: Tableau de comparaison des lois de station Baghlia

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi) (x)	BIC	AIC
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	255.4	33.3	100	-41.4	-45.7
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	0.910	33.3	0.00	4.9	2.1
Normale (Maximum de vraisemblance)	2	0.9	33.3	0.00	22.5	19.718

Le tableau présente la loi GEV plus adéquate pour le calcul du période de retour de débits minimum, le classement des lois se fait en se basant sur la plus petite de critères BIC

Tableau n°33: de comparaison des lois de station Altairac

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi) (x)	BIC	AIC
Normale (Maximum de vraisemblance)	2	0.377	33.33	56.95	-51.850	-54.653
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	0.314	33.33	34.48	-51.846	-55.050
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	0.522	33.33	8.58	-48.0.64	-50.867

Le tableau présente la loi normale plus adéquate pour le calcul du période de retour de débits minimum, le classement des lois se fait en se basant sur la plus petite de critères BIC

Tableau n°34: Tableau de comparaison des loi Braki

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi) (x)	BIC	AIC
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	39.506	50.00	99.96	105.510	104.380
Normale (Maximum de vraisemblance)	2	59.032	50.00	0.04	120.954	119.824

Le tableau présente la loi Gumbel plus adéquate pour le calcul du période de retour de débits minimum, le classement des lois se fait en se basant sur la plus petite de critères BIC

Tableau n°35 :tableau de comparaison des loi de station Attatba

Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi) (x)	BIC	AIC
Normale (Maximum de vraisemblance)	2	0.361	33.33	55.52	-55.100	-57.902
GEV (Maximum de vraisemblance)	3	0.298	33.33	33.47	-54.088	-58.291
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	0.493 3	33.33	11.01	-51.863	-54.665

Le tableau présente la loi normale plus adéquate pour le calcul du période de retour de débits minimum, le classement des lois se fait en se basant sur la plus petite de critères

Tableau n°36 : Fréquence et période de retour de débits maximaux pour les stations étudiées

fréquence	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5
Période de retour	100ans	50ans	20ans	10ans	5ans	2ans
Baraki	1740	1510	1200	960	724	412
Altairak	44.1	39.2	32.6	27.6	22.7	16.1
Baghlia	1580	1370	1080	870	655	372
Attatba	375	235	259	209	159	93.6

Un débit de 16.1m³/s a une occurrence tous les 2 ans dans l'oued El Harrach et plus la période de retour à partir de 5ans, 10ans, 50ans 100ans et grand plus les valeurs de débits s'accroître le période de retour 100 ans 44.1 m³/s.

Tableau n°37 : tableau de période de retour et fréquence.

fréquence	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5
Période de retour	100ans	50ans	20ans	10ans	5ans	2ans
baraki	0.361	0.337	0.301	0.269	0.231	0.157
baghlia	10.8	6.50	3.24	1.87	1.01	0.359
altairac	0.377	0.352	0.314	0.280	0.240	0.162
attatba	255	57.6	7.90	1.70	0.343	0.0301

Pour les débits min un débit 0.15m³/s a une occurrence tous les 2 ans d'oued el Harrach et 0.35m³/s de sébaou , et augment le débits don la période de retour A quelques pour cent a des période 5ans, 10ans, 20ans, 50ans et le débits 0.361m³/s a une occurrence tous les 100ans à la station de Baraki et 10.8m³/s a la station de Baghlia.

Les grandes valeurs de débits calculés sont du à la qualité des données qui sont sujet comme étant des valeurs erronées.

IV.6.Courbes QDF

Tableau n°38: Tableau récapitulatif de débit maximale pour la station d’ALTAIRAC

station d’altairac	période de retour et fréquence					
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.50
Durée	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans
24h	22.9	21.0	18.3	16.2	13.7	9.80
48h	38.6	35.3	30.7	27.0	22.9	16.2
72h	50.4	46.1	40.2	35.3	29.9	21.2

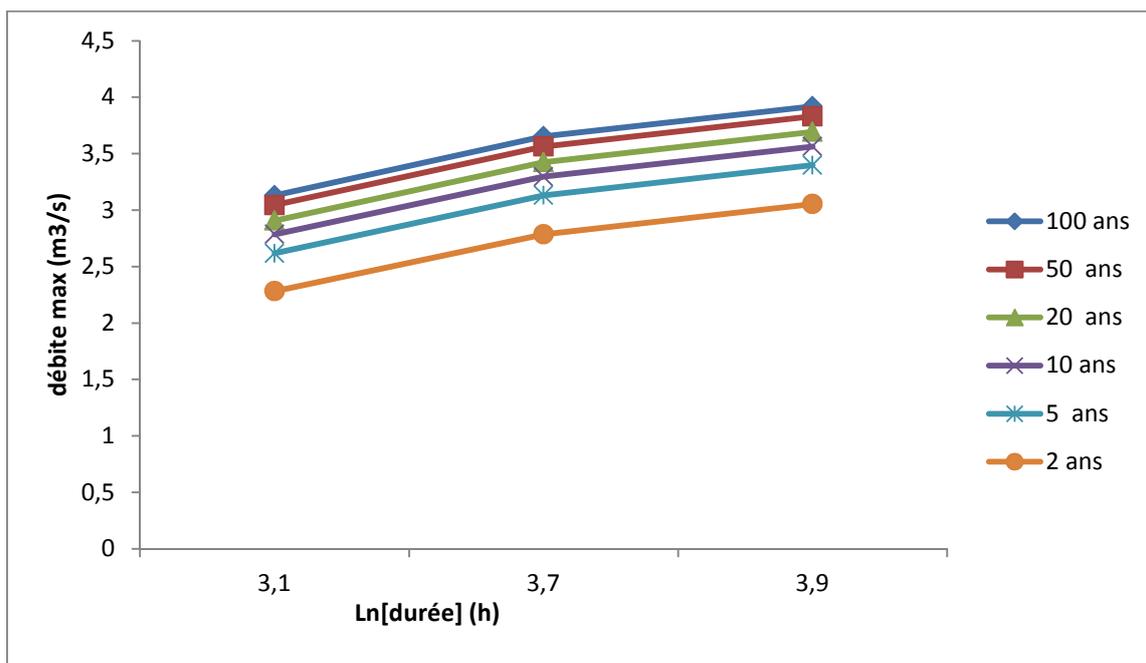


Figure n°11 : courbe QDF de la station Altairac

D’après ce tableau, nous avons observé que pour une durée de 24 h un faible débits égale 22.9m³/s pour une période de retour 100 ans 50ans 20ans. Pour un durée de 48 h en remarque une augmentation les débits 38.6 m³/s par apport à la durée 24 h. après 48 nous avons constaté une légère concentration de débits puis deviens maximale après 72 h. Ces variations sont moins important durent le période retour la plus faible de 20ans 10ans 5ans 2ans

Tableau n°39: Tableau récapitulatif de débit maximale pour la station d’ATTATBA

station d'attatba	période de retour et fréquence					
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.50
durée	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans
24h	236	202	157	123	88.1	40.9
48h	271	236	188	151	113	58.4
72h	1650	995	502	292	162	59.1

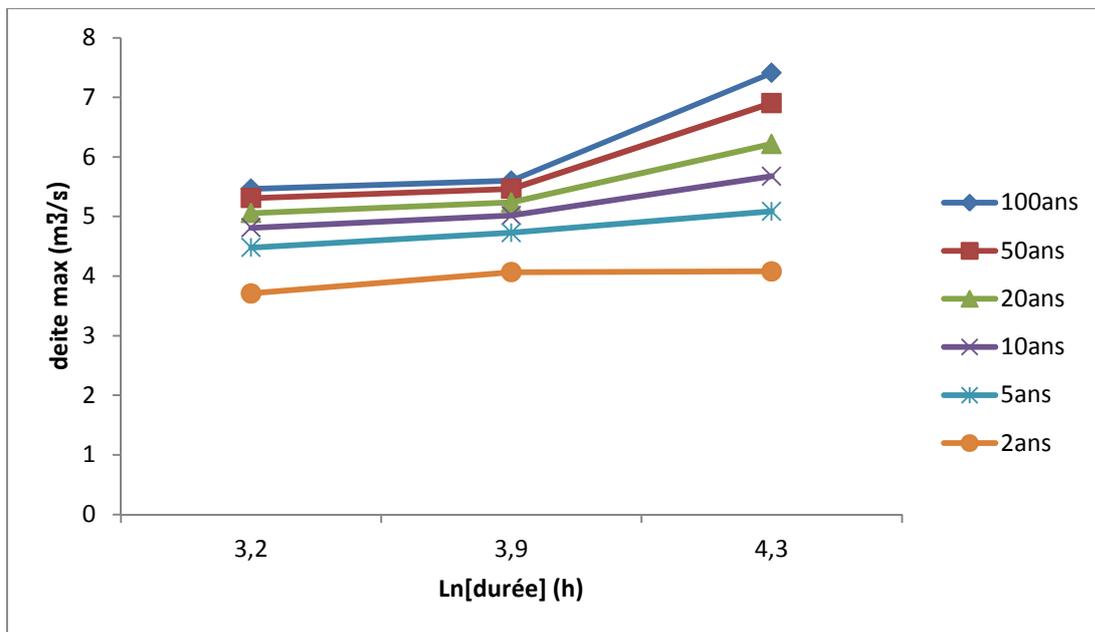


Figure n° 40 : courbe QDF de la station Attataba

D'après ce tableau, nous avons observé que pour une durée de 24 h un faible débit égale 236m³/s pour une période de retour 100 ans 50ans 20ans. Pour un durée de 48 h en remarque une augmentation les débits 271m³/s par apport à la durée 24 h. après 48 nous avons constaté une légère concentration de débits puis deviens maximale après 72 h. Ces variations sont moins important durent le période retour la plus faible de 20ans 10ans 5ans 2ans.

Tableau n°41 : récapitulatif de débit maximale pour la station baghlia.

station de baghlia.	période de retour et fréquence					
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.50
Durée h	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans

24	874	771	631	521	406	233
48	1180	1100	989	887	763	527
72	2300	1970	1530	1200	867	429

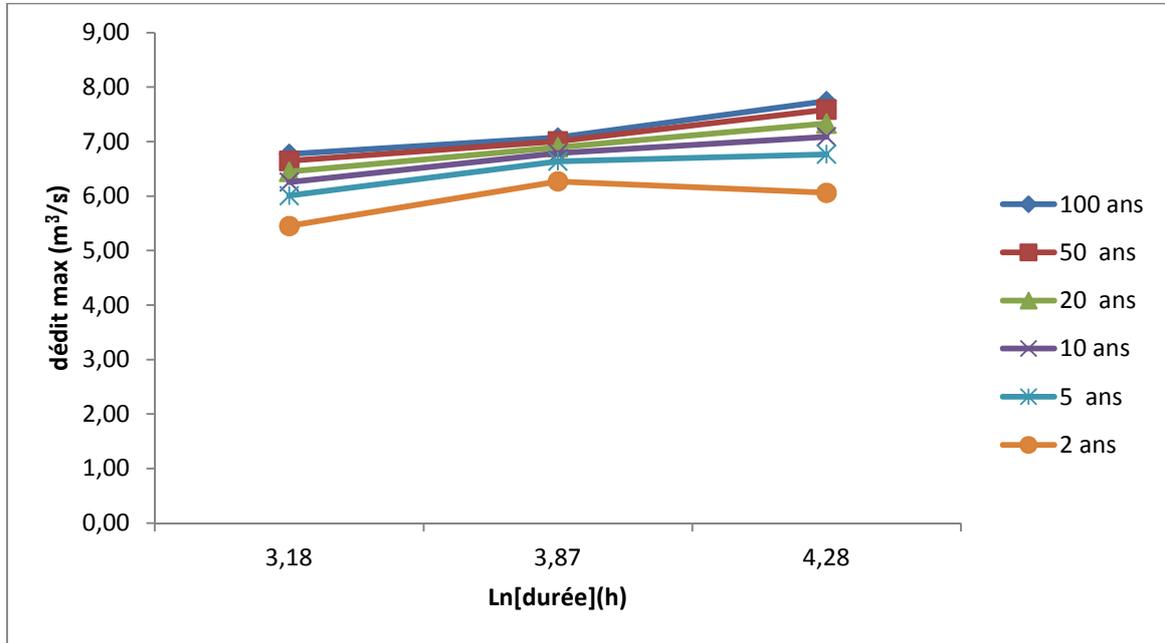


Figure n°13 : courbe QDF de la station de Baghlia

D'après ce tableau, nous avons observé que pour une durée de 24 h un faible débit égale 874m³/s pour une période de retour 100ans 50ans 20ans. Pour un durée de 48 h en remarque une augmentation les débits 1180m³/s par apport à la durée 24 h. après 48 nous avons constaté une légère concentration de débits puis deviens maximale après 72 h. Ces variations sont moins important durent le période retour la plus faible de 20ans 10ans 5ans 2ans

Tableau n°42 : récapitulatif de débit maximale pour la station baraki.

station de baraki	période de retour et fréquence					
	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.50
Durée h	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans
24	1070	894	669	501	336	128
48	1420	1200	913	696	479	198
72	1880	1590	1210	919	634	263

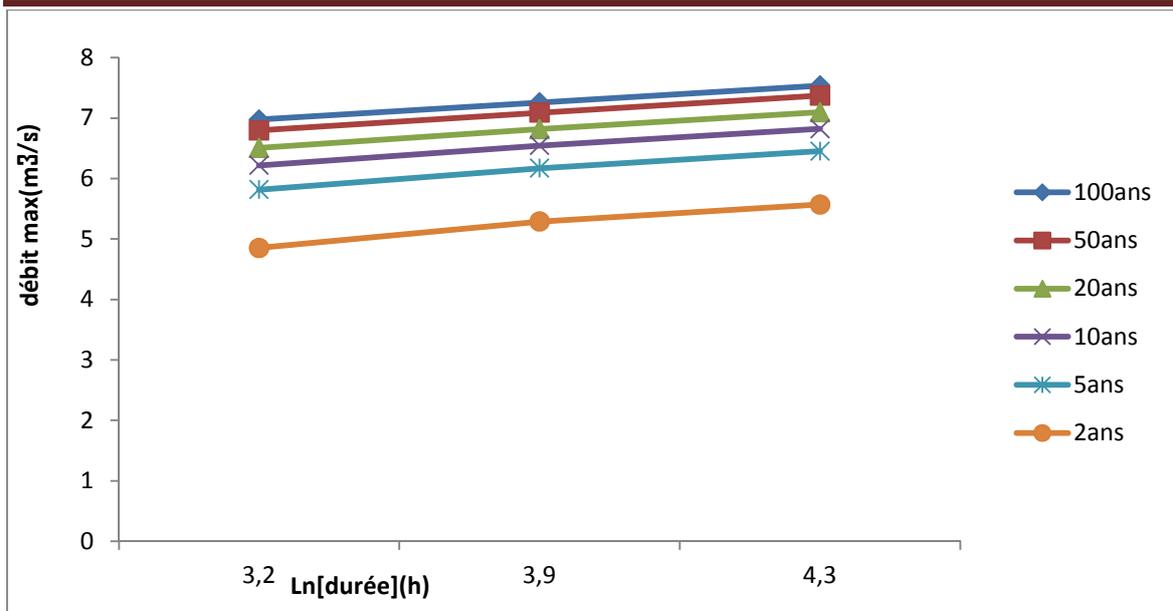


Figure n°14 : courbe QDF de la station Baraki

D'après ce tableau, nous avons observé que pour une durée de 24 h un faible débits égale $1070\text{m}^3/\text{s}$ pour une période de retour 100 ans 50ans 20ans. Pour un durée de 48 h en remarque une augmentation les débits $1420\text{m}^3/\text{s}$ par apport à la durée 24 h. après 48 nous avons constaté une légère concentration de débits puis deviens maximale après 72 h. Ces variations sont moins important durent le période retour la plus faible de 20ans 10ans 5ans 2ans.

D'après les tableaux pour la période de retour plu la période est important le débit important donc plus la période de retour et grand plus les valeur de débits s'accroit.

En cas le débit dépasses la capacité de l'oued, il y aurait probablement des risque d'inondation des sols agricoles par conséquence avoisinant.

Conclusion générale

Cette étude est menée dans le bassin hydrographique de l'Algérois, dont nous avons choisi deux sous bassins versant comme une zone d'étude à savoir : le bassin versant d'oued el Harrach et le bassin versant de Sébaou. Ce choix est justifié par l'importance géographique et socio-économique que jouent dans le bassin côtier Algérois, ainsi la disponibilité des données où chaque sous bassin était représenté par deux stations pluviométriques et deux stations hydrométriques.

Sur une superficie de 1260km² le bassin versant d'oued El Harrach renferme de riches nappes phréatiques à faible profondeur, caractérisé par un sol argileux. Quant au bassin versant de Sébaou avec une superficie de 2500 km², la structure du sous-sol reste donc en partie encore inconnue.

Les données collectées ont été utilisées afin de caractériser les phénomènes hydrologiques extrêmes à savoir : la sécheresse et l'inondation. Afin d'analyser la sécheresse et son ampleur ainsi la risque d'inondation, nous avons calculé le SPI et le SQI à l'échelle mensuelle et annuelle. Les résultats obtenus montrent que la classe dominante est la classe proche à la normale, suivie par la classe modérément sèche pour l'ensemble des stations étudiées et pour les deux indices calculés. La comparaison entre les valeurs annuelles de SPI et SQI de chaque station étudiée explique que la fluctuation saisonnière de précipitation affecte directement l'écoulement en termes de débit max.

La fréquence de retour des débits extrême (maximaux et minimaux)d'oued Sébaou durant la saison hivernale était important de sorte que, dans le période 1980-1990 les débits max sont de 67m³/s au mois de janvier. Cependant, les débits min coïncident avec l'écoulement d'étiage où le plus faible débit de 1.1 m³/s est enregistré à la station de Baghlia. Tandis que pour le sous bassin d'oued el Harrach le débit important a une valeur de 30m³/s durant la période 1971-1990 et le débit min est de 2.62m³/s.

L'établissement des courbes QdF pour les durées de 24h, 48h et 72h durant les périodes de retour de 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans montrent que le débit est plus important plus la durée qu'elle est grande. Le débit le plus important est de 2300m³/s a une occurrence tous les 100ans pour la durée de 72h, au niveau de sous bassin de Sébaou. Par contre, les débits max de l'écoulement d'oued el Harrach est un débit centennal de 1420 m³/s pour la durée de 72h.

Les plus importantes valeurs de débits pour les différentes périodes de retour étudiées indiquent le risque d'inondation qui peut toucher des terrains au voisinage de ces cours d'eau ; ainsi la submersion des terres agricoles où la pente de terrain va le favoriser avec l'absence de réseau de drainage. Ceci montre l'intérêt à porter dans l'étude des débits max et leur fréquence de retour surtout dans les régions à forte activité agricole. Cependant, les petites valeurs de débits qui sont observés durant la période d'étiage, elles vont influencer sur la quantité d'eau que les agriculteurs peuvent l'utiliser pour irriguer leurs cultures pendant la saison estivale.

Référence bibliographique

Abdelbaki Ch. Allal M, Machi M, 2011 : Cartographie de l'aléa inondation par approche hydraulique, cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbés, Algérie, pp. 21.

Adler Marie-Jeanne, 1995 : méthodes de prévision de la sécheresse hydrologique

Aissat Djilali, 2006 : Crues et sécheresses en Algérie, impact sur l'environnement Cas du Moyen Cheliff, pp. 6-59

Aroua, 2009 : Contribution à l'étude de la vulnérabilité urbaine au risque d'inondation dans un contexte de changement climatique. Cas de la vallée d'oued el Harrach à Alger.

Behlouli A, 2010 : LES RISQUES MAJEURS LIÉS A L'EAU, Agence Nationale des Ressources Hydraulique.

Belagoune F, 2012 : étude et modélisation des crues des cours d'eaux en milieu semi-aride Cas des grands bassins versants 05, 06 et 07.

Belkhiri, 2007 : gestion intégrée des ressources en eau protection de la ressource - bassin du sébaou.

Bellah, 2014 : étude d'écoulement liquide et solide dans le bassin versant de l'oued sébaou (wilaya de Tizi Ouzou).

Benchaiba Laila, 2010 : étude hydrologique d'un bassin versant pp. 123-128.

Bendada et Boulakradeche, 2011 : Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds.

Benkhaled. A, 2007 : Distributions statistiques des pluies maximales annuelles dans la région du Cheliff comparaison des techniques et des résultats

Benkiniouar Rachid, 2013 : Etude d'aménagement du tronçon Amont de l'oued el Harrach (w. Alger) contre les inondations pour. La protection des ouvrages paysages projets.

Bensaid, 1998 : la question du reboisement en Algérie.

Boudehane Saïd, 2014 : Construction à l'étude qualitative et quantitative des eaux d'oued El Harrach à Hammam Melouane en vue d'une alimentation artificielle de la nappe.

Bouheraoua et al, 2013 : Caractérisation hydrodynamique des sols de la haute vallée de l'oued sébaou (Algérie) : étude expérimentale, numérique et analytique.

Boukirat Mustapha, 2011 : contribution à l'aménagement de l'oued el Harrach pour la protection de la commune d'el Harrach (w. Alger contre les crues).

Référence bibliographique

Dechemi et CHambaz, 1994 : La prévision des crues du bassin versant de l'Oued Dis (Sebaou) par la méthode DPFT.

Dechmi Farida, 1989 : Etude des lois intensité – durée - fréquence des pluies de courtes durées dans l'Algérois (thèse de Magister El-Harrach(Algérie)).

Djemai, 2012 : Hydrologie du bassin versant du haut Sebaou : hydrogéologie des formations alluviales (Algérie)

Freddy Vinet, 2010 : risque d'inondation, pp. 5.

Frederic P. Miller, Agnès F. Vandon, John MC Brewster (Ed).2010 : Cycle de l'eau (Hydrologie, Hydrogéologie, Hydrologie de surface, Hydraulique urbaine, Précipitations, Nappe d'eau souterraine, Ressources en eau).

Frederic P.Miller, AgnèsF. Vandon, John MC Brewster (Ed), 2010 : Inondation (Cours d'eau, Crue, Catastrophe, Inondation boueuse, Glissement de terrain, Hydraulique urbaine), pp. 1-2.

Guide méthodologique cartographie de la vulnérabilité face au risque climatique.

Haouchine, 2011 : recherche sur la faunistique et l'écologie macroinvertébré des cours d'eau de Kabylie.

Issaadi, 2011 : changement climatique : cas du bassin du moyen cheliff occidental

Kacem Madani, 2014 : Le matin d'Algérie, Malgré la pluie, le spectre de la sécheresse plane sur l'Algérie.

Khaldi A, 2005 : Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida".

Khelifa Assia, 2015 : construction à l'étude de la pollution des eaux souterraines dans la plain de la Mitidja-Est

Lahlah Salah. 2004 : les inondations en Algérie.

Lahlah, 2004 : Document d'information édité par le ministère de l'Écologie et du Développement durable, direction de la Prévention des pollutions et des risques, sous-direction de la Prévention des risques majeurs

Laroussi Beloulo, 2008 : Vulnérabilité aux inondations en milieu urbain. Cas de la ville d'Annaba (Nord-Est Algérien).

Référence bibliographique

Louati Brahim, 2015 : Etude de dépollution industriel du bassin versant de l'oued El Harrach.

Maison carrée, 2009 : construction a l'étude de vulnérabilité urbaine au risque d'inondation dans un contexte de changement climatique- cas de l'oued el Harrach d'Alger.

Martine Tabeaud, 2014 : la climatologie générale, pp.113.

Meddi H, 2009 : étude de la persistance de la sécheresse au niveau de sept plaines algériennes par utilisation des chaines de Markov (1930-2003).

Meddouer Rachid, 2010 : Bioclimatologie, la phetogiographie, phytosociologie en algerie

Medejerab et Henia, 2011 : variations spatio-temporelles de la sécheresse climatique en Algérie nord-occidentale.

Meklati, 2009 : la mise en place d'un plan d'intervention en cas de sécheresse pour la wilaya d'Alger.

Mélanie et christiphe, 2005 : crues et inondations, les enjeux des Géosciences, pp. 4.

Merouane ,2006 : contribution à l'étude de l'inondable de l'oued el Harrach.

MEZRAG Djallal, 2013 : Contribution à L'étude D'impact d'Aménagement d'Oued El Harrach à Alger (Traitements des Eaux Usées) Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene Département de la Géographie et de l'Aménagement de Territoire Laboratoire de l'Aménagement de Territoire USTHB, BP 32 EL ALIA Bab - Ezzouar, Alger.

Natech, 2011 : présentation du phénomène inondation et impact de changement climatique sur le risque inondation.

Pierre-Alain Roche, Jacques Miquel, Eric Gaume 2012 : hydrologie quantitative

Referens bibliographique :

Saket zhia, 2009 : cartographie de la vulnérabilité/ sensibilité à la pollution des eaux de la nappe alluviale la haut sébaou.

Sellal, 2014 :« L'oued El Harrach complètement épuré d'ici ».

Shofm, 1994 : guide des pratiques hydrologiques, pp.432-505.

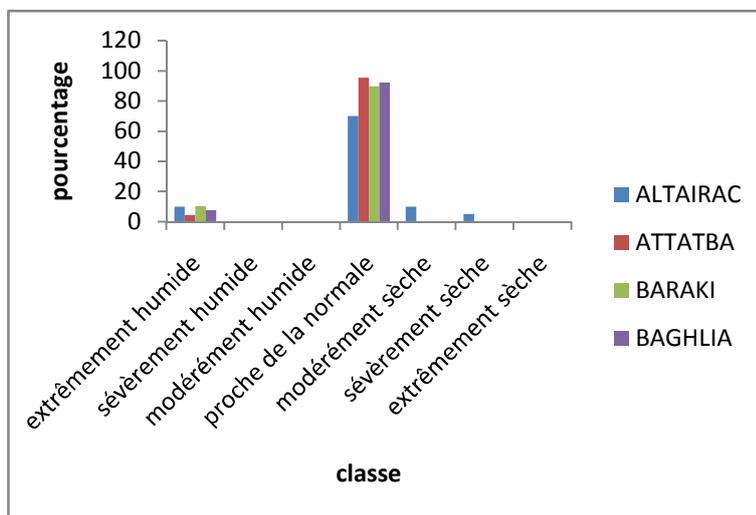
Stucky et Enhyd, 2013 : Méthodologie : étude générale sur les inondations (cartographie des zones inondables et des zones à risque, système de prévision et d'alerte des crues).

I.1.Débit max

Figure : Répartition des Valeur du QSI des stations étudiées

Tableau : répartition des valeurs du QSI de la station étudiée.

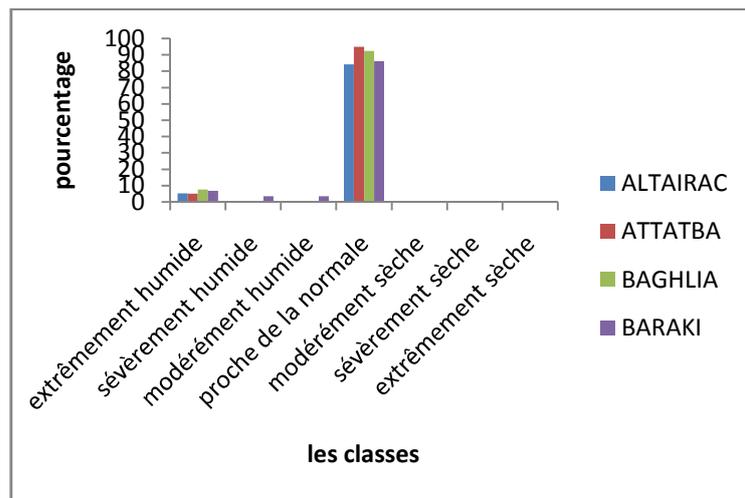
Mois septembre



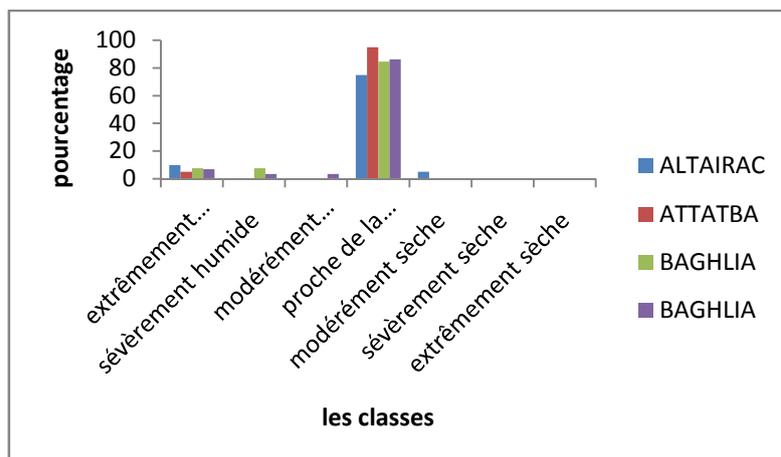
Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BARAKI	BAGHLIA
extrêmement humide	10	4,54	10,34	7,69
sévèrement humide	0	0	0	0
modérément humide	0	0	0	0
proche de la normale	70	95,45	89,65	92,30
modérément sèche	10	0	0	0
sévèrement sèche	5	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois octobre

Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5,26	5	7,69	6,89
sévèrement humide	0	0	0	3,44
modérément humide	0	0	0	3,44
proche de la normale	84,21	95	92,30	86,20
modérément sèche	0	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

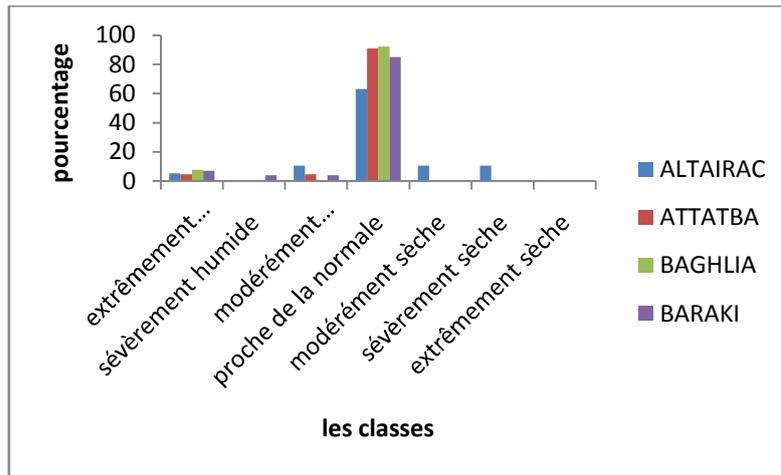


Mois novembre



Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BAGHLIA	BAGHLIA
extrêmement humide	10	5	7,69	6,89
sevèrement humide	0	0	7,69	3,44
modérément humide	0	0		3,44
proche de la normale	75	95	84,61	86,20
modérément sèche	5	0	0	0
sevèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

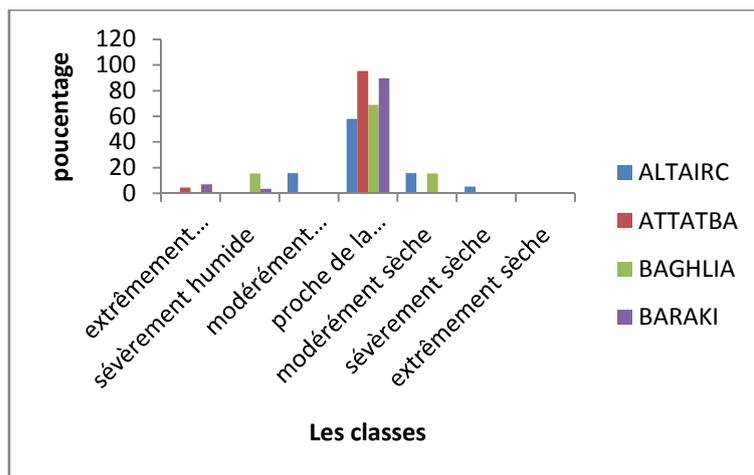
Mois de decembre



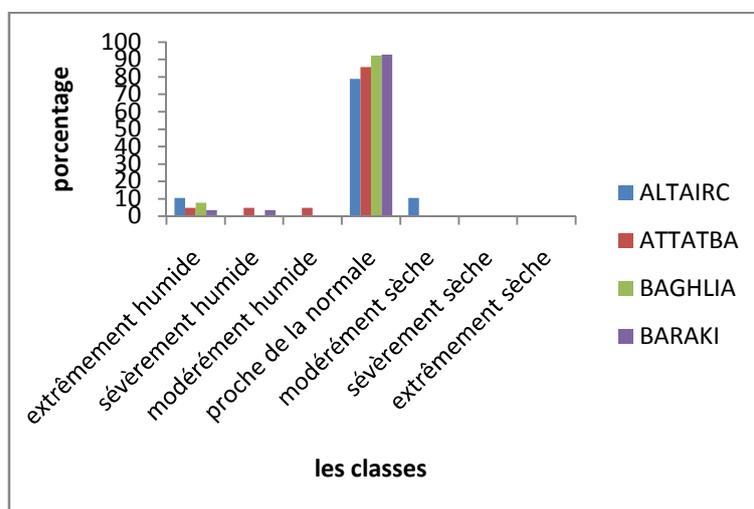
Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5,26	4,54	7,69	7
sévèrement humide	0	0	0	4
modérément humide	10,52	4,54	0	4
proche de la normale	63,15	90,90	92,30	85
modérément sèche	10,52	0	0	0
sévèrement sèche	10,52	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois janvier

Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	0	4,54	0	6,89
sévèrement humide	0	0	15,38	3,44
modérément humide	15,78	0	0	0
proche de la normale	57,89	95,45	69	89,65
modérément sèche	15,78	0	15,38	0
sévèrement sèche	5,26	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

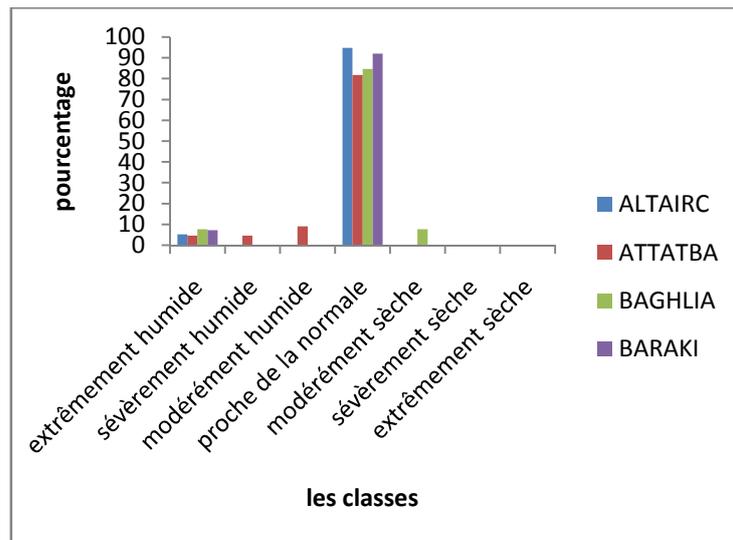


Mois Février



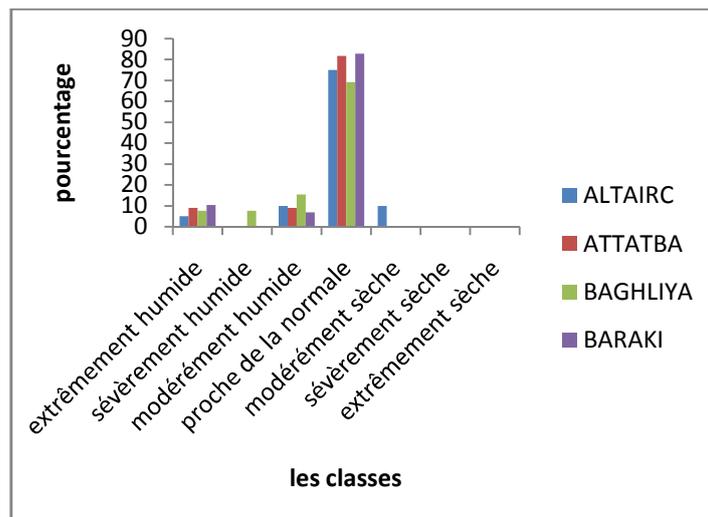
Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	10,52	4,76	7,69	3,57
severement humide	0	4,76	0	3,571
moderement humide	0	4,76	0	0
proche de la normale	78,94	85,71	92,30	92,85
moderement seche	10,52	0	0	0
severement seche	0	0	0	0
extremement seche	0	0	0	0

Mois de Mars



Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5,26	4,54	7,69	7,14
sévèrement humide	0	4,54	0	0
modérément humide	0	9,09	0	0
proche de la normale	94,73	81,81	84,61	92
modérément sèche	0	0	7,69	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

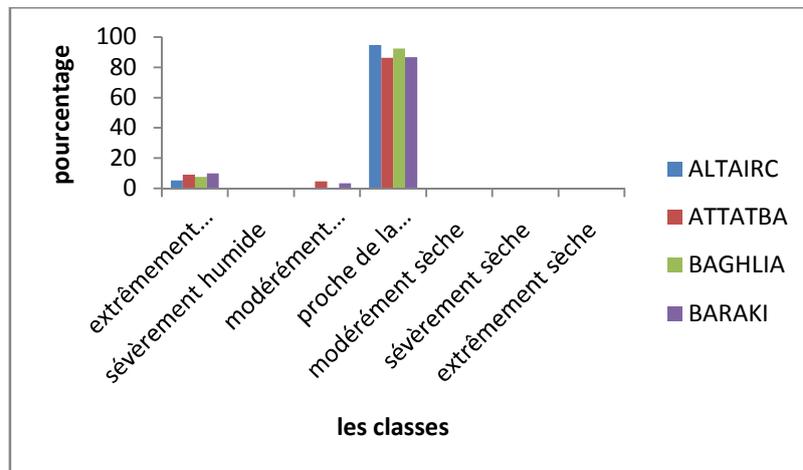
Mois Avril



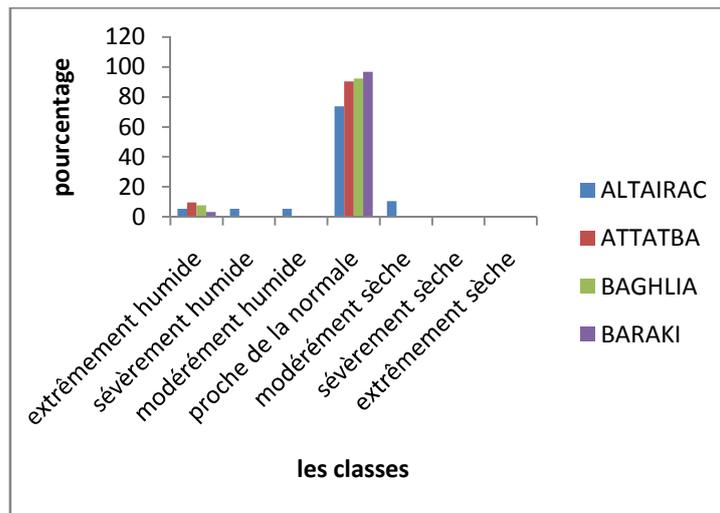
Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIYA	BARAKI
extrêmement humide	5	9,09	7,69	10,34
sévèrement humide	0	0	7,69	0
modérément humide	10	9,09	15,38	6,89
proche de la normale	75	81,81	69,23	82,75
modérément sèche	10	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois de Mai

Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5,26	9,09	7,69	10
sévèrement humide	0	0	0	0
modérément humide	0	4,54		3,33
proche de la normale	94,73	86,36	92,3	86,66
modérément sèche	0	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

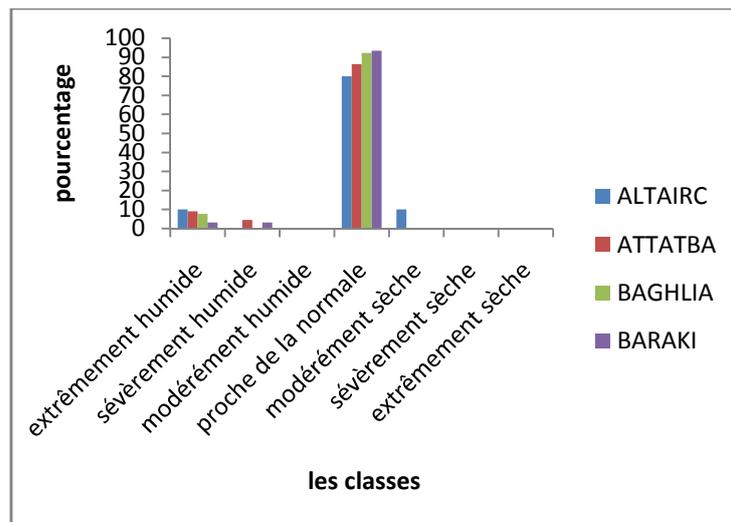


Mois juin



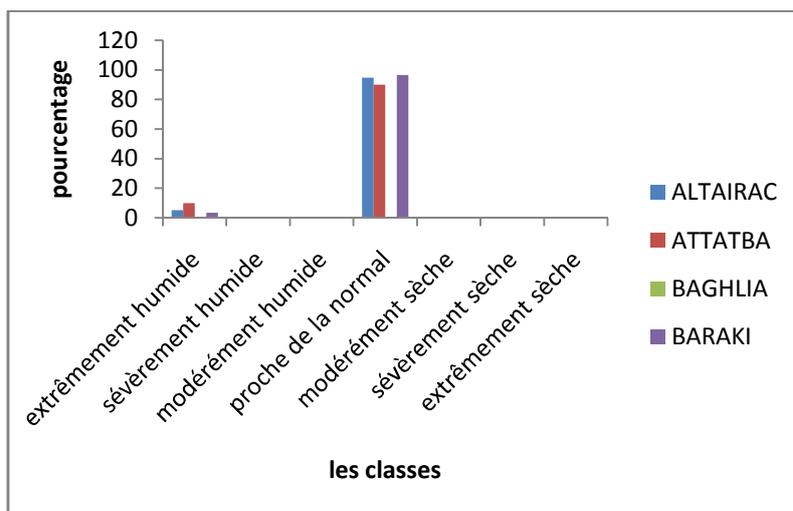
Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5,26	9,52	7,69	3,22
sévèrement humide	5,26	0	0	0
modérément humide	5,26	0	0	0
proche de la normale	73,68	90,47	92,3	96,77
modérément sèche	10,52	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois juillet



Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	10	9,09	7,69	3,22
sévèrement humide	0	4,54	0	3,22
modérément humide	0	0	0	0
proche de la normale	80	86,36	92,3	93,54
modérément sèche	10	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

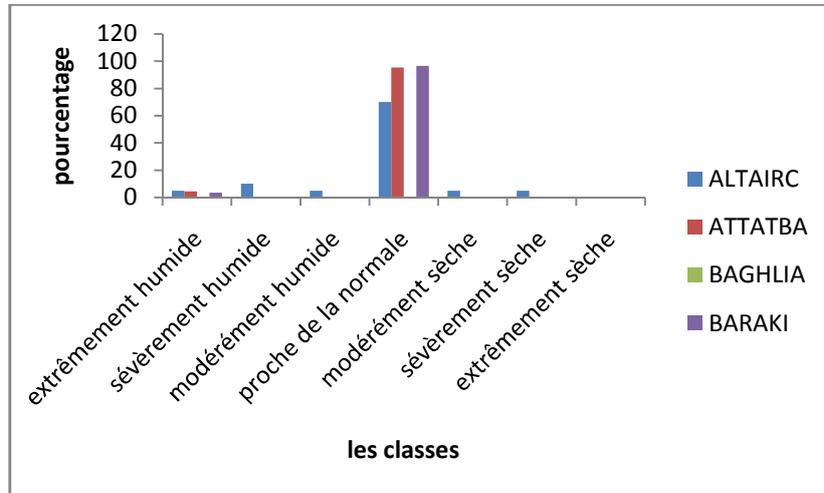
Mois Aout



Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5,26	10	0	3,44
sévèrement humide	0	0	0	0
modérément humide	0	0	0	0
proche de la normal	94,73	90	0	96,55
modérément sèche	0	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

I.2.Débits Min

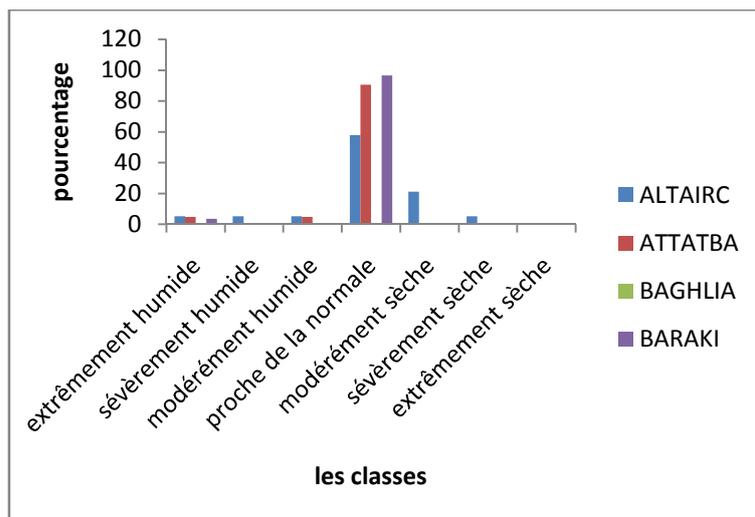
Mois septembre



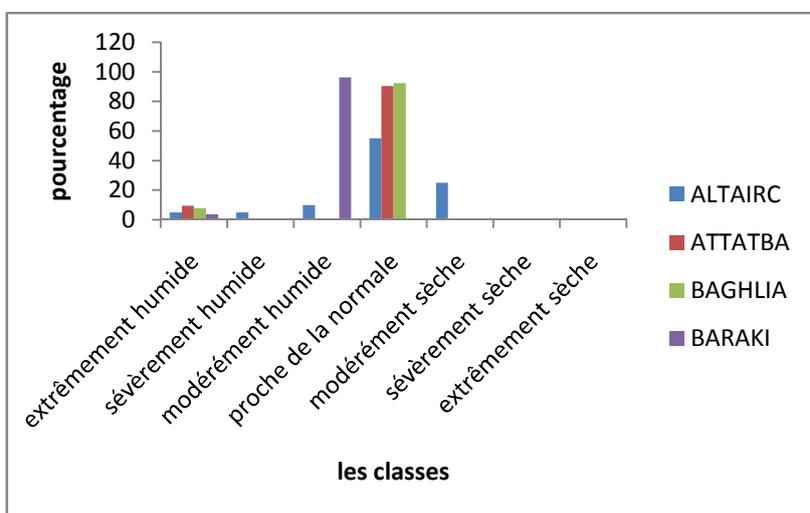
Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5	4,54	0	3,44
sévèrement humide	10	0	0	0
modérément humide	5	0	0	0
proche de la normale	70	95,45	0	96,55
modérément sèche	5	0	0	0
sévèrement sèche	5	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois Octobre

Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5,26	4,76		3,44
sévèrement humide	5,26	0		0
modérément humide	5,26	4,76		0
proche de la normale	57,89	90,47		96,55
modérément sèche	21,05	0	0	0
sévèrement sèche	5,26	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

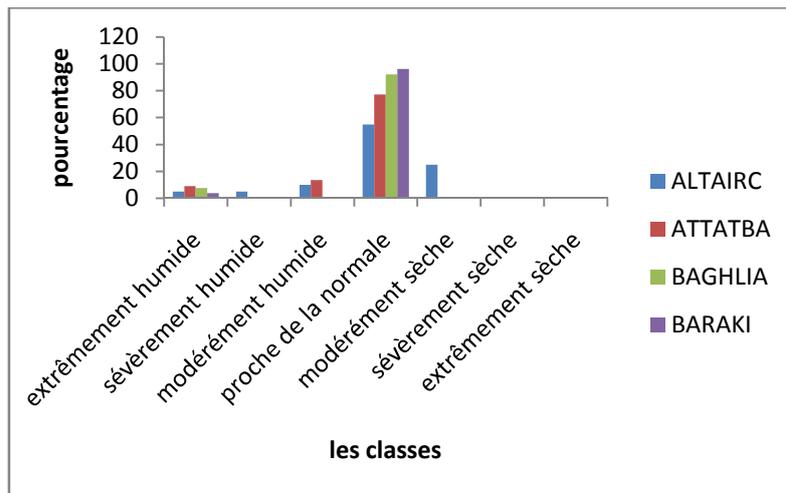


Mois Novembre



Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5	9,52	7,69	3,70
sévèrement humide	5	0	0	0
modérément humide	10	0	0	96,29
proche de la normale	55	90,47	92,30	0
modérément sèche	25	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

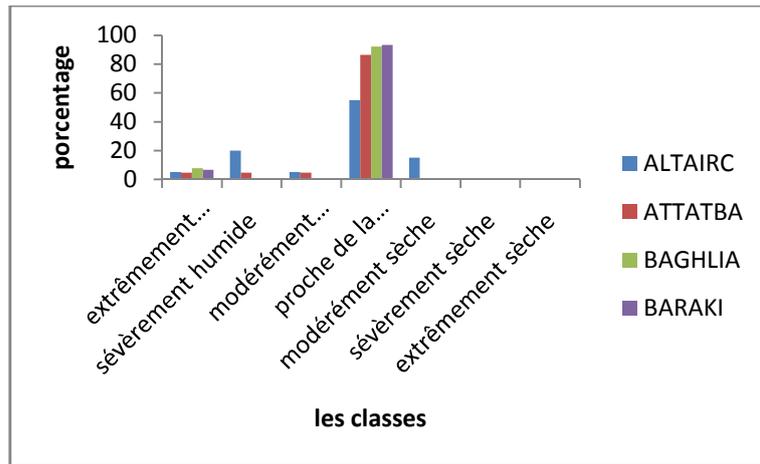
Mois Décembre



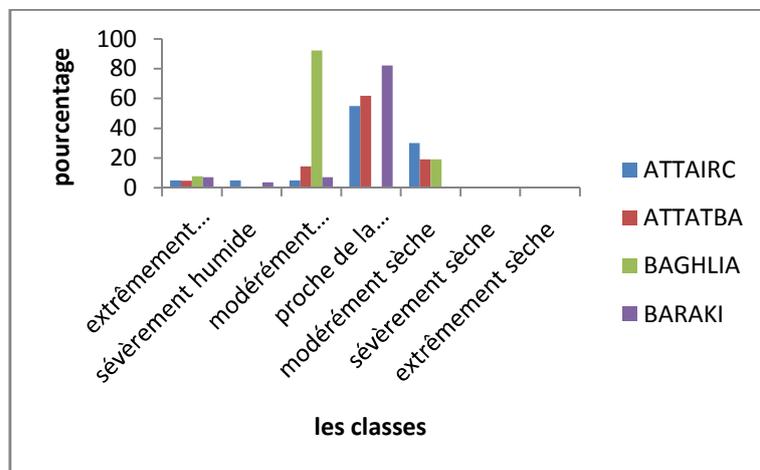
Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5	9,090	7,69	3,70
sévèrement humide	5	0	0	0
modérément humide	10	13,63	0	0
proche de la normale	55	77,27	92,30	96,29
modérément sèche	25	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois Janvier

Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5	4,54	7,69	6,66
sévèrement humide	20	4,54	0	0
modérément humide	5	4,54	0	0
proche de la normale	55	86,36	92,30	93,33
modérément sèche	15	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

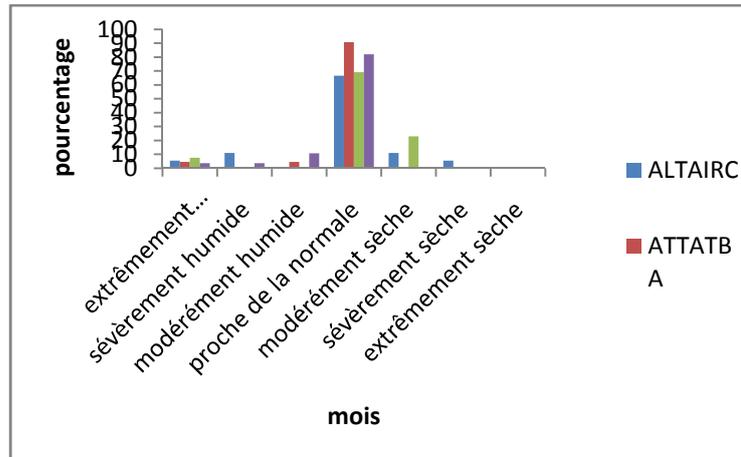


Mois de Février



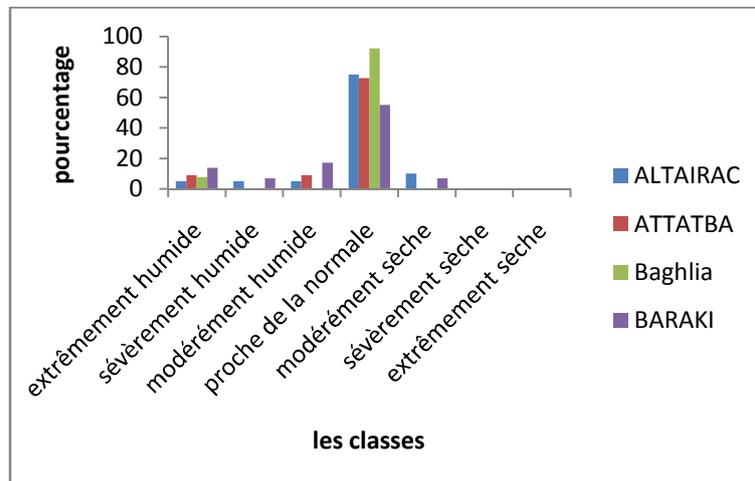
Classe	ATTAIRC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5	4,76	7,69	7,14
sévèrement humide	5	0	0	3,57
modérément humide	5	14,28	92,30	7,14
proche de la normale	55	61,90		82,14
modérément sèche	30	19,04	19,04	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois Mars



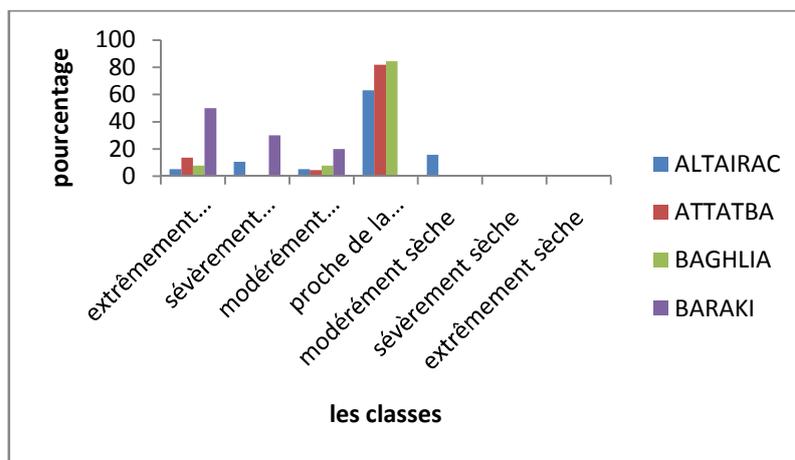
Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIYA	BARAKI
extrêmement humide	5,55	4,545	7,69	3,57
sévèrement humide	11,11		0	3,57
modérément humide	0	4,54	0	10,71
proche de la normale	66,66	90,90	69,23	82,14
modérément sèche	11,11		23,076	0
sévèrement sèche	5,55	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois Avril



Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIYA	BARAKI
extrêmement humide	5	9.09	7,69	13,79
sévèrement humide	5			17.24
modérément humide	5	9.090		17.24
proche de la normale		72.72	92.30	55.17
modérément sèche	75			6.896
sévèrement sèche	10			
extrêmement sèche				

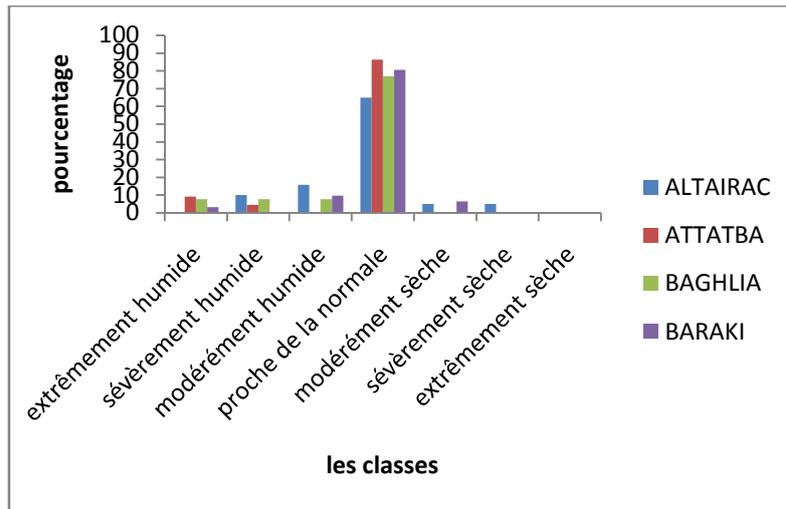
Mois Mai



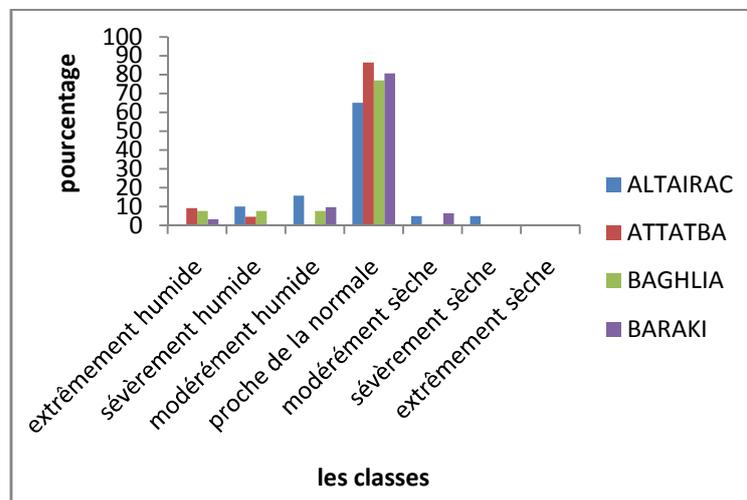
Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5,26	13,63	7,69	50
sévèrement humide	10,52		0	30
modérément humide	5,26	4,54	7,69	20
proche de la normale	63,15	81,81	84,61	0
modérément sèche	15,78	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois de Juin

Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	0	9,09	7,69	3,22
sévèrement humide	10	4,54	7,69	
modérément humide	15,78	0	7,69	9,67
proche de la normale	65	86,36	76,92	80,64
modérément sèche	5	0	0	6,451
sévèrement sèche	5	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

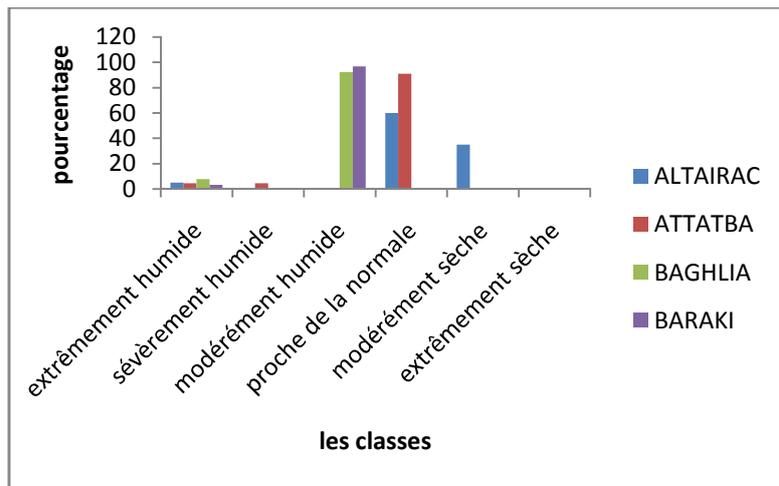


Mois Juillet



Classe	ALTAIRAC	ATTATBA	BAGHLIA	BARAKI
extrêmement humide	5	4,54	7,69	3,22
sevèrement humide	0	4,545	0	
modérément humide	0	0	92,30	96,77
proche de la normale	60	90,90	0	0
modérément sèche	35	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

Mois D'Aout



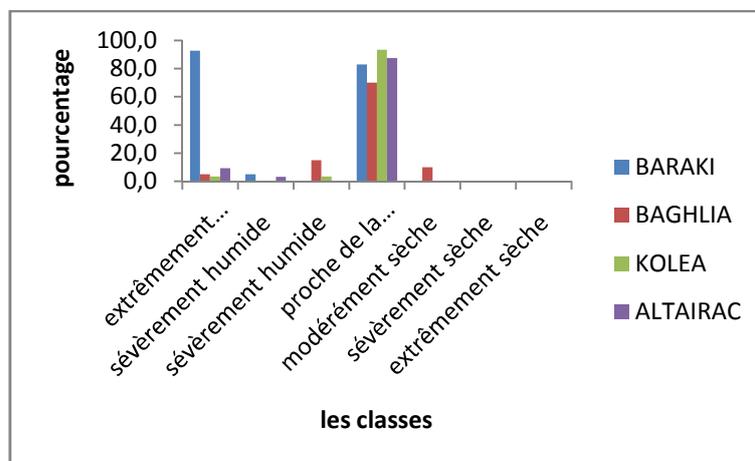
Classe	ALTAIRC	ATTATBA	BAGHLIYA	BARAKI
extrêmement humide	5	5	0	3,45
sévèrement humide	5		0	3,45
modérément humide	0		0	
proche de la normale	60	95	0	86,20
modérément sèche	30		0	3.33
sévèrement sèche	0			
extrêmement sèche	0			

II. Spi

Figure : Répartition des Valeur du Spi des stations étudiées

Tableau : répartition des valeurs du Spi des stations étudiées.

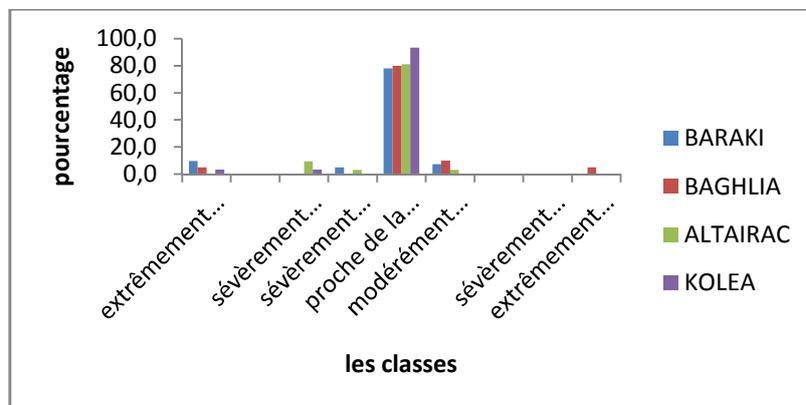
Moi septembre



Classes	BARAKI	BAGHLIA	KOLEA	ALTAIRAC
extrêmement humide	92,8	5	3,3	9,4
sévèrement humide	4,9	0	0	3,1
sévèrement humide	0	15	3,3	0
proche de la normale	82,9	70	93,3	87,5
modérément sèche	0	10	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

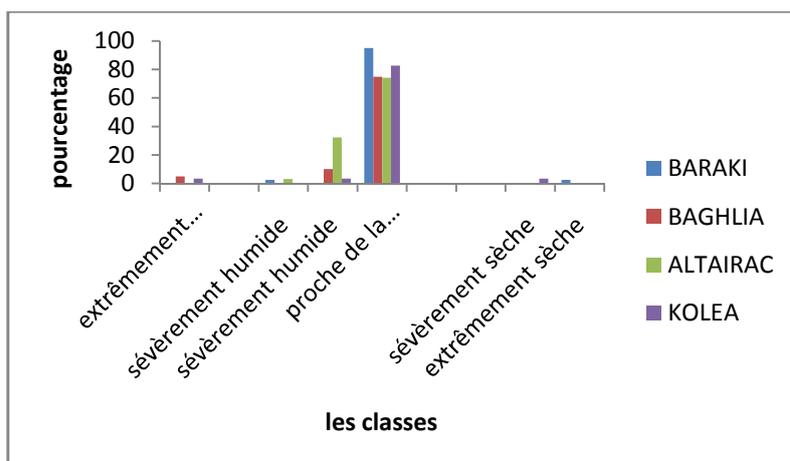
Moi octobre

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	9,8	5	0	3,3
sévèrement humide	0	0	9,4	3,3
sévèrement humide	4,9		3,1	
proche de la normale	78,0	80	81,3	93,3
modérément sèche	7,3	10	3,1	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	5	0	0

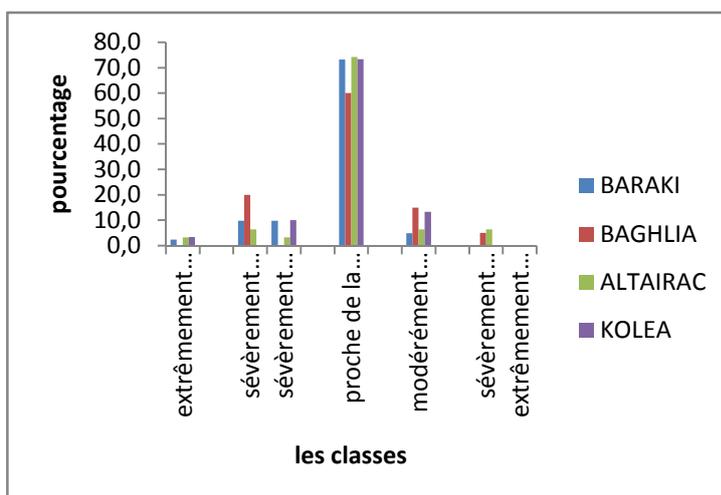


Moi novembre

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	0	5		3,4
sévèrement humide	2,4	0	3,2	0
sévèrement humide		10	32,3	3,4
proche de la normale	95,1	75	74,2	82,8
modérément sèche	0	5	16,1	6,9
sévèrement sèche	0	0	0	3,4
extrêmement sèche	2,4	0	0	0



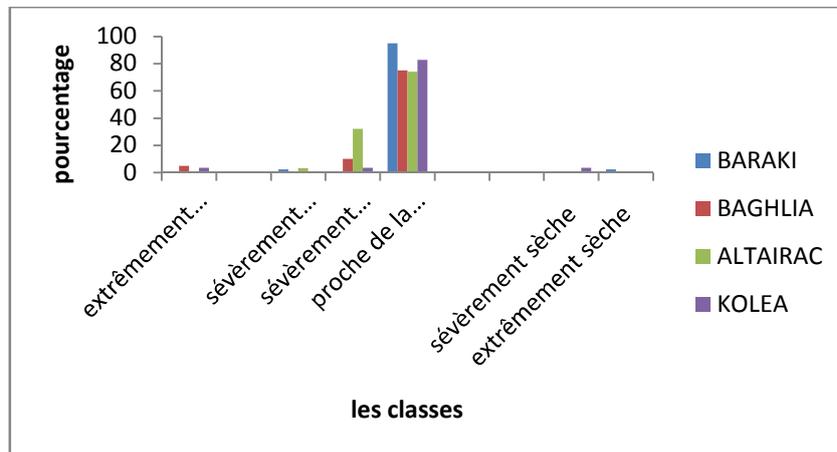
Moi décembre



Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	0	5	0	3,4
sevèrement humide	2,4	0	3,2	0
sevèrement humide	0	10	32,3	3,4
proche de la normale	95,1	75	74,2	82,8
modérément sèche	0	5	16,1	6,9
sevèrement sèche	0	0	0	3,4
extrêmement sèche	2,4	0	0	0

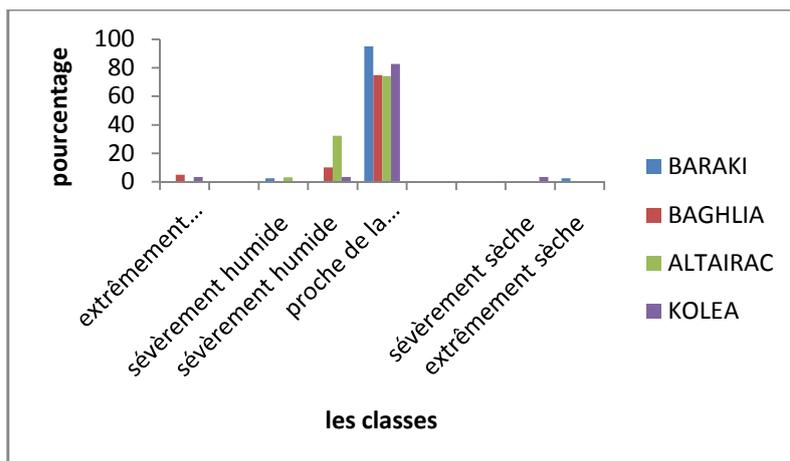
Mois janvier

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	0	5	6,5	0
sévèrement humide	7,3	5	12,9	3,2
sévèrement humide	14,6	5	0	6,5
proche de la normale	58,5	75	71,0	58,1
modérément sèche	19,5	10	9,7	16,1
sévèrement sèche	0	0	0	16,1
extrêmement sèche	0	0	0	0



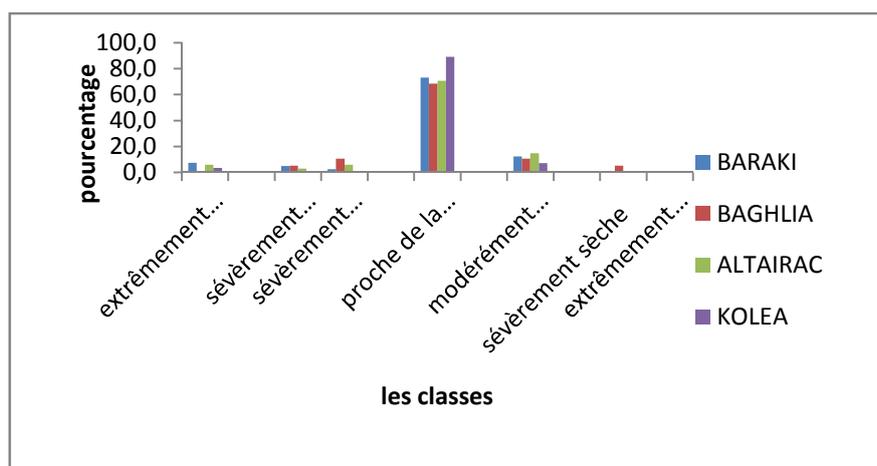
Mois février

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	4,9	10	5,9	3,3
sévèrement humide	7,3	0	2,9	6,7
sévèrement humide	2,4	5	2,9	16,7
proche de la normale	78,0	70	76,5	60,0
modérément sèche	7,3	15	11,8	13,3
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0



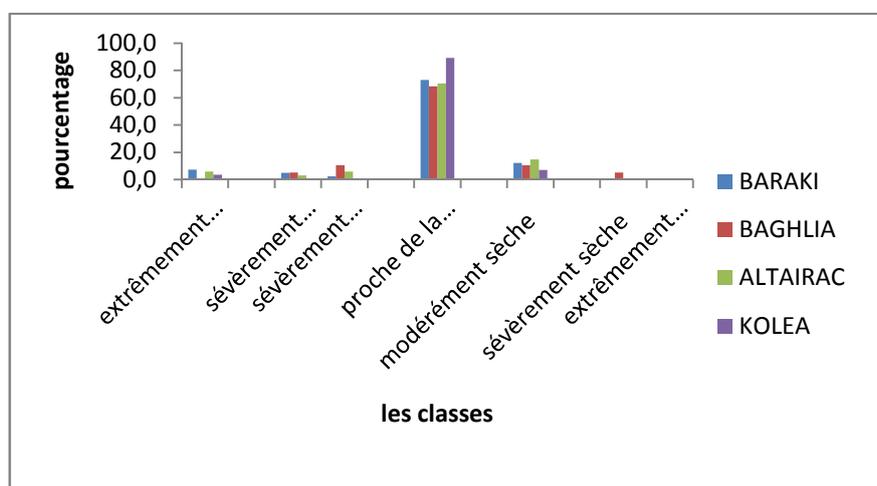
Mois Maras

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	2,4	5		3,4
sevèrement humide	12,2	10	0	0
sevèrement humide	2,4	5		6,9
proche de la normale	68,3	65	97,1	79,3
modérément sèche	14,6	10		10,3
sevèrement sèche	0	5	0	0
extrêmement sèche	0	0	2,9	0



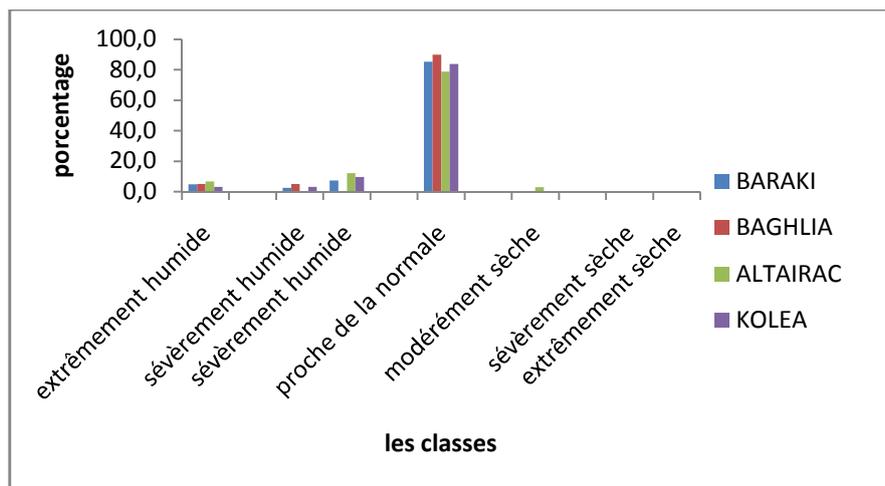
Mois avril

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	7,3		5,9	3,6
sévèrement humide	4,9	5,3	2,9	0
sévèrement humide	2,4	10,5	5,9	0
proche de la normale	73,2	68,4	70,6	89,3
modérément sèche	12,2	10,5	14,7	7,1
sévèrement sèche	0	5,3	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0



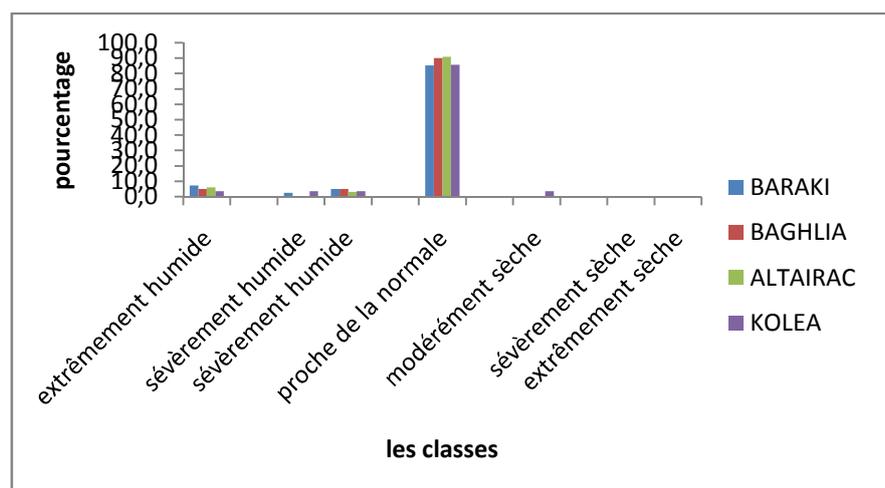
Mois mai

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	4,9	5	6,6	3,2
sévèrement humide	2,4	5	0	3,2
sévèrement humide	7,3		12,1	9,7
proche de la normale	85,4	90	78,8	83,9
modérément sèche	0	0	3,0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0



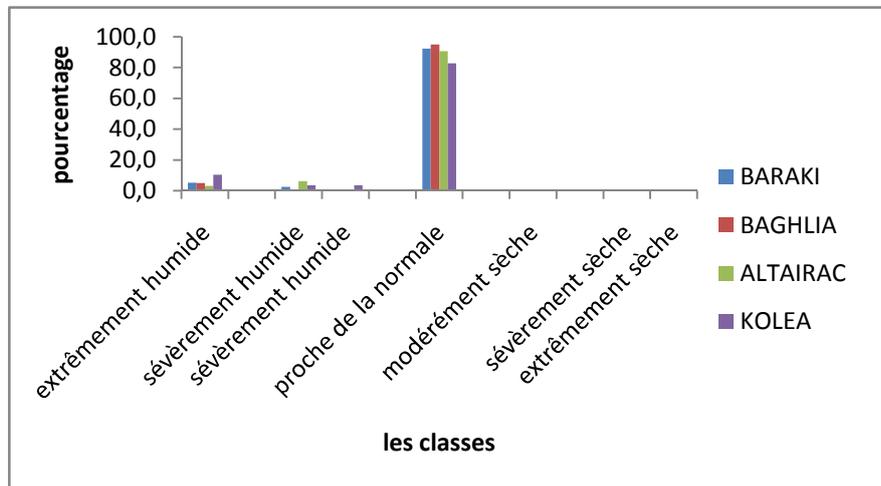
Mois juin

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	7,3	5	6,1	3,6
sévèrement humide	2,4	0	0	3,6
sévèrement humide	4,9	5	3,0	3,6
proche de la normale	85,4	90	90,9	85,7
modérément sèche	0	0	0	3,6
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0



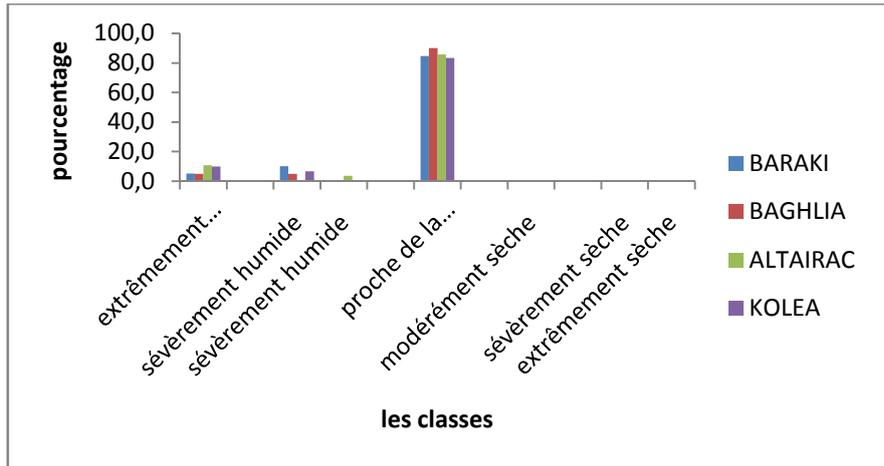
Mois juillet

Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	5,1	5	3,1	10,3
sévèrement humide	2,6		6,3	3,4
sévèrement humide				3,4
proche de la normale	92,3	95	90,6	82,8
modérément sèche				
sévèrement sèche				
extrêmement sèche				



Mois out

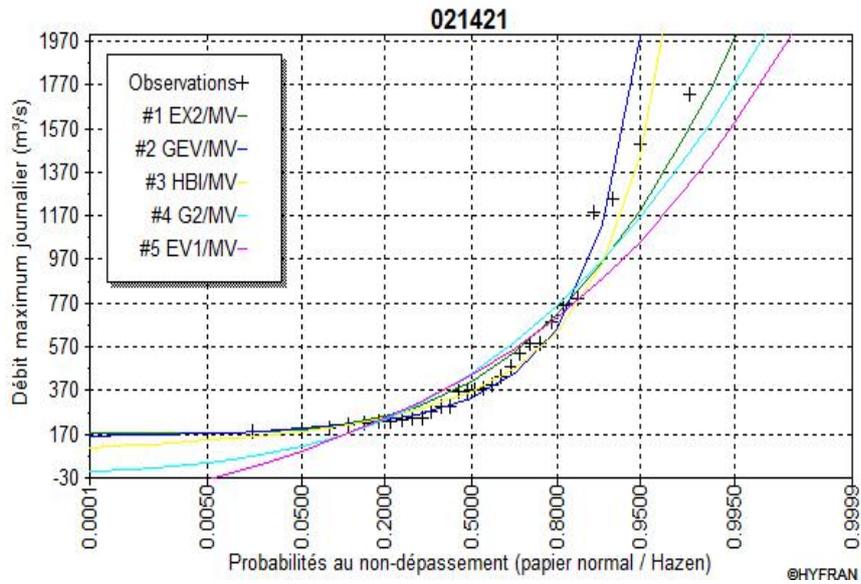
Classes	BARAKI	BAGHLIA	ALTAIRAC	KOLEA
extrêmement humide	5,1	5	10,7	10,0
sévèrement humide	10,3	5	0	6,7
sévèrement humide	0		3,6	0
proche de la normale	84,6	90	85,7	83,3
modérément sèche	0	0	0	0
sévèrement sèche	0	0	0	0
extrêmement sèche	0	0	0	0

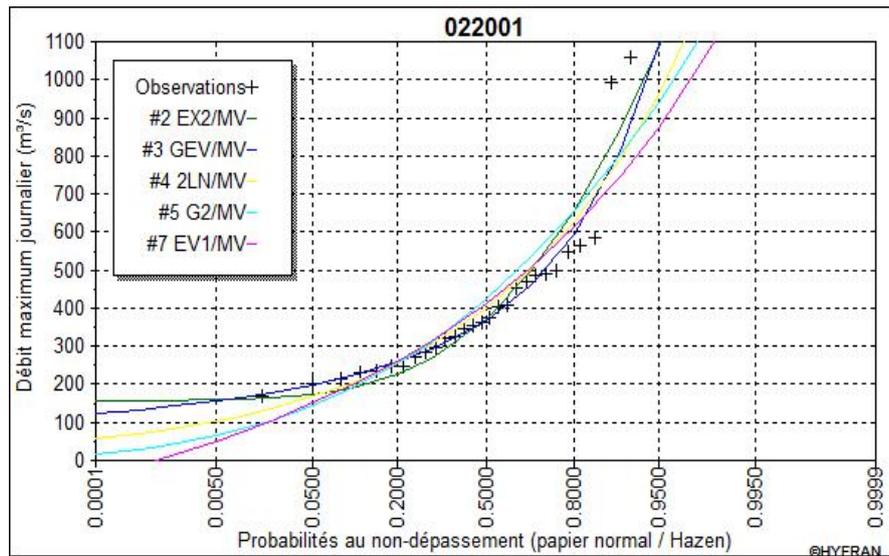
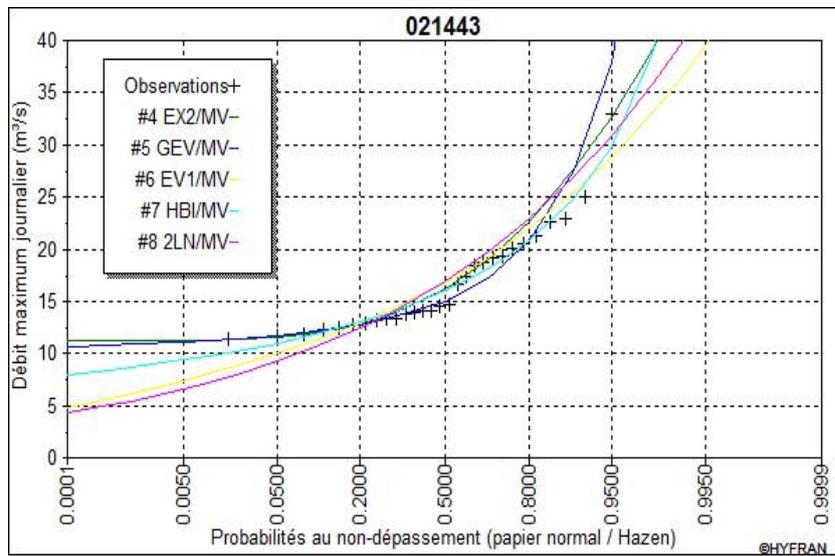
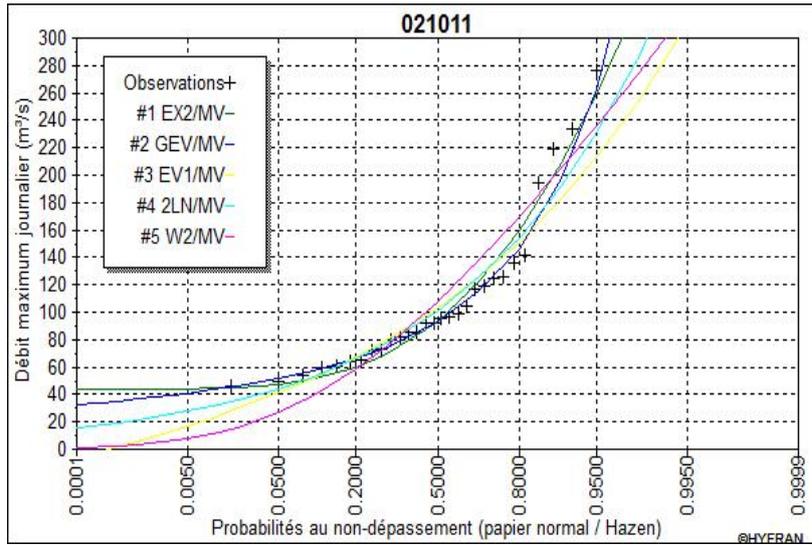


III.1. Débit Max

Figure : comparaison graphiques des lois d'ajustement.

Tableau : tableau de comparaison des loi.





III.2.Débit min

