



N°d'ordre :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du Territoire
Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade

De Master en Géologie

Option : **Risque Naturel**

Thème :

**Approche à l'analyse fréquentielle des débits extrêmes de l'Oued El Maleh
de la période (1981-2010)**

Présenté par :

Chedad Khaled

Soutenu le : 18/06/2017 devant la commission d'examen :

Mr Sediki A.

Mr Nadji A.

Mr Foukrache M.

Président

Rapporteur

Examineur

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant qui m'a donné le courage, la patience et la confiance pour accomplir ce modeste travail de fin d'étude.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à **Mr Nadji A.**, mon encadreur, pour m'avoir proposé ce sujet, pour ses conseils et son aide tout au long de la préparation de mon mémoire de fin d'études.

Mes vifs remerciements vont également à **Mr Foukrache M.**, qui m'a fait l'honneur pour avoir acceptée d'examiner et de juger ce travail. Leurs remarques et critiques seront les bienvenues. et merci encore une fois pour ses motivations et encouragements et c'est grâce à elle que j'ai pu finaliser ce travail.

Je remercie **Mr Sediki A.**, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury pour sa gentillesse et son accueil chaleureux et de bien vouloir juger ce travail

J'adresse aussi mes remerciements à l'ensemble des enseignants du département de Sciences de la Terre, de l'Université d'Oran2 qui ont contribué à ma formation.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

*Je dédie ce travail à mes chers parents, ceux pour que je souhaite une longue
vie « que dieu vous protège »*

A mes chers frères et sœurs, à toute la famille.

A tous mes amis.

Résumé

Le risque de crues des Oueds constitue une menace imminente pour les riverains, ainsi que pour toute activité socio-économique d'une agglomération. La prévision des risques hydriques devient nécessaire dans le contexte des études des aléas naturels d'ordre hydrologique.

Il existe plusieurs méthodes d'analyse de cet évènement qui se distinguent en : déterministes et probabilistes. Notre application est focalisée sur l'analyse fréquentielle qui dérive des méthodes statistiques traitant les phénomènes aléatoires rares. Les paramètres utilisés pour la modélisation des aléas hydriques sont notamment les précipitations et les débits des crues de l'Oued. Notre approche est initiée par la construction d'une base de données hydriques relative au bassin versant de l'Oued El Maleh qui englobe 7 stations pluviométriques régulière et couvrant une période de 30 années. Un travail de traitement de données et d'analyse statistique a été mené sur les variantes réduites de Gumbel qui ont permis la modélisation des variations pluviométriques moyennes annuelles. Associé à ce travail une approche complémentaire a été envisagée pour les débits à la faveur de la méthode synthétique du "Gradex". Le bassin versant de l'Oued El Maleh se montre en état instable vu son allongement moyen, sa densité hydrographique modérée et son rapport de confluence élevé. Les résultats de l'analyse fréquentielle des données nous ont permis de des tracer différents diagrammes d'aléas en probabilités d'occurrence et en périodes de retour d'où le débit historique. Une étape complémentaire, de prévention du risque hydrique, a été élaborée pour cerner les zones inondables qui sont situées au Nord-Ouest du bassin étudié.

Ce modeste travail apporte des retombés bénéfiques en domaine des risques naturels et gestion.

Mots clés : Analyse fréquentielle, Crue, Débit historique, Modélisation hydrique, Aléa, Bassin versant.

Abstract

The flood risk of the "Oueds" constitutes an imminent threat for the residents, as well as for any socio-economic activity of a conurbation. Predicting water risks becomes necessary in the context of studies of natural hazards of a hydrological nature.

There are many methods of analysis of this event which are distinguished in: deterministic and probabilistic. In this work, we are notably focused on frequency analysis, which is derived from statistical methods dealing with random rare phenomena. The parameters used for water hazards modelling include precipitations and flood flows of the Oued. Our approach is initiated by the construction of a water database for the Oued El Maleh watershed, which includes seven regular rainfall stations covering a period of 30 years. Data processing and statistical analysis were carried out on the reduced Gumbel variants which allowed the modelling of annual mean rainfall variations. Associated with this work a complementary approach was foreseen to the flows in the favour of the synthetic method of "Gradex". "Oued El Maleh" presents an unstable case due to its medium length, moderate hydrographic density and high confluence ratio. The results of the frequency analysis of the data allowed us to plot different hazard diagrams in probability of occurrence and in return period then the historical flow. A complementary step, of hydric risk prevention was elaborated, to identify the flood zones that are located in the Northwest of the studied watershed.

This modest work might be beneficial in the field of natural risks and management.

.

Keywords: Frequency analysis, Flood, Historical flow, Modeling, Hazard, Watershed.

ملخص:

إن المخاطر الناجمة عن فيضانات الأودية تشكل تهديدا مباشرا للتجمعات السكانية و خاصة المتوقعة على الضفاف و تنعكس كذلك على النشاط الاجتماعي والاقتصادي للتجمع السكاني، لهذا السبب أصبح من الضروري إجراء دراسات متخصصة في ميدان الهيدرولوجيا و الحسابات البيانية لتزامن الفيضانات و دوريتها في المنطقة.

توجد عدة طرق لمعالجة هذه الظاهرة و التي تتمثل في: الطرق القطعية والاحتمالية. يركز هذا العمل على طريقة التحليل التفاضلي باستخدام الأساليب الإحصائية الخاصة بمعالجة الظواهر العشوائية النادرة. وتشمل المعايير المستخدمة لنمذجة المخاطر مياه الأمطار و تدفقات الفيضانات للوادي. يبدأ النهج الذي نتبعه من خلال بناء قاعدة بيانات المياه في حوض الصرف لوادي المالح الذي يشمل 7 محطات قياس التساقطات والتي تغطي فترة 30 عاما. وأجريت أعمال معالجة البيانات والتحليل الإحصائي على المتغيرات U التي سمحت بنمذجة التباين النسبي لمعدل التساقطات السنوية. حيث تم اتباع منهجية متكاملة مرتبطة بمعدلات التدفق وذلك بفضل الطريقة التحليلية المسماة "Gradex". أثبتت الدراسة الهيدرولوجية لحوض الصرف لوادي المالح أن هذا الأخير يتميز بحالة غير مستقرة، استتالة متوسطة، كثافة معتدلة وارتفاع في معامل التقاء الروافد. سمحت لنا نتائج التحليل التفاضلي برسم مخططات مختلفة للمخاطر من حيث احتمال حدوثها وفترة عودتها خاصة التدفق التاريخي. كخطوة إضافية، تأتي الوقاية من خطر المياه، وقد وضعت لتحديد مناطق الفيضانات التي تقع في الشمال الغربي من الحوض المدروس.

يعتبر هذا العمل المتواضع مساهمة موضوعية في مجال الأخطار الطبيعية وتسييرها.

الكلمات المفتاحية: التحليل التفاضلي، الفيضانات، التدفق التاريخي، النمذجة، خطر، حوض الصرف.

Sommaire

Sommaire:

Introduction générale.....	01
Chapitre I: Contexte général.....	02
I. Situation géographique du bassin versant d'Oued El Maleh.....	02
II.CADRE GEOLOGIQUE LOCAL.....	04
A. Le para-autochtone tellien.....	04
B. Les terrains allochtones métamorphiques à affinité rifaine.....	04
C. Les terrains Allochtone non métamorphique à affinité tellienne.....	05
D. Le complexe de triasique.....	05
E. Miocène.....	06
1. Le Miocène synchro-nappe.....	06
2. Le Miocène du premier cycle post-nappe.....	06
3. Le Miocène du deuxième cycle post-nappe.....	06
4. Le plio-quadernaire.....	06
F. Le Pliocène.....	06
a) Formation antérieure à la coute ancienne.....	07
b) Glacis encroûté ancien et terrasse supérieure.....	07
III. Lithostratigraphie.....	10
IV. Hydromorphométrie.....	11
A. Délimitation du bassin versant d'Oued El Maleh.....	11
B. Principaux sous bassins versants d'Oued El Maleh.....	12
C. Méthode Hortonnienne.....	15
1. Introduction.....	15
2. Rapport de confluence.....	15
3. Rapport de longueur.....	16
4. Densité de drainage.....	16

Sommaire

5. Le coefficient de compacité de gravelus.....	16
6. Rectangle equivalent.....	17
7. L'indice de pente.....	17
8. Conclusion.....	17
D. Etude hypsométrique.....	18
V. Etude hydrogéologique.....	22
VI. Etude climatique.....	23
A. Introduction.....	23
B. Étude des précipitation.....	23
1. Répartition des précipitations moyennes annuelles.....	23
2. Répartition des précipitations moyennes mensuelles.....	25
3. Répartition des précipitations saisonnières.....	26
C. Étude des températures.....	27
D. Etude du climat.....	28
E. Evapotranspiration.....	31
F. Conclusion.....	33
VII. La pollution.....	34
A. Types de pollution.....	34
1. Pollution bactérienne.....	34
2. Pollution chimique.....	34
B. Sources de pollution.....	35
1. Pollution d'origine domestique.....	35
a) Caractéristiques de la décharge d'El Maleh.....	35
b) Caractéristiques de la décharge d'Ain-Temouchent.....	36
c) Aménagement au sein de la décharge.....	36
d) Risques de nuisances.....	36

Sommaire

e)	Quantité de déchets urbains (statistiques 2002).....	37
a)	Pollution d'origine industrielle.....	37
b)	Déchets industriels.....	37
2.	Pollution d'origine agricole.....	38
C.	Vulnérabilité des nappes à la pollution.....	39
Chapitre II: approche géostatistique.....		40
Introduction.....		40
II.	Généralités sur les inondations.....	41
A.	Définition d'une inondation.....	41
B.	Le processus conduisant aux crues et aux inondations.....	41
1.	L'eau mobilisable.....	41
2.	Le ruissellement.....	41
3.	Le temps de concentration (ou durée caractéristique).....	41
4.	La propagation de la crue.....	41
5.	Le débordement.....	42
C.	Les différents Types d'inondations.....	42
1.	Les inondations des plaines.....	42
2.	Les inondations par ruissellement en secteur urbain.....	42
3.	Inondation par remontées de nappe.....	42
4.	Par débordement direct.....	43
5.	Par débordement indirect.....	43
6.	Inondation par rupture d'une protection.....	43
III.	Gestion du risque hydrologique.....	44
A.	L'analyse fréquentielle.....	44
B.	Représentation de la loi de Gumbel.....	45
C.	Relation entre loi de Gumbel et périodes de retour.....	46
D.	Présentation de la méthode de Gradex.....	46

Sommaire

IV. Application d'analyse fréquentielle pour le B.V d'Oued El Maleh.....	47
A. les précipitation.....	47
B. Les débits.....	50
C. Aplication de la méthode de Gradex.....	53
V. Cartographie des zones inondées.....	56
A. Objectifs de La modélisation.....	56
B. Elaboration de la carte des zones inondables.....	57
VI. Conclusion.....	59
Conclusion générale.....	60

Liste des cartes

Liste des cartes

Carte n°01: Localisation du bassin versant d'Oued El Maleh	02
Carte n°02: Carte géologique de la région d'Aïn Temouchent (Thomas G., 1985)...	08
Carte n°03: Délimitation du bassin versant d'Oued El Maleh.....	12
Carte n°04: Les principaux sous bassins d'Oued El Maleh.....	14
Carte n°05: carte hypsométrique de la région d'étude.....	18
Carte n°06: MNA du bassin versant de l'Oued El Maleh.....	19
Carte n°07: Zonage de la superficie inondée/MNA.....	57
Carte n°08: Calage de la zone inondée au sein du bassin versant étudié.....	58

Liste des figures

Liste des figures

Figure n°01: Lit de l'oued El Maleh prise avril 2016.....	02
Figure n°02: Courbe hypsométrique.....	20
Figure n°03: Variations des précipitations moyennes annuelles à la station d'Aïn Temouchent (1982/1983 – 2011/2012).....	23
Figure n°04: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Aïn Temouchent (1982/1983 – 2011/2012).....	25
Figure n°05: Histogramme des précipitations saisonnières de la station d'Aïn Temouchent (1982/1983 – 2011/2012).....	25
Figure n°06: Variation mensuelle des températures à la station d'Aïn Temouchent (1995/1996 – 2011/2012).....	27
Figure n°07: Diagramme pluvio-thermique de la station de Aïn Temouchent (1995/1996 – 2011/2012).....	28
Figure n°08: Abaque de l'indice d'aridité de Martonne, station d'Aïn Temouchent (1995-2012).....	29
Figure n°09: Position de la station d'Aïn Temouchent sur le Climagramme d'Emberger.....	30
Figure n°10: Diagramme représentant log n des différentes classes des précipitations.....	46
Figure n°11: courbe représentant les périodes de retour des précipitations.....	49
Figure n°12: Diagramme représentant log n des différentes classes des débits.....	50
Figure n°13: courbe représentant les périodes de retour des débits.....	52
Figure n°14: Diagramme des précipitations moyennes annuelles.....	53
Figure n°15: Diagramme des débits moyens annuels.....	54
Figure n°16: Diagramme synthétique de la méthode de Gradex	55

Liste des tableaux

Liste des Tableaux

Tableau n°01: les Stations de mesure Source Direction des ressources hydrauliques Wilaya d'Ain Temouchent.....	13
Tableau n°02 : représente les caractéristiques du bassin versant d'Oued El Maleh....	15
Tableau n°3: Répartition des surfaces en fonction de l'altitude.....	19
Tableau n°04 : Présentation de la station d'Aïn Temouchent (I.T.M.A.).....	23
Tableau n°05: répartition des précipitations moyennes annuelles.....	23
Tableau n°06: Valeurs des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Aïn Temouchent.....	25
Tableau n°07: Valeurs des précipitations saisonnières à la station d'Aïn Temouchent.....	27
Tableau.n°08: Moyennes mensuelles et annuelles des températures, maxima, et minimum à la station d'Aïn Temouchent (1995/1996 – 2011/2012).....	27
Tableau n°09: Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station d'Ain Temouchent.....	29
Tableau n°10: Valeurs de l'ETP à la station d'Aïn Temouchent (1995-2012).....	32
Tableau n°11: Éléments du bilan hydrologique calculés pour la station d'Aïn Temouchent (1995-2012) avec RU=50 mm (selon la nature du sol).....	32
tableau n°12: Application de la méthode des fréquences pour classer les précipitations.....	47
Tableau n°13: Les périodes de retour des précipitation.....	48
Tableau n°14: Application de la méthode des fréquences pour classer les débits.....	50
Tableau n°15: Les périodes de retour des débits.....	51

Introduction générale

Introduction Générale

Introduction générale

Les inondations représentent un phénomène naturel largement répandu à la surface du globe. L'étude des crues est d'une importance majeure, car elles sont considérées un des risques naturels auxquels nous sommes constamment soumis. L'Algérie est confrontée aux phénomènes de crues et d'inondations qui sont plus fréquents que les séismes. Ces phénomènes provoquent des catastrophes plus destructrices et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées. On constate :

Méthodes déterministes tel que la méthode de l'hydrogramme synthétique.

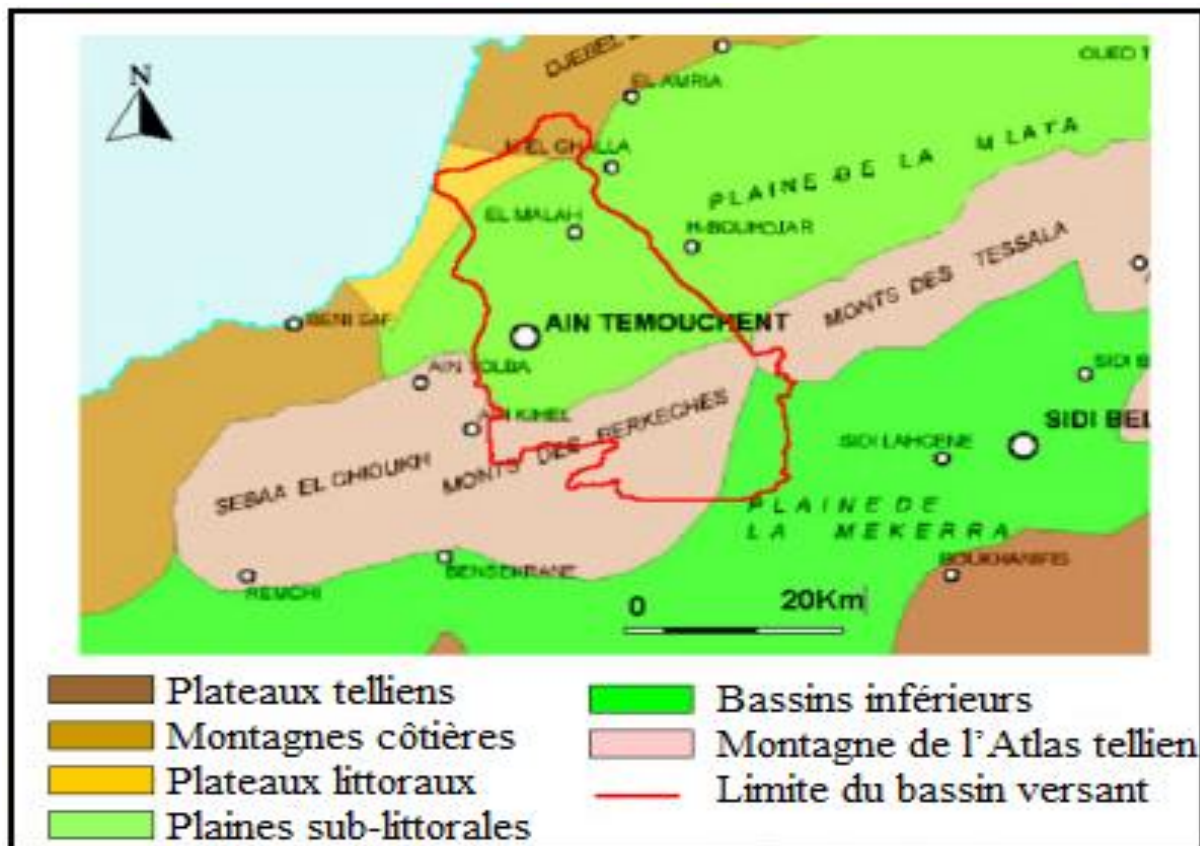
Méthode probabiliste tel que Gradex, QDF et l'analyse fréquentielle.

Une bonne connaissance des crues est essentielle pour la gestion des ressources hydriques, Cependant, elle est souvent nécessaire à des endroits où il y a peu ou pas d'information. Pour résoudre ce problème, les hydrologues utilisent l'analyse fréquentiel. Afin de prévenir les évènements extrêmes ; il est nécessaire de prédire leur occurrence et leur intensité.

Chapitre I: contexte général

I. Situation géographique du bassin versant d'Oued El Maleh

Le bassin versant d'Oued El Maleh est situé dans la partie Nord-Ouest du territoire national, appartient au grand sous bassin des côtiers oranais, abritant le chef lieu de la wilaya d'Aïn Temouchent et ses daïras limitrophes (Terga, El Maleh...), soit approximativement entre $1^{\circ} 9' 24''$ et $1^{\circ} 26' 17''$ W de longitude et entre $35^{\circ} 17' 22''$ et $35^{\circ} 16' 37''$ N de latitude. Il est délimité par la mer méditerranée au **Nord**, les montagnes des Berkeches au **Sud**, les monts de Sebàa Chioukh au **Sud-Ouest**, les monts de Tessala au **Sud-Est**, la plaine de la M'leta à l'**Est** et le bassin de Ouled El Kihel à l'**Ouest**.



Carte n°01: Localisation du bassin versant d'Oued El Maleh (BENTEKHICI N., 2013-2014).



Figure n°01: Lit de l'oued El Maleh aval prise en avril 2016.

II. CADRE GEOLOGIQUE LOCAL

A. *Le para-autochtone tellien*

Les affleurements para-autochtones se situent au Nord et à l'Est de Ain Temouchent dans le douar Chentouf et près de chaâbat El-leham. Il est constitué par des pélites brunes ou rougeâtres ; à minces lits de grés sombre ferrugineux d'âge callovo-oxfordien avec des rares niveaux de calcaires.

Djebel Necissa : On distingue trois niveaux :

Calcaire biodétritiques d'âge Jurassique supérieur (Kimmirudjien).

Les pélites micacées grés-vertes à rouges violacées.

Grés fins ferrugineux marron.

Djebel Tounit : Des calcaires d'âge Jurassique supérieur d'au moins 100 mètres d'épaisseur reposent sur des pelites micacées rougeâtres à rares lits de grés roux à traces de plantes avec un petit niveau d'épaisseur formé de calcaires noduleux contient d'Ammonites, d'âge Jurassique Supérieur.

Douar Chentouf : A l'Est d'Ain Temouchent, un affleurement de calcaires gris bleuté en gros bancs parfois noduleux apparaît en fenêtre sous l'unité Sénonienne. Ces calcaires sont associés à des pelites marrons ou violacées d'âge Kimmirudjien.

B. *Les terrains allochtones métamorphiques à affinité rifaine*

L'Unité du massif d'El Maleh s'agit essentiellement des massifs de Sidi Kacem, Mengel et Touita, qui font partie de l'unité charriée sur le par autochtone de la région d'Ain Temouchent, le contact est souvent jalonné par le trias (roche vertes, pélites violacés, dolomies noirs)

Ces massifs sont marqués par la présence de métamorphisme et de déformation intense. On connaît deux formations :

Formation carbonatée attribuée à la base du Jurassique.

Le groupe des Schiste toujours en contact anormal avec les calcaires est attribué au Jurassique moyen à supérieur.

Chapitre I: Contexte Général

C. Les terrains allochtones non métamorphique à affinité tellienne

Il est mis en place dans la région d'Aghlal-oued Berkeche et comprend :

L'unité chouala : cette formation est caractérisée par la présence d'Ammonites pyriteuses Elle est composée de marne du crétaé inférieur à moyen d'Oligocène parfois associé à de blocs de calcaires Jurassique.

Les affleurements de l'unité de Chouala ont été aussi observés par (Guardia p.) dans

La région de Kéroullis ou l'on rencontre des marnes grises d'âge cénonanien moyen

Au sud d'Ain Temouchent, on rencontre deux affleurements de marnes contenant du sénonien inférieur qui apparaissent sous les déjections volcaniques.

Au Nord-Ouest de Châabat El-Leham sur les pelites et les grés du para-autochtone, on observe, de minuscules lambeaux de marnes, associés a un peu de trias qui leur service de semelle, l'un deux près du Dj-Tounit, formé de marnes en plaquettes légèrement sableuses. L'autre près de Dj-Mendjel formé de marnes gris clair légèrement sableuses qui fournissent une microfaune d'âge valanginien supérieur à l'Hauterivien.

L'unité sénonienne : Formée par des marnes grise légèrement gypseuse calcaires d'âge crétaé supérieur à Eocène moyen à supérieur marno-calcaire.

L'unité Oligo-Miocène : formé de calcaire glauconieux sableux et des grés à ciment calcaires d'âge oligo-Aquitanién.

Dans la vallée d'Oued El Maleh, un petit affleurement de l'unité oligo- miocène est constitué par des marnes grises, ocres en surfaces et des grés roux, calcaire parfois friable.0

D. Le complexe de triasique

C'est un ensemble chaotique de terrains sédimentaires et éruptifs. En Oranie, les matériaux du complexe triasique sont toujours en contact anormal avec les terrains antérieurs au Miocène post-nappe.

Le trias des unités d'El-Maleh présente la semelle de l'unité (Dj.Sidikacem ,Dj.Mendjel,Dj.Tounit).

Chapitre I: Contexte Général

Le trias des unités telliennes est abondant en semelle, et au sein des unités Chouala et sénonienne. les divers éléments du complexe sédimentaire et volcanique sont emballés dans une matrice gypseuse , plus rarement de sel gemme (pierre de sel).

E. Le miocène

1. Le Miocène synchro-nappe

Occupe une place importante au Sud d'Ain Témouchent au niveau des Sebâa Chioukh (série mano-gréseuse de 2000m d'épaisseur), il se développe également vers l'Est dans les Tessala.

2. Le Miocène du premier cycle post-nappe

Sur le flanc Nord de Sebâa chioukh, le Miocène du premier cycle poste- nappe est continental, formé par le démantèlement des reliefs, on rencontre des marnes gypseuses vertes ou lie de vin, des grés et des poudings rouges.

3. Le Miocène du deuxième cycle poste-nappe

il débite par :

Formation rouge continentales à saumâtres

Formation marines de marnes bleues

Formation calcaires sommitales

4. Le plio-quadernaire

1. Formation marines

2. Formations continentales

F. Le Pliocène

Il s'agit d'une épaisse série de sédiments fins de couleur rouge qui surmonte les calcaires messéniens du Djebel Kéroullis (Dj. Maida), et bien visible en bordure de l'Oued El -Maleh.

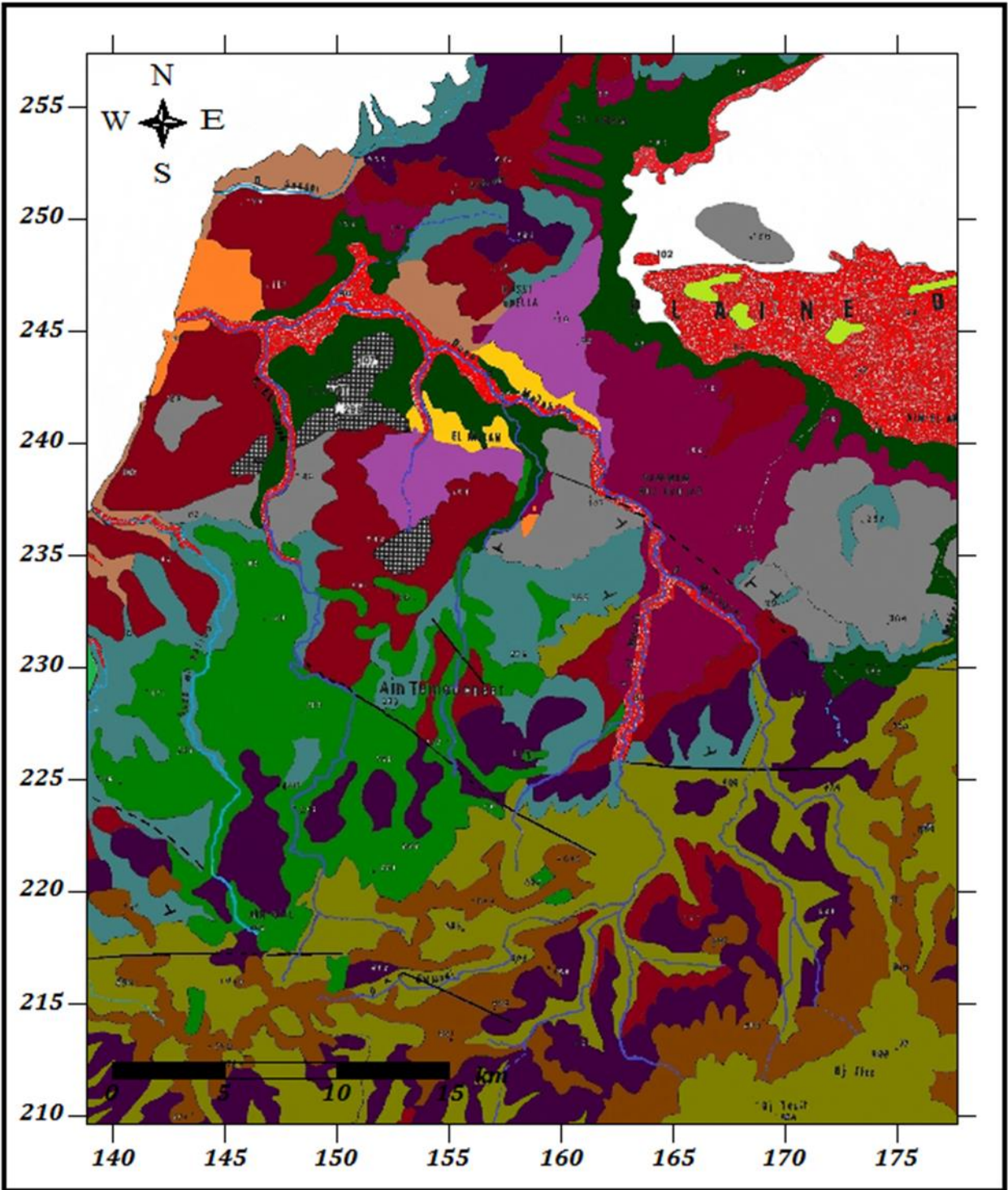
a) **Formation antérieure à la coute ancienne**

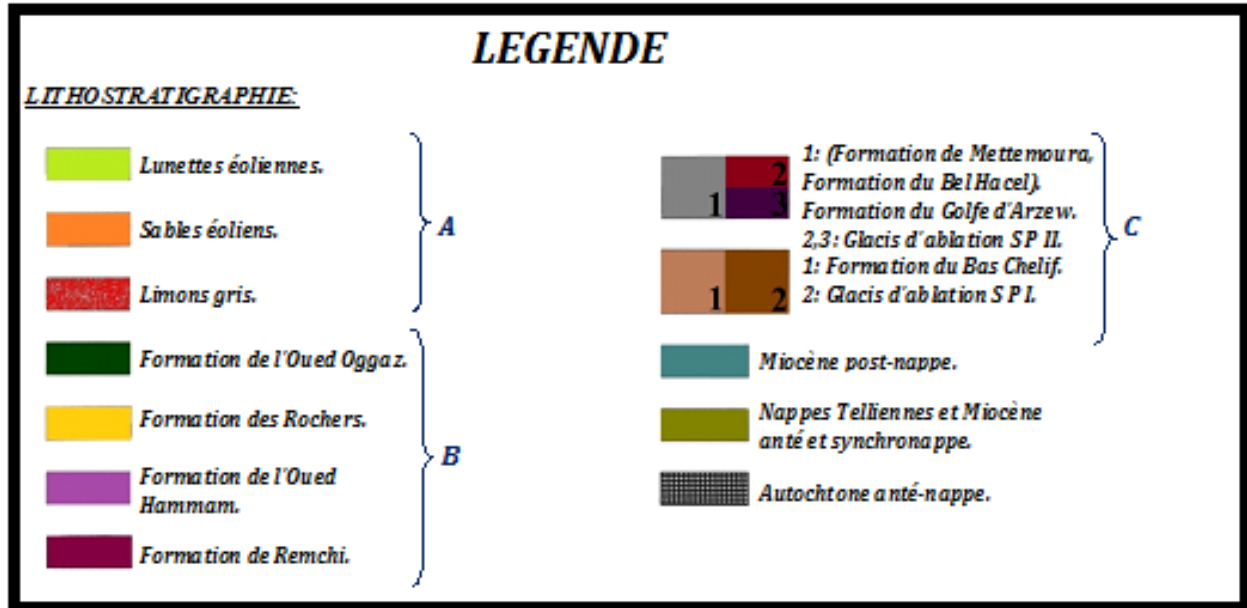
Ce sont des sables fins rubéfiés à « Hélix » de couleur rouge, présente à l'embouchure de l'Oued El Hallouf.

b) **Glacis encroûté ancien et terrasse supérieure**

A l'Est d'Ain Temouchent, une croute calcaire recouvre un glacis ancien, elle résulte d'un climat semi- aride ou alternaient des pluies groupées et des longues périodes sèches.

Chapitre I: Contexte Général





Carte n°02: Carte géologique de la région d'Aïn Temouchent (Thomas G., 1985).

III. Lithostratigraphie

La région d'Aïn Temouchent appartient au domaine tello-rifain, portion de la chaîne alpine qui se raccorde à l'Ouest au niveau de l'arc Gibraltar aux chaînes bético-baléares et à l'Est à l'Apennin par l'intermédiaire du système Sicilo-calabrais

L'analyse lithostratigraphique est basée sur les résultats des études effectuées par Fenêl B. 1975 ; Guardia p. 1975 ; Megartsi 1982, Thomas G. 1985, Hassani M. L. 1987 et Mansour H. 1989.

En somme deux types de terrains caractérisent notre région:

- Les terrains allochtones : représentés par des unités charriées de types telliens et rifains
- des terrains autochtones formés par le para-autochtone secondaire, des dépôts sédimentaires d'âge mio-plio-quadernaire, et un volcanisme néogène.

La région étudiée appartient au plateau d'Aïn Temouchent qui est caractérisé par une succession de nappes de charriages, dont les racines se situeraient à l'emplacement de la Méditerranée actuelle. Après la mise en place des nappes, une alternance de transgressions et régressions marines devait donner une succession de dépôts marins et continentaux. Ces dépôts sont couronnés du Mio-cène post-nappe au Quadernaire. L'activité volcanique est apparue après l'épisode post-nappe (Mio-plio-quadernaire) (Hallouche B., 1986).

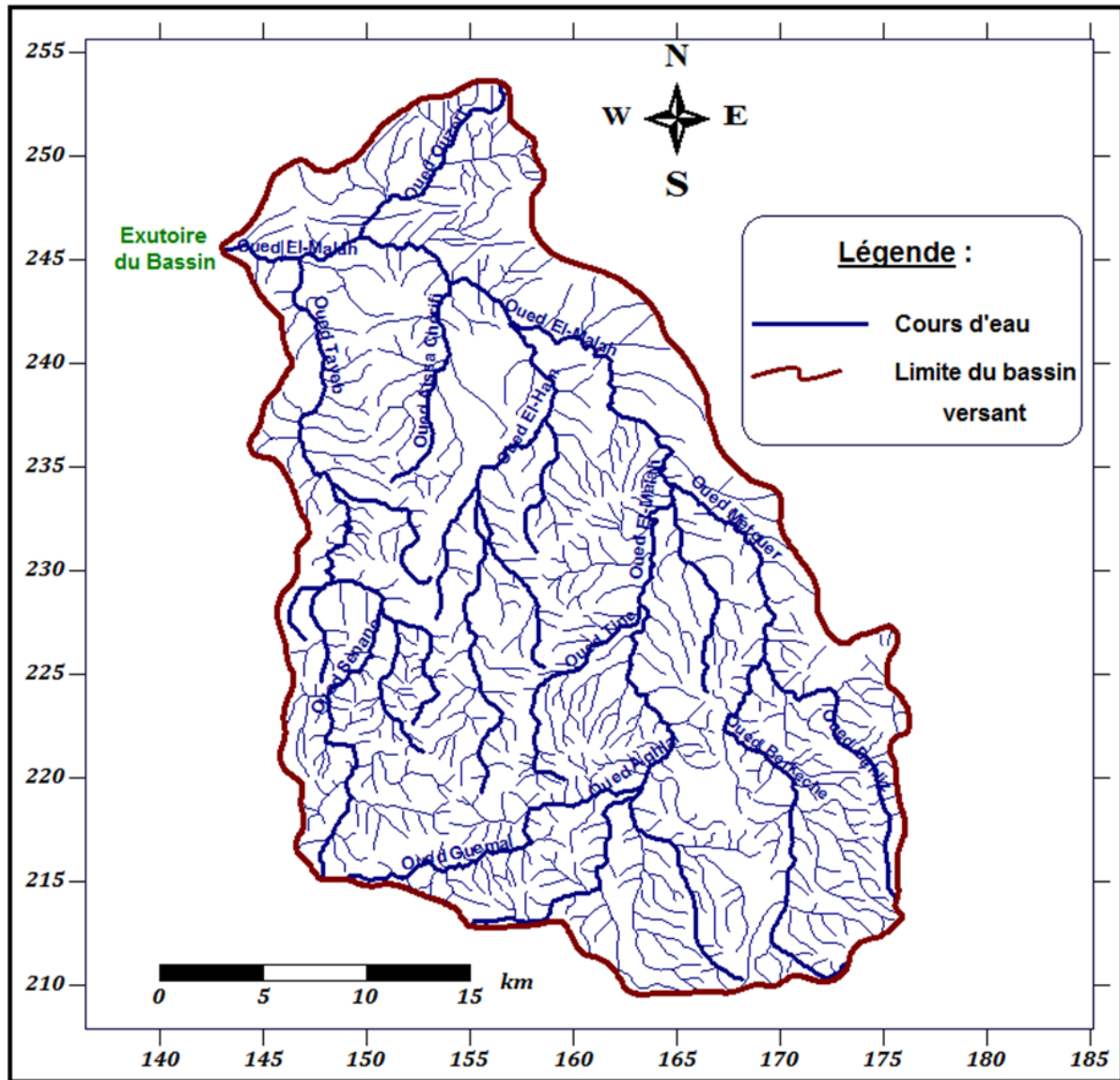
IV. Hydromorphométrie

A. *Délimitation du bassin versant d'Oued El Maleh*

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets.

Plus précisément, le bassin versant qui peut être considéré comme un "système" est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire (LAKEL K., AMMAR N. 2000).

Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau, est donc défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est caractérisé par le contour qui passe par les crêtes des collines, qu'on appelle (Lignes de partage des eaux), on parle alors de bassin versant topographique délimité par la ligne des crêtes. Le tracé de la ligne de crête est une opération délicate qui se fait sur la carte topographique de la région d'Aïn temouchent qui englobe le bassin versant d'Oued El Maleh à l'échelle: **1/100 000**.correspondant à la surface d'alimentation des affluents se jetant dans le cours d'eau principal:



Carte n°03: Délimitation du bassin versant d'Oued El Maleh (H.P.O, 2005).

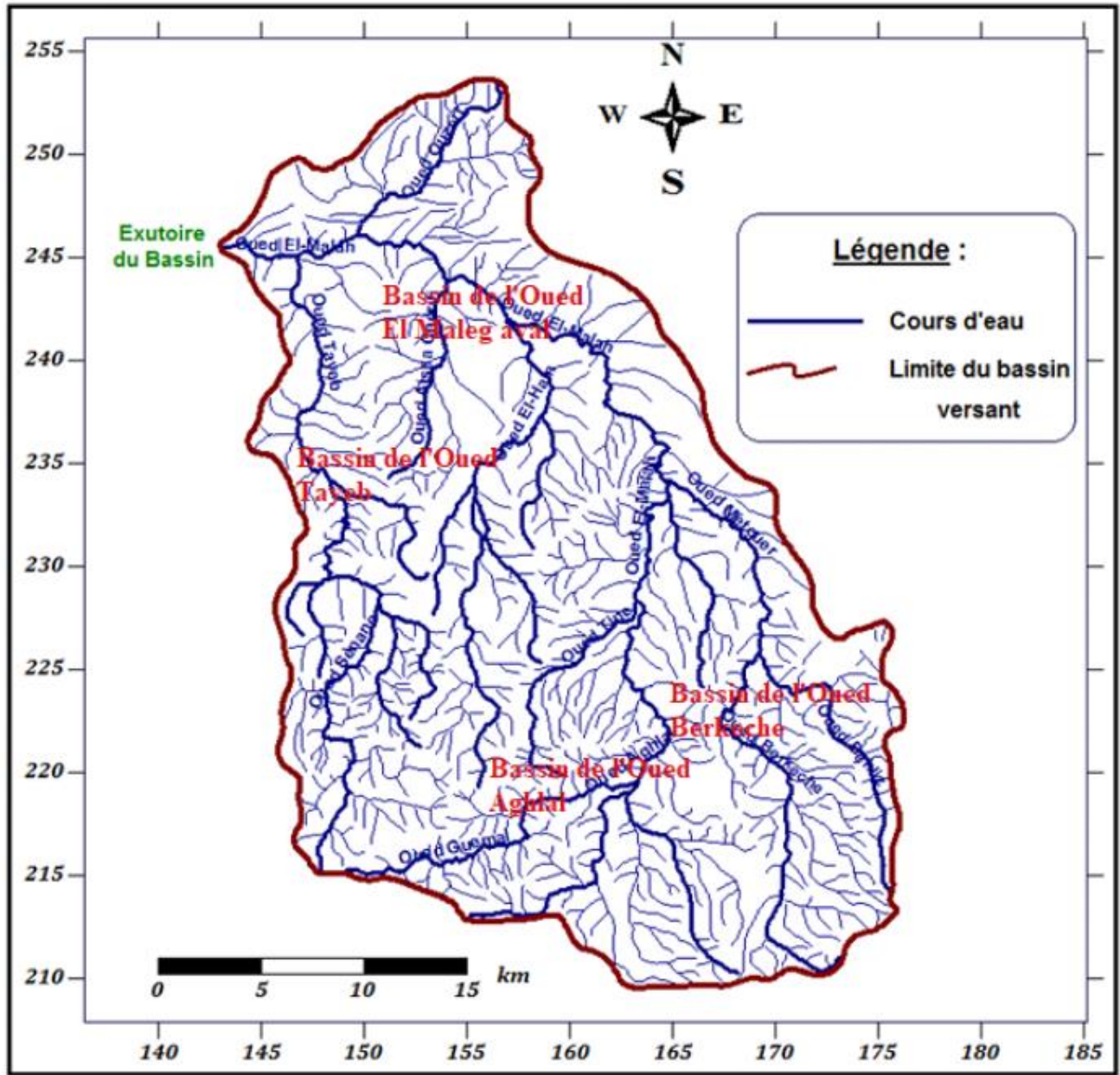
B. Principaux sous bassins versants d'Oued El Maleh

Le bassin versant contient quatre grands sous bassins (bassins élémentaires).au niveau de ces derniers ; des stations de mesures sont installées qui sont représentées dans le tableau suivant :

Chapitre I: Contexte Général

Stations de mesure	X	Y	Sous bassins	1/50000	S.B.V Km²	V m³/an
El Maleh	142.95	245.40	Bassin versant Oued El Melah	179	880.750	24829 434,630
Aghlal	164.25	222.80	Sous bassin versant Oued Aghlal	209	132,875	3 745 911,015
Meteguer	164.35	234.27	Sous bassin versant Oued Meteguer	209	138,750	3 911 534,550
Souf El Tell	157.10	242.00	Sous bassin versant Oued Souf El Tell	180	106,375	2 998 843,155
Ouzert	149.80	246.00	Sous bassin versant Oued Ouzert	180	47,175	1 329 921,747
Sennane Tayeb	146.95	244.95	Sous bassin versant Oued Sennane	179	161,875	4 563 456,975
Berkèche	168.82	225.92	Sous bassin versant Oued Berkèche	209	72.500	2 043 864,900
Delliz	168.86	225.96	Sous bassin versant Oued Delliz	209	33,500	944 406,540

**Tableau n°01: les Stations de mesure Source Direction des ressources hydrauliques
Wilaya d'Ain témouchent.**



Carte n°04: Les principaux sous bassins d'Oued El Maleh (H.P.O , 2005).

C. Méthode Hortonienne

1. Introduction

Horton un hydrographe américain a établi un certain nombre de lois permettant de contrôler l'évolution des réseaux hydrographiques.

On examine ici ; en premier lieu, le bassin et le réseau hydrographique de l'Oued El Maleh. Dans un deuxième temps : les cours d'eau du secteur étudié sont pris en compte.

Les paramètres qu'on retient sont :

Le nombre des cours d'eau.

La fréquence des cours d'eau par unité de surface. Alors On peut établir :

-Le rapport de confluence.

-Le rapport de longueur

La qualification obtenue à partir des lois de Horton sera complétée par le calcul du coefficient de compacité de gravelus et de l'étude de la pente.

Ordre	1	2	3	4	5	6	7
Nombre	4190	963	193	44	15	2	1
Longueur	749.9	496.6	272.2	113.6	105.6	30.8	31.5

Tableau n°02 : représente les caractéristiques du bassin versant d'Oued El Maleh.

2. Rapport de confluence

Il représente le rapport du nombre des cours d'eau par celui des cours d'eau supérieurs.

Si le réseau est bien organisé, le rapport de confluence est voisin de 2, et les nombres de cours d'eau d'ordre successif croissants forment une série géométrique inverse.

$$Rc = N_n / (N_{n+1})$$

$$R_{c1} = / \quad R_{c2} = 4.35 \quad R_{c3} = 4.99 \quad R_{c4} = 4.39 \quad R_{c5} = 2.93 \quad R_{c6} = 7.5 \quad / \quad R_{c7} = 2$$

$$R_{ct} = \sum R_c / N = 4.36$$

La valeur obtenue indique une organisation normale du chevelu hydrographique.

3. Rapport de longueur

Il représente le rapport de la longueur moyenne des thalwegs d'ordre (n+1) par celle des thalwegs d'ordre (n)

$$R_l = l_{n+1} / l_n$$

$$l_1 = 0.18 \quad l_2 = 0.52 \quad l_3 = 1.41 \quad l_4 = 2.58 \quad l_5 = 7.04 \quad l_6 = 15.4 \quad l_7 = 31.5$$

$$R_{l1} = / \quad R_{l2} = 2.89 \quad R_{l3} = 2.71 \quad R_{l4} = 1.83 \quad R_{l5} = 2.73 \quad R_{l6} = 2.19 \quad R_{l7} = 2.04$$

$$R_{lt} = \sum R_l / n = 2.4$$

Les longueurs moyennes d'ordre successif croissant forment une série géométrique directe ce qui traduit un bassin bien organisé.

Densité hydrographique (Fréquence)

Elle représente le rapport du nombre des cours d'eau à la surface du bassin

$$F = N/A = (4190 + 963 + 44 + 15 + 2 + 1) / 1050.55 = 4.96 \text{Km}^{-2}$$

- Cette valeur de densité hydrographique est due à un couvert végétal faible et un relief accidenté.

4. Densité de drainage

La densité de drainage est le rapport de longueur des thalwegs à la surface drainée :

$$D_d = \sum l_n / A = (749.9 + 496.6 + 272.2 + 113.6 + 105.6 + 30.8 + 31.5) / 1050.55 = 1.71 \text{Km}^{-1}$$

Le bassin est constitué des formations relativement perméables.

5. Le coefficient de compacité de gravelus

Il représente le rapport du périmètre mesuré au périmètre d'un cercle occupant une aire équivalente

$$K_c = 0.28P / \sqrt{A} = 0.28 * 154.5 / \sqrt{1050.55} = 1.33$$

$$K_c = 1.33$$

Cette valeur indique sur le plan morphologique un allongement moyen du bassin due à la prédominance de l'érosion régressive

6. Rectangle equivalent

$$L=(kc\sqrt{A})/1.12*[1+(1-1.12/kc)^2]=(1.33*32.41)/1.12[1+\sqrt{(1-1.12/1.33)^2}]$$

$$L=59.23$$

$$l=p/2-L=154.5/2-59.23=18.02$$

7. L'indice de pente

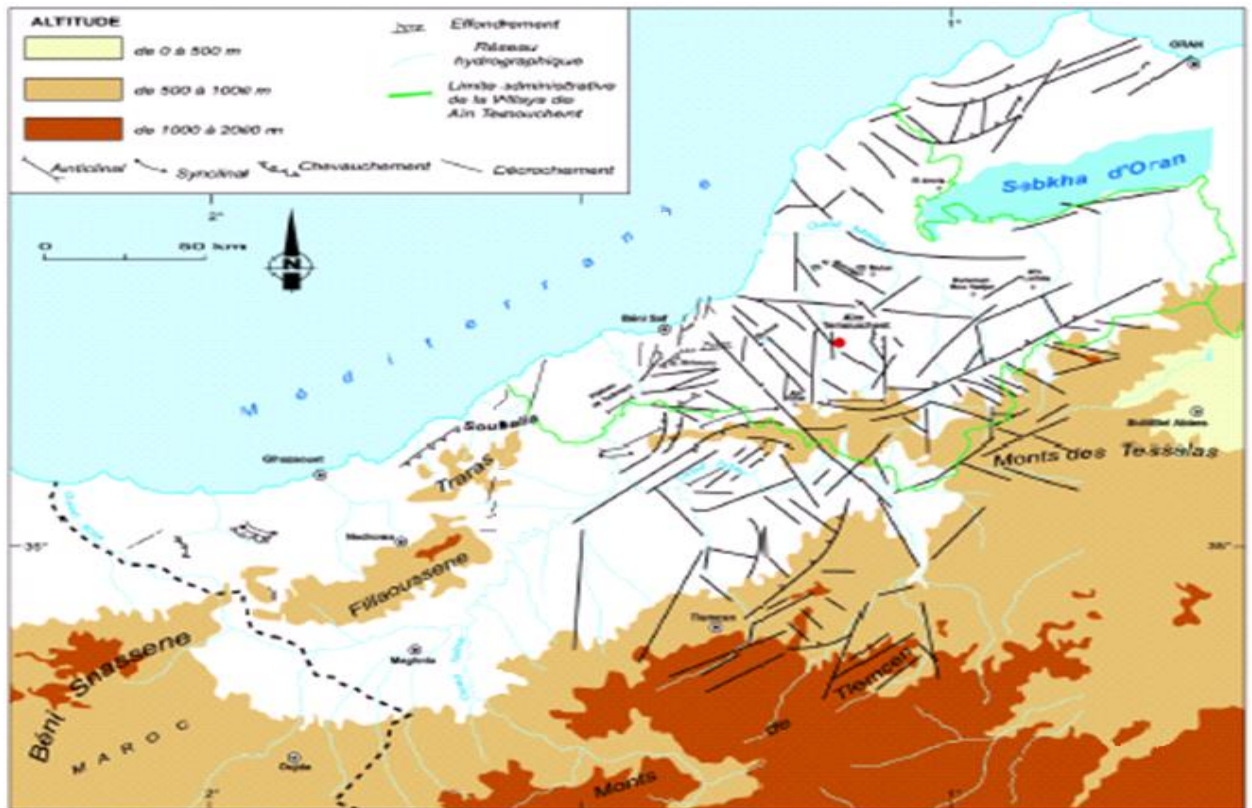
$$I_p=1/\sqrt{L\sum x_i\sqrt{[Bi(A_i-1)]}}$$

$$I_p=1/\sqrt{59.23*8.72}=0.38$$

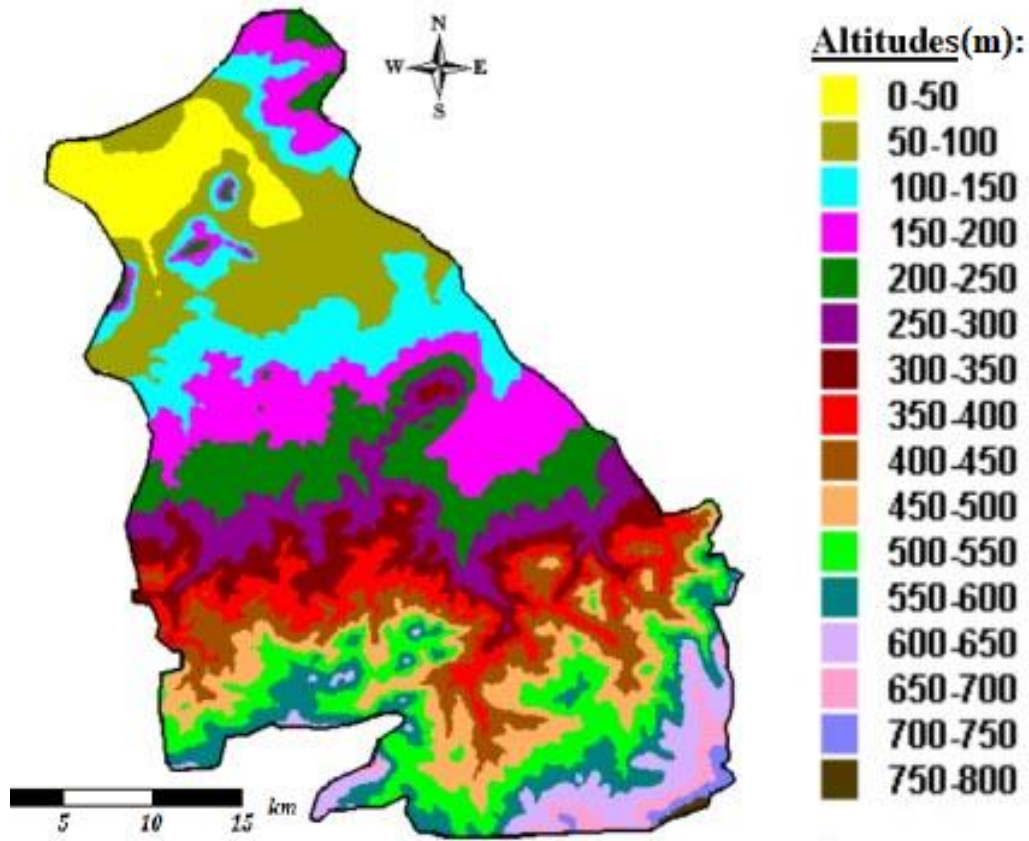
8. Interprétation

D'après l'étude morphométrique, le bassin d'Oued El Maleh présente une forme moyennement allongée, une superficie de 1050.55 km², un périmètre de 154,5 km, un relief fort et une pente globale plus ou moins forte avec un chevelu hydrographique d'une hiérarchisation moyenne, une formation dans son ensemble perméable ainsi qu'un temps de concentration de ruissellement moyen ce qui favorise l'infiltration des eaux de pluie.

D. *Etude hypsométrique*



Carte n°05: carte hypsométrique de la région d'étude(Boudiaf, Souane 2010 in Direction de l'hydraulique de la wilaya de Ain Temouchent 2012).



Carte n°6: MNA du bassin versant de l'Oued El Maleh

Altitudes	surfaces	Surfaces cummulées (%)
>824	---	----
700-824	58.75	5.59
600-700	94.46	14.58
500-600	154.53	29.28
400-500	127.58	41.42
300-400	113.65	52.23
200-300	193.25	70.62

Chapitre I: Contexte Général

100-200	170.57	86.85
24-100	137.76	99.96
<24	---	----

Tableau n°3: Répartition des surfaces en fonction de l'altitude

Ces données nous ont permis d'établir la courbe hypsométrique

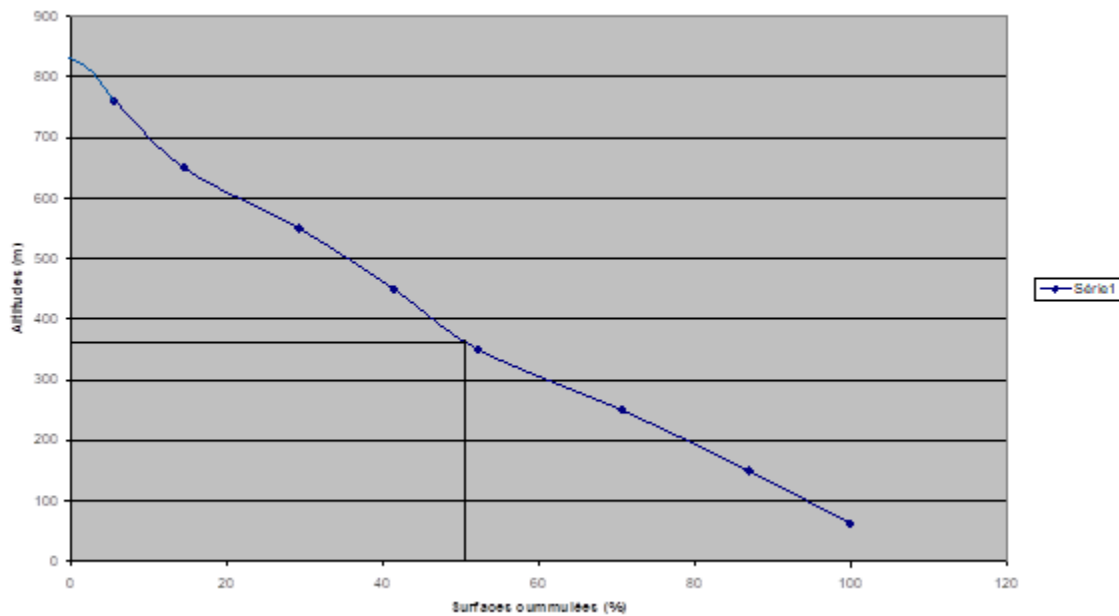


Figure n°02: Courbe hypsométrique

L'analyse de la courbe hypsométrique nous permet de distinguer deux zones distinctes :

La valeur faible de la pente à l'aval du bassin ce qui indique la présence d'une vallée encaissée représentant 10% de la superficie du bassin.

La partie à forte pente qui présente la courbe descendante régulièrement entre les hautes altitudes (202m-700m)

L'allure de la courbe traduit d'une part une érosion active que l'on peut lier à une évolution récente du massif de cette région et de l'autre part un enrichissement de l'Oued par les apports solide. Donc, on peut noter que :

Chapitre I: Contexte Général

- L'altitude maximale est de 824m.
- L'altitude moyenne est de 370m.
- L'altitude minimale est de 24m.

L'étude des différents paramètres caractérisant le réseau hydrographique a montré une organisation normale du chevelu hydrographique de l'Oued El Maleh avec une prédominance d'une érosion régressive.

V. *Etude hydrogéologique*

Les aquifères du bassin versant de l'Oued Maleh, se présente comme un bassin plat dominé, au Sud comme à l'Ouest, par des hautes crêtes séparant le grand bassin de la Tafna des côtiers. Il constitue précisément la partie la plus arrosée en pluviosité de la région qui alimente en aval l'Oued Maleh jusqu'à l'embouchure de la mer.

L'altitude des crêtes du bassin varie entre 600 et 800 mètres, culminant à plus de 824 m dans le Djebel Touil. Le bassin, présentant une forme triangulaire légèrement allongée, est orienté vers le nord géographique.

La nature géologique des terrains, est dans l'ensemble de formation gréseuse à ciment calcaire, présente des lambeaux marneux, d'unité oligo-miocène. Ils constituent une zone d'activité volcanique intense où alternent des niveaux de marnes calcaires sableux et calcairo-gréseux. Ceci donne naissance à de nombreuses sources résurgentes étagées, alimentées par la superposition des nappes aquifères perchées. La perméabilité reste donc faible, favorisant l'écoulement pluvial. Les crues sont toujours rapides et violentes provoquant ainsi les débordements des lits des cours d'eau, en s'étalant dans la vaste plaine de la wilaya.

La zone des côtiers, dont le relief est moins marqué, favorise les phénomènes de formation des précipitations sous un climat tributaire de la Méditerranée. Le régime d'écoulement, soumis au caractère très irrégulier, subit directement l'influence continentale, traduisant un ruissellement rapide et violent de type orageux.

Le réseau hydrométrique actuel n'est pas suffisant pour donner une réponse exhaustive sur les ressources en eau de cette région, mais la lame précipitée est nettement contrôlée, tant en qualité qu'en quantité, par un bon nombre de stations pluviométriques limitrophes au bassin. Néanmoins, il existe une station hydrométrique de base ayant fonctionné longtemps sur l'oued El Maleh, à 06 kilomètres de l'embouchure, contrôlant les ruissellements et les crues de ce bassin.

VI. Etude climatique

A. Introduction

On examinera les paramètres climatiques, en particulier les précipitations, les températures, l'évapotranspiration puis nous déterminerons le type du climat de la région étudiée. En utilisant les données météorologiques recueillies auprès de l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé (I.T.M.A, Aïn Temouchent) qui dispose d'une station installée à une altitude de 330m, aux coordonnées géographiques indiquées dans le tableau n°04.

Latitude	Longitude	Altitude (m)
35°17'N	01°07' W	330

Tableau n°04 : Présentation de la station d'Aïn Temouchent (I.T.M.A.).

B. Étude des précipitations

1. Répartition des précipitations moyennes annuelles

Tableau.: Valeurs des précipitations moyennes annuelles à la station d'Aïn Temouchent.

Année	Précipitations (mm)	Année	Précipitations (mm)	Année	Précipitations (mm)
1982-1983	120,4	1993-1994	268,4	2004-2005	304,9
1983-1984	117,3	1994-1995	357,2	2005-2006	356,3
1984-1985	237,9	1995-1996	345,2	2006-2007	376,8
1985-1986	406,4	1996-1997	337,9	2007-2008	282,5
1986-1987	376	1997-1998	355,5	2008-2009	605,3

Chapitre I: Contexte Général

1987-1988	350,6	1998-1999	313,2	2009-2010	487,3
1988-1989	359,6	1999-2000	317,9	2010-2011	480,8
1989-1990	358,6	2000-2001	536,1	2011-2012	409,2
1990-1991	411,8	2001-2002	420,5	Moyenne annuelle = 362,9 mm	
1991-1992	397,4	2002-2003	558,5		
1992-1993	269,1	2003-2004	367,2		

Tableau n°05: répartition des précipitations moyennes annuelles

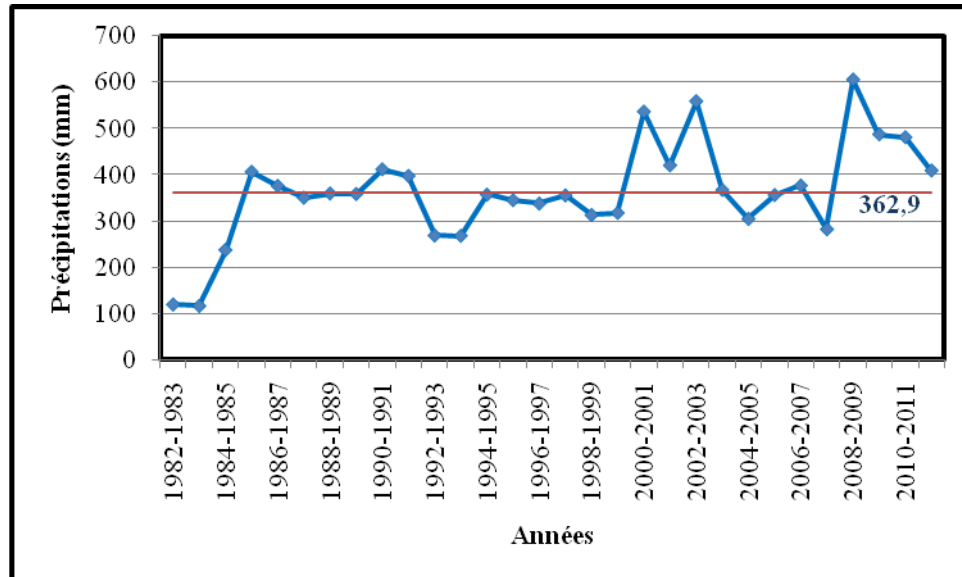


Figure n°03: Variations des précipitations moyennes annuelles à la station d'Aïn Temouchent (1982/1983 – 2011/2012).

D'après la figure n°03, une prépondérance d'un front déficitaire durant la période comprise entre 1982 et 2000 qui est de 362,9 mm, par contre la décennie: 2000-2012 apparaît comme excédentaire avec une tendance à un retour des précipitations où l'on enregistre un maximum pendant l'année 2008-2009 de 605,3 mm

2. Répartition des précipitations moyennes mensuelles

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
Précipitations (mm)	16,7	34,6	60,6	39,7	58,4	46,4	41,5	34,1	22,5	4,1	1,4	2,9	362,9

Tableau n°06: Valeurs des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Aïn Temouchent.

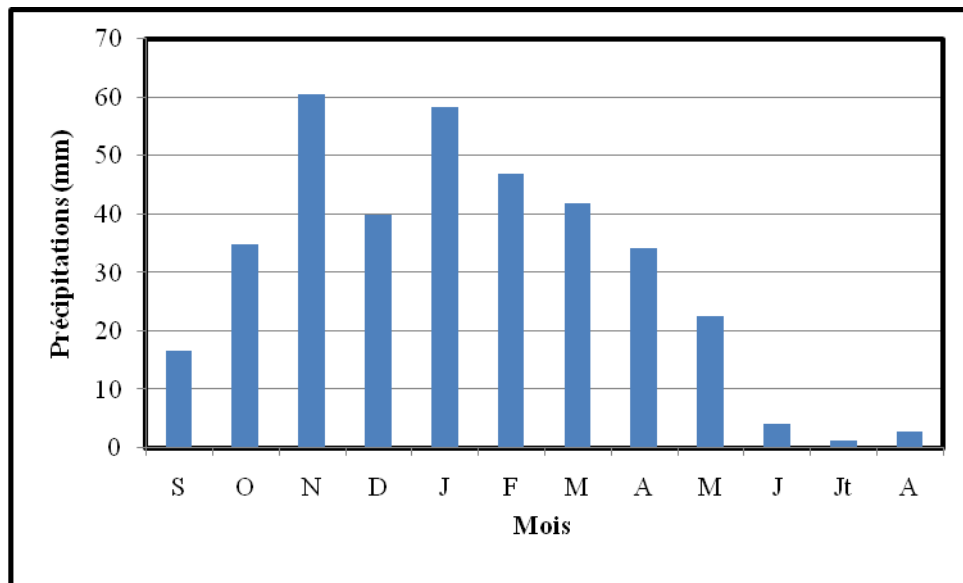


Figure n°04: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles à la station d'Aïn Temouchent (1982/1983 – 2011/2012).

D'après la figure n°04, on parvient à caractériser le bassin versant d'Oued El Maleh par deux périodes distinctes:

- Une période Sèche: marquée par une importante diminution des précipitations (la saison d'Été).
- Une période Humide: ce qui implique une période de pluviométrie irrégulière.

3. Répartition des précipitations saisonnières

Les précipitations saisonnières de la station d'Aïn Temouchent sont données dans le tableau suivant:

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Précipitations (mm)	111,9	144,5	98,1	8,4

Tableau n°07: Valeurs des précipitations saisonnières à la station d'Aïn Temouchent.

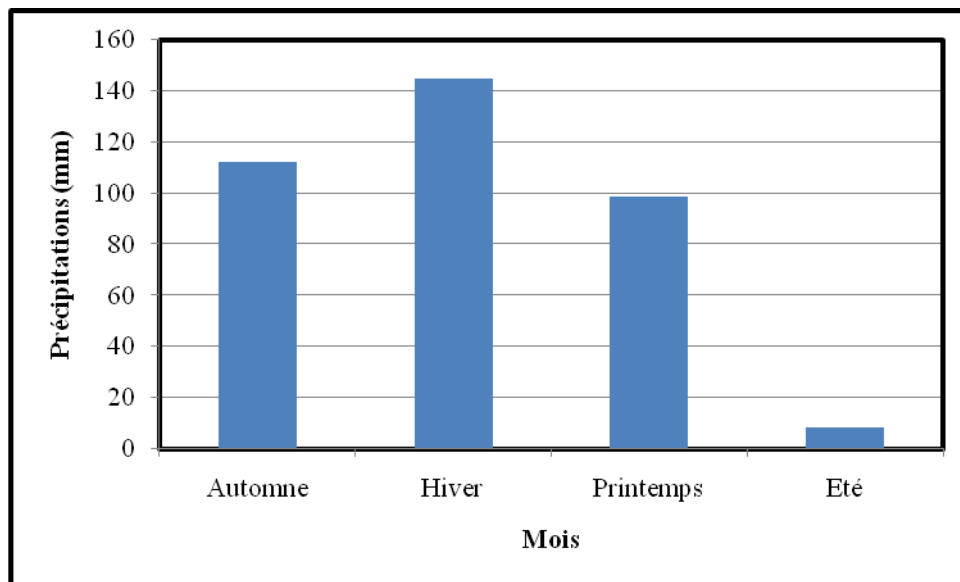


Figure n°05: Histogramme des précipitations saisonnières de la station d'Aïn Temouchent (1982/1983 – 2011/2012).

L'historgramme des précipitations saisonnières permet de distinguer un maximum de 164,3 mm en Hiver ainsi qu'un maximum secondaire de 136,4 mm en Automne, par contre un minimum de 8,0 mm est enregistré en Été.

On déduit que l'Hiver est la saison la plus humide et l'Été la plus sèche.

L'organisation des saisons n'est pas homogène car elle dépend du régime pluviométrique.

Chapitre I: Contexte Général

C. Étude des températures

Les températures moyennes annuelles et mensuelles régissent directement en interaction avec les autres facteurs météorologiques (insolation, vitesse et turbulence du vent, précipitations) et biogéographiques, le phénomène d'évapotranspiration et déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

On dispose au tableau.14 des moyennes mensuelles et annuelles des températures minimales et maximales qui correspondent à une courte durée de 17 ans d'observation de 1995 à 2012.

On a:

T_m : moyennes mensuelles et annuelles des températures minimales (°C).

T_M : moyennes mensuelles et annuelles des températures maximales (°C).

T_{moy} : $(T_m + T_M)/2$.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	An
T_m (°C)	18,7	15,69	11	9,164	8,2	8,2	9,8	11,6	14,3	18,6	21,4	22,6	14,1
T_M (°C)	28,86	25,6	19,08	16,68	15,6	16,3	18,97	21,33	25,8	28,98	31,4	31,24	23,32
T_{moy} (°C)	23,8	20,65	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20,0	23,8	26,4	26,9	18,7

Tableau.n°08: Moyennes mensuelles et annuelles des températures, maxima, et minimum à la station d'Aïn Temouchent (1995/1996 – 2011/2012).

Selon la figure. , il s'avère qu'à partir de Mai et jusqu'à Octobre, les températures moyennes mensuelles tendent à s'accroître en présentant des valeurs allant de 20 °C à 26,9 °C supérieures à la moyenne annuelle (18,7 °C), par contre la saison comprise entre Novembre et Avril représente des températures moyennes mensuelles qui varient entre 11,9 °C et 16,4 °C inférieures à la moyenne annuelle (18,7 °C).

Le maximum des températures est atteint en Août avec une moyenne de 26,9 °C et le minimum se situe en Janvier aux environs de 11,9 °C.

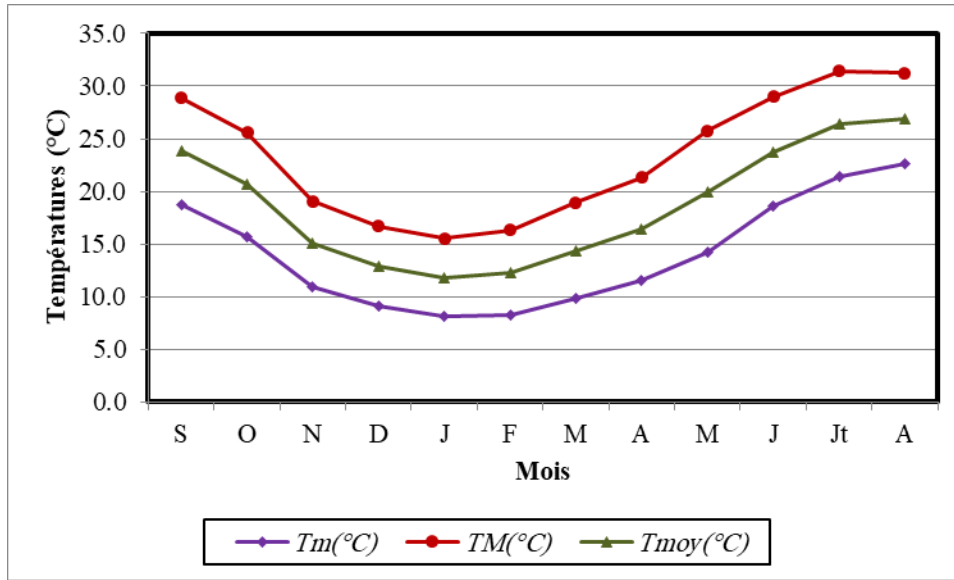


Figure n°06: Variation mensuelle des températures à la station d'Aïn Temouchent (1995/1996 – 2011/2012).

D. Etude du climat

D'après la courbe pluviothermique, on peut distinguer la période humide de la période sèche.

Selon Bagnouls et Gaussens, une période sèche est une période pendant laquelle le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimée en °C: $P \leq 2T \Rightarrow$ **période sèche**. Cette relation permet d'établir le diagramme pluviothermique sur lequel les températures moyennes mensuelles durant la période 1995 et 2012 sont portées à une échelle double de celle des précipitations convenables à la même période (courte durée).

Avec: P: précipitations moyennes mensuelles (mm).

T: températures moyennes mensuelles (°C).

Chapitre I: Contexte Général

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
P(mm)	19,2	48,0	69,2	52,1	65,2	47,0	35,1	37,1	22,3	3,2	0,7	4,1
T(°C)	23,8	20,65	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20,0	23,8	26,4	26,9

Tableau n°09: Températures et précipitations moyennes mensuelles à la station d'Aïn Temouchent.

On déduit du diagramme ci-dessous que:

- ✚ La courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations pour un mois sec alors que pour un mois humide, la courbe des précipitations passe au-dessus de la courbe des températures.

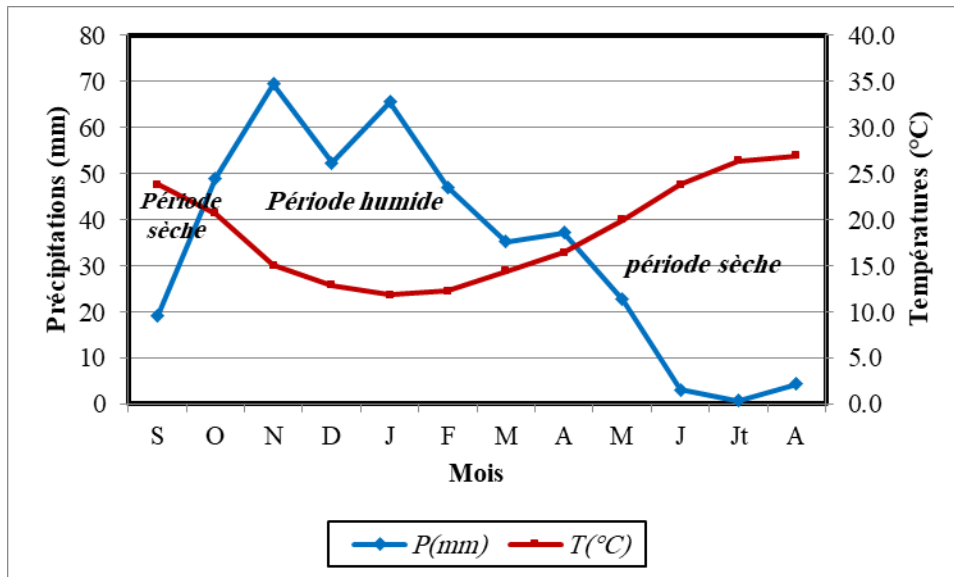


Figure n°07: Diagramme pluvio-thermique de la station de Aïn Temouchent (1995/1996 – 2011/2012).

En effet, L'intersection des deux courbes de variations des précipitations et des températures fait ressortir:

- Une période humide plus longue, de sept mois, débutant en Octobre et se prolongeant jusqu'au mois d'Avril.
- Une période sèche de cinq mois, s'étalant sur le reste des mois.

Chapitre I: Contexte Général

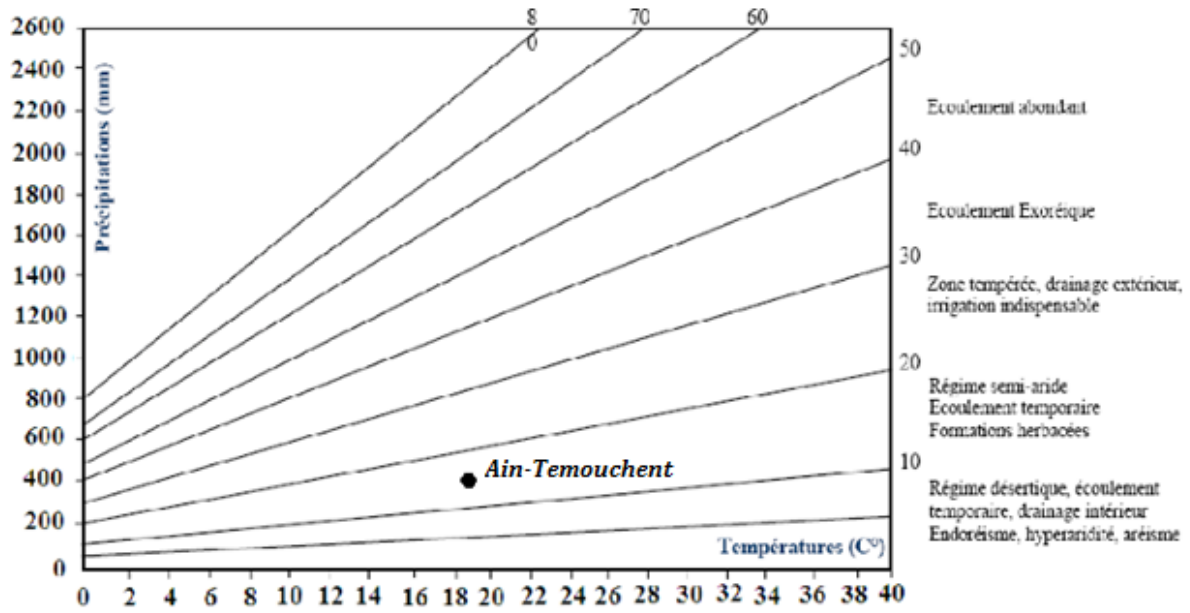


Figure n°08: Abaque de l'indice d'aridité de Martonne, station d'Ain Temouchent (1995-2012).

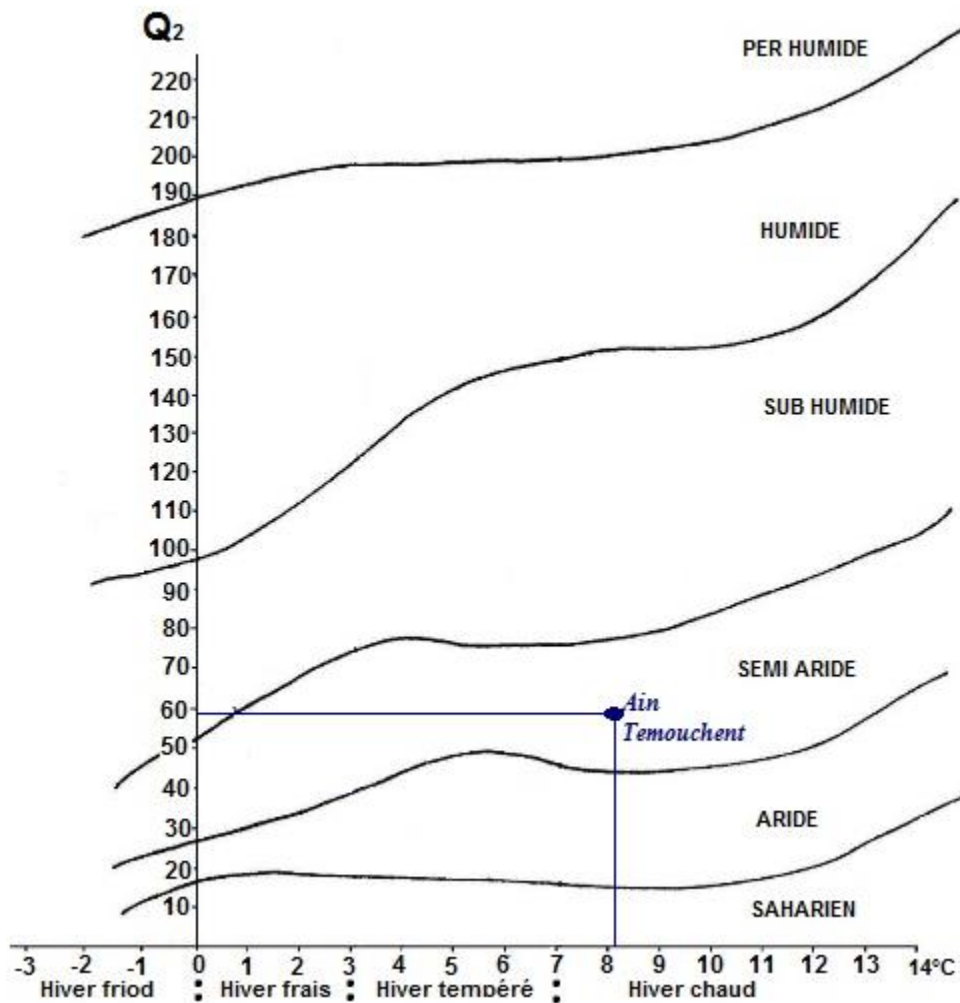


Figure n°09: Position de la station d'Ain Temouchent sur le Climagramme d'Emberger.

E. Evapotranspiration

L'évapotranspiration correspond à un phénomène complexe regroupant à la fois l'évaporation physique de l'eau contenue dans le sol et dans l'atmosphère et les processus de transpiration des végétaux. Il faut distinguer l'évapotranspiration réelle (ETR) qui correspond à la quantité d'eau évaporée et transpirée dans les conditions du sol considérée, et l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui correspond à la quantité d'eau qui pourrait être évapotranspirée dans les conditions de satisfaction complète des besoins en eau.

Chapitre I: Contexte Général

Afin d'évaluer l'évapotranspiration réelle et potentielle, de nombreuses méthodes ont été mises en œuvre, basées sur les données de précipitations et de températures enregistrées à la station d'Aïn Temouchent sur une période comprise entre 1995 et 2012: méthodes de Turc, Coutagne, Thornthwaite, Wundt et Verdeil.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Année
t(°C)	23,8	20,65	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20,0	23,8	26,4	26,9	18,7
I	10,62	8,563	5,297	4,211	3,697	3,896	4,96	6,07	8,16	10,61	12,42	12,8	91,28
I = 91,28. et a = (0,016 * 91,28) + 0,5 = 1,9604.													
ETP calculée(cm)	10,48	7,931	4,258	3,163	2,672	2,86	3,91	5,07	7,46	10,46	12,84	13,3	84,43
f(λ)	1,03	0,97	0,86	0,85	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	
ETP corrigée(cm)	10,79	7,693	3,662	2,689	2,325	2,431	4,03	5,53	9,02	12,66	15,79	15,5	92,08

f(λ) => N35° (selon la carte géologique d'Aïn Temouchent)

Tableau n°10: Valeurs de l'ETP à la station d'Aïn Temouchent (1995-2012)..

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Année
P(mm)	19,2	48,0	69,2	52,1	65,2	47,0	35,1	37,1	22,3	3,2	0,7	4,1	403,2
T(°C)	23,8	20,65	15,04	12,92	11,9	12,3	14,4	16,4	20,0	23,8	26,4	26,9	18,7
ETP	107,9	76,93	36,62	26,89	23,25	24,31	40,3	55,3	90,2	126,6	157,9	155	920,8
ΔR = P-ETP	-88,7	-28,9	32,58	25,21	41,95	22,69	-5,2	-18	-68	-123	-157	-151	
RU (50mm)	0,0	0,0	32,58	50,0	50,0	50,0	44,8	26,6	0,0	0,0	0,0	0,0	
ETR	19,2	48	36,62	26,89	23,25	24,31	40,3	55,3	48,9	3,2	0,7	4,1	330,8
D.A	88,69	28,93	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,3	123,4	157,2	150,5	590,0

Chapitre I: Contexte Général

EX	0,0	0,0	0,0	7,794	41,95	22,69	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,4
E=EX/2	0,178	0,089	0,045	3,897	22,92	22,8	11,4	5,7	2,85	1,425	0,713	0,36	36,2

Tableau n°11: Éléments du bilan hydrologique calculés pour la station d'Aïn Temouchent (1995-2012) avec RU=50 mm (selon la nature du sol).

P: précipitations (mm), ETP: évapotranspiration potentielle (mm), ΔU : variation de la réserve,
 RU: réserve utile (mm), ETR: évapotranspiration réelle (mm), D.A: déficit agricole (mm), EX: excédent (mm), E: écoulement (mm).

F. Conclusion:

À partir de l'étude climatique de la station d'Aïn Temouchent sur la période 1995-2012, on constate les résultats suivants:

- Une moyenne annuelle de précipitations égale à 403,2 mm.
- Une moyenne annuelle de température égale à 18,7 °C avec Janvier le mois le plus froid (11,9 °C) et Août le plus chaud (26,9 °C).
- À l'échelle saisonnière, l'étude des précipitations montre que l'Hiver est la saison la plus humide tandis que celle de l'Été est la plus sèche.
- La méthode des courbes pluviothermiques nous a permis de définir une période humide d'Octobre à Avril.
- Les indices climatiques permettent de préciser qu'il s'agit d'un climat semi-aride à Hiver chaud.
- Le bilan hydrologique (1995-2012) révèle une ETP extrêmement forte avec une moyenne de 920,8 mm et une ETR près de 330,8 mm soit 82,04 % des précipitations, de ce fait l'écoulement couvre environ 17,95 % des précipitations.
- La quantité d'eau disponible pour le ruissellement atteint 36,2 mm/an.

VII. La pollution

Dans son aménagement, la région d'Aïn Temouchent se trouve confrontée à un certain nombre de problèmes liés à la pollution.

Nous citerons en particulier : La prolifération de décharges publiques sauvages sur les bords des Oueds, les rejets d'eaux usées dans les cours d'eau, la présence de nombreuses fosses septiques et puits perdus, l'existence de cimetières à l'aplomb des nappes, les rejets d'eaux usées industrielles de l'usine de détergents (S.N.I.C).

Des études faites par hydro projet Ouest (H.P.O) signalent les types et les sources de la pollution au sein du bassin versant de l'Oued El Maleh, et la vulnérabilité des nappes de cette région à la pollution.

A. Types de pollution

1. Pollution bactérienne

Cette pollution est liée à la prolifération de micro-organismes dans les décharges publiques, fosses septiques ou puits perdus et qui, entraînés vers les nappes souterraines, amènent une pollution, limitée dans le cas de l'aquifère du Pliocène sableux où la propagation des micro-organismes est lente. Par contre, dans les formations fissurées telles que la région d'Aïn Temouchent qui renferme des basaltes, la pollution pourra s'étendre rapidement.

2. Pollution chimique

La pollution chimique peut être naturelle et liée à un simple lessivage des formations géologiques, mais le plus souvent, elle est commandée par l'apport d'eaux usées domestiques, industrielles et au lessivage d'engrais, pesticides, herbicides et autres produits chimiques utilisés dans l'agriculture.

La région d'Aïn Temouchent est caractérisée par sa vocation agricole, ce qui entraîne l'utilisation de quantités importantes de produits chimiques (engrais, herbicides, etc.). Une grande partie de ces produits est absorbée par les végétaux en particulier les engrais potassiques et sodiques, tandis que les engrais azotés plus mobiles vont être lessivés par les eaux d'irrigation et de ruissellement.

B. Sources de pollution

Il existe plusieurs sources possibles de pollution des eaux: domestiques, industrielles, agricoles.

1. Pollution d'origine domestique

Dans le cas d'un assainissement, collectif ou individuel, défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux vannées et les eaux ménagères peuvent être transférées à la nappe (matières organiques, détergents, solvants, micro-organismes...). Le cas se produit avec les puits perdus, l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol mal conçu ou mal dimensionné, les stations d'épuration urbaines surchargées... Les ordures ménagères accumulées dans des décharges sauvages ou non mises à la norme libèrent également des lixiviats riches en polluants. Pour mieux situer les différents problèmes posés nous les étudierons au niveau de quelques communes de la wilaya d'Aïn Temouchent:

a) Caractéristiques de la décharge d'El Maleh

Pour les 17165 habitants (année 2002) de la commune d'El Maleh et les 844 habitants du village Messada (H.P.O d'Oran).

Superficie de la décharge : 02 Hectare.

Type de déchets : ordures ménagères et décombres.

Site sur terre agricole.

Perméabilité du sol non connue.

La non existence d'une nappe phréatique.

La décharge est non située à proximité d'un lit d'Oued.

Pas d'étude d'impact pour le site.

La décharge est gérée par la commune d'El Maleh.

Chapitre I: Contexte Général

b) Caractéristiques de la décharge d'Aïn-Temouchent

Pour une population de 60489 habitants (année 2002) de la commune d'Aïn Temouchent (H.P.O d'Oran).

Décharge non contrôlée, située à 3 km au Nord-Ouest de la ville de Sidi Ben Adda.

La superficie de la décharge est de 20 Ha.

L'entreprise qui prend en charge la collecte des déchets est HYGEANA 2000.

Une étude est en phase d'achèvement, établit par le bureau d'étude AGRO-DEV (Tlemcen), concernant l'aménagement et l'équipement d'un centre d'enfouissement du groupement des communes d'Aïn Temouchent.

c) Aménagement au sein de la décharge

Pas de clôture.

Pas de contrôle à l'entrée de la décharge.

Pas de voie de circulation à l'intérieur du site.

Les déchets sont brûlés en plein air.

Pas de récupération des déchets.

Les mesures prévues: une clôture avec gardiennage.

d) Risques de nuisances

Pas de nuisances pour les ressources hydriques.

Pas de nuisances pour les habitants avoisinants.

e) Quantité de déchets urbains (statistiques 2002)

Les déchets générés par les principales agglomérations du bassin versant sont comme suit:

Chapitre I: Contexte Général

Pour l'agglomération d'Aïn Temouchent : 43,01 tonnes/jour (H.P.O d'Oran).

Pour l'agglomération d'El Maleh : 12,20 tonnes/jour (H.P.O d'Oran).

*La collecte est assurée par les municipalités à part la commune d'Aïn Temouchent, par contre l'élimination ne se fait pas de façon satisfaisante. Aucune décharge n'est exploitée ni aménagée selon les règles minimales d'hygiène et de protection de la santé. La mauvaise gestion des décharges comporte des risques sérieux de pollution des eaux de surface, plus particulièrement dans cette région où le sol est perméable. La reproduction et le développement de vecteurs de maladies dans et autour de la décharge comme les rongeurs, les chiens et chats errants, présentent une menace pour les riverains. Les nuisances due à l'envol des particules légères, les odeurs et la déclaration d'incendies spontanés ou volontaires sont autant de facteurs qui militent en faveur d'une prise en charge sérieuse des déchets et de leur élimination.

2. Pollution d'origine industrielle

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité: substances organiques banales, produits organiques de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds... Les pollutions sont exceptionnelles (incident dans un procédé industriel) mais encore trop souvent chroniques (fuite de réservoirs, de canalisations...), un cas particulier est celui des exploitations minières. L'extraction des granulats en plaine alluviale met en contact l'eau de la nappe avec les polluants éventuels.

a) Déchets industriels:

Commune d'Aïn Temouchent: 1180 tonnes/an. (H.P.O d'Oran).

Commune d'El Maleh: 20 tonnes/an. (H.P.O d'Oran).

Une grande partie de ces quantités de déchets provient des unités industrielles suivantes :

- Conserveries des fruits et légumes.
- Conserveries de poisson et fruits de mer.
- Fabrication de l'emballage.

Chapitre I: Contexte Général

- Fabrication de produits détergents (Société Nationale des Industries Chimiques, située à quelques kilomètres au Nord- Est de la ville d'Aïn Temouchent).

Selon les données sur les déchets des activités industrielles fournies par l'inspection de l'environnement de la wilaya d'Aïn Temouchent, il n'y aurait pas de problèmes majeurs de pollution industrielle vue que l'activité industrielle dans toute la wilaya est faible. Néanmoins, certaines activités et certains déchets ou substances doivent être surveillés.

3. Pollution d'origine agricole

La croissance démographique et l'exploitation excessive des terres agricoles ont eu pour résultat un déséquilibre à cause des besoins alimentaires toujours croissants et les surfaces agricoles en constante régression. Les services concernés étaient obligés de multiplier les rendements sur les mêmes espaces, par l'introduction d'un machinisme sans cesse amélioré d'une part et de l'autre part l'utilisation massive des engrais et des produits chimiques de traitement des plantes qui détruit la vie dans les rivières et rend impropres à la consommation humaine et parfois animale, les eaux souterraines et superficielles. C'est ainsi que ces produits deviennent de véritables sources de pollution, dont les principales sont:

Le traitement des sols et des végétaux, l'élevage, la maintenance des machines, la plasticulture.

Les principaux déchets produits par le secteur agricole sont les déchets d'élevage, or ces déchets sont actuellement utilisés pour l'amendement des sols. Les autres types de déchets pouvant présenter des risques majeurs de contamination pour les eaux superficielles et même souterraines sont:

- Les produits phytosanitaires utilisés abusivement. L'excès de ces produits lessivés par les eaux d'irrigation.
- Les emballages contaminés ayant contenu des produits phytosanitaires pouvant être réutilisés par la population.
- Les produits phytosanitaires périmés.

Les renseignements concernant l'utilisation de pesticides et engrais pour les différentes communes du bassin versant d'Oued El Maleh ne sont pas disponibles mais on peut avoir une

Chapitre I: Contexte Général

idée sur l'utilisation de ces produits en se référant aux données et aux quantités disponibles au niveau des services concernés englobant toute la wilaya. Le transfert des engrais et pesticides à la nappe se fait soit par infiltration sur l'ensemble de la surface cultivée, soit par rejet dans des puits perdus, des gouffres et bétoires, la pratique de l'irrigation accélère le transfert.

La campagne agricole de 2002/2003 peut nous donner une idée sur les quantités et le type d'engrais, produits phytosanitaires utilisés .

Afin d'avoir moins d'impact sur l'environnement une information, sensibilisation des agriculteurs sur l'utilisation des engrais et pesticides est indispensable.

C. Vulnérabilité des nappes à la pollution:

La vulnérabilité dépend du type de nappe, libre ou captive, et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère. Les nappes libres sont les plus vulnérables ; les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique, d'autre part, la fluctuation verticale saisonnière du niveau piézométrique aboutit à rincer les particules de la zone non saturée et entraîner les substances qui y sont adsorbées. Les nappes captives en revanche sont mieux protégées par les couches imperméables qui les surmontent. Leur alimentation en eau superficielle est plus circonscrite, donc plus aisée à protéger. Leur pollution apparaît lorsque le niveau protecteur imperméable est percé par un ouvrage (ancien forage, fouille profonde...), la percolation de l'eau dans un milieu poreux peut produire une fixation des substances sur les particules et donc une épuration de l'eau.

Chapitre II: Approche géostatistique

I. Introduction

L'étude des crues est d'une importance majeure pour la Wilaya de Ain Temouchent, notant que ces crues sont considérées comme un risque naturel énigmatique pour le danger qu'il cause envers le développement socio-économique de la région. Ce risque engendre souvent d'importants dégâts matériels et de pertes humains. Pour la prévention des dégâts engendrés par ces crues, plusieurs solutions sont possibles, telles que la construction de barrages, déviation des trajectoires des cours d'eau, le renforcement des équipements à protéger, ou encore le placement des enjeux menacés en dehors des zones à risque.

La mise en place et le dimensionnement des différents dispositifs de lutte contre le risque d'inondation causé par les crues repose sur la connaissance et la détermination du débit de crues extrêmes de référence (dont les périodes de retour sont arrêtées au-delà de 100 ans et plus). Pour cela trois types de méthodes de calcul ont été mise en place : les méthodes empiriques (formules utilisées aux USA, en Italie, méthode rationnelle qui dépend du coefficient de ruissellement, méthode de la courbe enveloppe, méthode de classification des crues extrêmes, ...etc.), les méthodes déterministes (Calcul de la fonction de transfert, Calcul de la fonction de production,), ainsi que les méthodes statistiques (l'Analyse fréquentielle ou l'ajustement d'une loi statistique à une série de donnés, la méthode du Gradex, les courbes QDF, Etc.).

L'analyse fréquentielle est la méthode la plus utilisée actuellement dans la détermination des débits de crues extrêmes ainsi que les probabilités de non dépassements de ces évènements ou encore périodes de retour. Celles-ci reposent sur l'extrapolation des données antérieures, pour une prédiction future.

II. Généralités sur les inondations

A. *Définition d'une inondation*

Une inondation désigne un recouvrement d'eau qui déborde du lit mineur ou qui afflue dans les talwegs ou les dépressions

B. *Le processus conduisant aux crues et aux inondations*

Le phénomène inondation est la conséquence de plusieurs processus qui sont :

1. L'eau mobilisable

Dans notre pays la cause fondamentale de la plupart des inondations est l'arrivée d'importantes chutes de pluies parfois exceptionnelles.

2. Le ruissellement

Le ruissellement dépend de la nature du sol et de son occupation de surface. Il correspond à la part de l'eau qui n'a pas été interceptée par le feuillage, ni restituée à l'atmosphère par évaporation et qui n'a pas pu s'infiltrer, ou ressurgir très rapidement après infiltration et écoulement hypodermique ou souterrain. L'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation (infrastructures, constructions) le favorisera.

3. Le temps de concentration (ou durée caractéristique)

Il est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau ayant le plus long chemin hydraulique à parcourir parvienne jusqu'à l'exutoire. Il est donc fonction de la taille et de la forme du bassin versant, de la topographie et de l'occupation des sols.

4. La propagation de la crue

L'eau de ruissellement se rassemble dans un axe drainant ou elle forme une crue qui se propage vers l'aval ; le débit de pointe de la crue est d'autant plus amortie et sa propagation ralentie que le champ d'écoulement est plus large et que la pente est plus faible ;

5. Le débordement

Il est consécutif à la propagation d'un débit supérieur à celui que peut évacuer le lit mineur dont la capacité est généralement limitée à des débits de crues, de période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans. Il peut se produire une ou plusieurs fois par an ou seulement tous les dix ans en moyenne, voire tous les cent ans.

C. Les différents Types d'inondations

On distingue plusieurs types d'inondations :

1. Les inondations des plaines

Les crues de plaine (on parle aussi de crues fluviales) surviennent à la suite d'épisode Pluvieux océaniques prolongés mais d'intensités modérée, s'abattant sur des sols où le Ruissellement est long à déclencher, le cours d'eau sort de son lit ordinaire pour occuper son lit majeur et l'inondation est caractérisée par une montée lente des eaux.

2. Les inondations par ruissellement en secteur urbain

Les inondations par ruissellement concernent principalement les milieux urbanisés. Les Pluies qui ne peuvent s'infiltrer et s'évacuer par les réseaux artificiels d'écoulement (Réseau D'assainissement superficiels et/ou souterrains) s'accumulent dans les points bas.

Le ruissellement pluvial urbain peut provoquer d'importantes inondations lorsque les Chenaux d'écoulement en suite urbaine deviennent insuffisamment dimensionnés après urbanisation et imperméabilisation des sols.

3. Inondation par remontées de nappe

Lors des inondations survenues dans la vallée de la somme et des affluents. De vastes zones du plateau ont été soumises à des phénomènes de remontées de la nappe phréatique, au niveau de la dépression dites «vallées sèches», dans les caves et sous-sol, entraînant de nombreux mouvements de terrain. Ces crues de la somme sont très lentes qui se développent sur plus de deux mois.

L'événement pluviométrique déclenchant s'analyse sur une longue période à partir d'une date

Chapitre II: Approche Géostatistique

conventionnelle de début de recharge des nappes jusqu'à l'apparition des désordres. Ces phénomènes étaient presque totalement méconnus (ou oubliés) jusqu'aux événements de la somme.

4. Par débordement direct

Le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur, les sites en bordure de cours d'eau sont le plus souvent inondés par un débordement direct. En fait, une rivière a deux lits : le lit mineur où les eaux s'écoulent en temps ordinaire, et le lit majeur incluant les zones basses situées de part et d'autre du cours d'eau. Après des pluies fortes ou persistantes, les rivières peuvent déborder et s'écouler à la fois en lit mineur et en lit majeur.

5. Par débordement indirect

Les eaux remontent par effet de siphon à travers les nappes alluviales, les réseaux d'assainissement.

6. Inondation par rupture d'une protection

L'inondation successive à une rupture de digue est un phénomène très brutal et d'autant plus dommageable que le site étudié est proche de la digue. Une rupture peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut. Il est très difficile de prévoir la rupture d'un ouvrage de protection, ce qui rend la prévention de ce type d'accident particulièrement incertaine.

III. Gestion du risque hydrologique

Il est très important de déterminer le risque avant de vouloir s'en protéger, il est et donc impératif de déterminer les caractéristiques de ce dernier et les enjeux à vouloir protéger, car quand on connaît le danger on peut définir avec exactitude les stratégies à mettre en œuvre.

A. L'analyse fréquentielle

C'est la méthode la plus utilisée actuellement dans la détermination des débits de crues extrêmes ainsi que les probabilités de non dépassements de ces évènements ou encore périodes de retour. Celles-ci reposent sur l'extrapolation des données antérieures, pour une prédiction future. L'analyse fréquentielle présente un large éventail de méthodes permettant l'extrapolation des données dont celle auxquelles nous nous sommes particulièrement intéressées, à savoir : La méthode des maxima annuels ; La méthode à seuil. La méthode des maxima annuels consiste en l'application de la théorie de valeurs extrêmes, à une série de données. Ces données sont constituées en extrayant une valeur maximale par année. L'échantillon de données constitué, elles sont ajustées à une loi statistique. D'après la XII littérature spécifique, Les lois GEV et Gumbel sont les plus adaptées (Koutsoyannis, 2004 in Petit F. 2010), seulement pour les grandes séries elle est inadaptée.

Une loi de probabilité décrit le comportement aléatoire d'un phénomène dépendant de la distribution de Gumbel ou loi de Gumbel, nommée d'après Emil Julius Gumbel, est une loi de probabilité continue. La loi de Gumbel est un cas spécial de la loi d'extremum généralisé. La distribution de Gumbel est une bonne approximation de la loi du maximum d'un échantillon de variables aléatoires indépendantes.

La distribution de Gumbel peut, par exemple, servir à prévoir le niveau des crues d'un fleuve, si on possède le relevé des débits sur dix ans. Elle peut aussi servir à prédire la probabilité d'un événement critique, comme les inondations.

Les principaux paramètres nécessaires pour décrire la distribution fréquentielle sont la durée, l'intensité et la période de retour. L'analyse fréquentielle peut être conduite graphiquement ou mathématiquement L'utilisation de l'information historique dans une analyse fréquentielle permet de mieux mobiliser l'information réellement disponible et devrait donc permettre

d'améliorer l'estimation des quantités de grande période de retour. T(SOUANEF N. 2015)

Chapitre II: Approche Géostatistique

L'intervalle des très grandes crues mérite une attention particulière. Pour aucun élément de l'Hydrologie, les moyennes ne sont plus difficiles à établir et plus trompeuses. Ces phénomènes peuvent fort bien se grouper au nombre de deux, trois ou quatre dans un temps inférieur à l'intervalle moyen, puis manquer pendant une période bien plus longue.

B. Représentation de la loi de Gumbel

On peut écrire : $U = -\ln[-\ln(1 - F(x))] = -\ln[-\ln F(x)]$ Or $U = s - x/X_0$ Ainsi la représentation graphique de X en fonction de U est une droite : $X = s.U + X_0$ la loi de Gumbel

On utilise une représentation sur graphique de Gumbel, ce qui linéarise la relation entre X et F(x). De façon analogue à la loi normale, l'axe des ordonnées est gradué de façon arithmétique suivant U avec une correspondance en $-\ln[-\ln(1 - F(x))] = -\ln[-\ln F(x)]$ Loi de Gumbel

0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1													
0.5	10	15	20	25	x	F(x)	graphique de Gumbel	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	variable réduite U	variable X	0.066	0.367	0.692	F(x)	x0	gradex s							

Sur un graphique de Gumbel on retrouve les paramètres de la loi : - pour $U=0$: on a $X=x_0$ - pente de la droite = le gradex s

I.2Ajustement d'une loi de Gumbel Soit un échantillon de n points $(x_i, i=1 \text{ à } n)$ d'une variable X susceptible de suivre une loi de Gumbel. On peut procéder : - en traçant les fréquences empiriques des x_i en fonction de x_i sur un graphique de Gumbel, si les points sont alignés si on affaire à une variable de Gumbel ; on en déduit les paramètres. - on calcule les paramètres de la loi théoriques : soit par la méthode des moments¹ soit par la méthode du maximum de vraisemblance² ; on trace la droite théorique ainsi obtenue et les points expérimentaux (couple $(x_i, F(x_i))$), un bon alignement des fréquences empiriques sur la droite théorique signifie que X suit bien une loi de Gumbel.

¹ Voir chapitre Distribution d'échantillonnage –estimation –intervalle de confiance ² idem ³ la loi de Gumbel

Variable susceptible de suivre une loi de Gumbel : On peut montrer théoriquement que c'est la loi suivie par la valeur maximum d'une variable sur une durée Δt ayant de nombreuses réalisation indépendantes sur cette période. C'est une loi très employé en hydrologie : - les débits instantanés maximum annuels - les volumes de crue sur une durée fixé, maximum annuels - les intensités de pluie maximales annuelles ou mensuelles ; Remarque : Si la variable aléatoire $\ln(X)$ suit une loi de Gumbel de paramètre x_0 et S alors X suit un loi log-Gumbel ou de Frechet. La loi log-Gumbel présente une dissymétrie encore plus marquée que la loi de Gumbel, elle s'adapte ainsi aux échantillons très dissymétriques.

C. Relation entre loi de Gumbel et périodes de retour

Soit T la période de retour d'une valeur $x \geq X$, exprimée en année. $F(x)$ désigne la fonction de répartition de Gumbel. Si X représente la valeur maximum annuelle d'un phénomène (débit instantané, intensité horaire de pluie, etc...) on a la relation suivante entre T et $F(x)$: $T = 1 / (1 - F(x))$

D. Présentation de la méthode de Gradex

La méthode du GRADEX est une approche hydropluviométrique probabiliste du calcul des débits de crues extrêmes de période de retour supérieure à cent ans. La méthode se base sur l'information apportée par la loi de probabilité de la pluie spatiale pour les valeurs fortes. En effet, on suppose que la loi de distribution de la rétention du bassin ne change pas pour les pluies intenses, d'où on déduit le comportement asymptotique des volumes des crues extrêmes à partir de la distribution de la pluie moyenne maximale annuelle (pour un pas de temps adéquat). La distribution des débits instantanés maxima est déduite des volumes.

La distribution des pluies de quelques heures à plusieurs jours ponctuelles ou spatiales sur un bassin versant est à décroissance exponentielle (loi de Gumbel, Somme de deux exponentielles). L'estimation de la lame d'eau moyenne spatiale peut s'effectuer une moyenne arithmétique des pluies ponctuelles sur le bassin versant.

La méthode du Gradex donne une extrapolation relativement bien attendue au vu des crues déjà constatées.

IV. Application d'analyse fréquentielle pour le B.V d'Oued El Maleh

L'étude des périodes de retour nécessite une série de données de longue durée. Dans ce cas on a pris un échantillon de 30 ans

A. Les précipitations

interval	P(mm)	f	Cum	Log(N _p)
200-299	249	13	31	1.491
300-399	349	11	18	1.255
400-499	449	6	7	0.845
500-600	550	1	1	0.000

Tableau n°12: Application de la méthode des fréquences pour classer les précipitations.

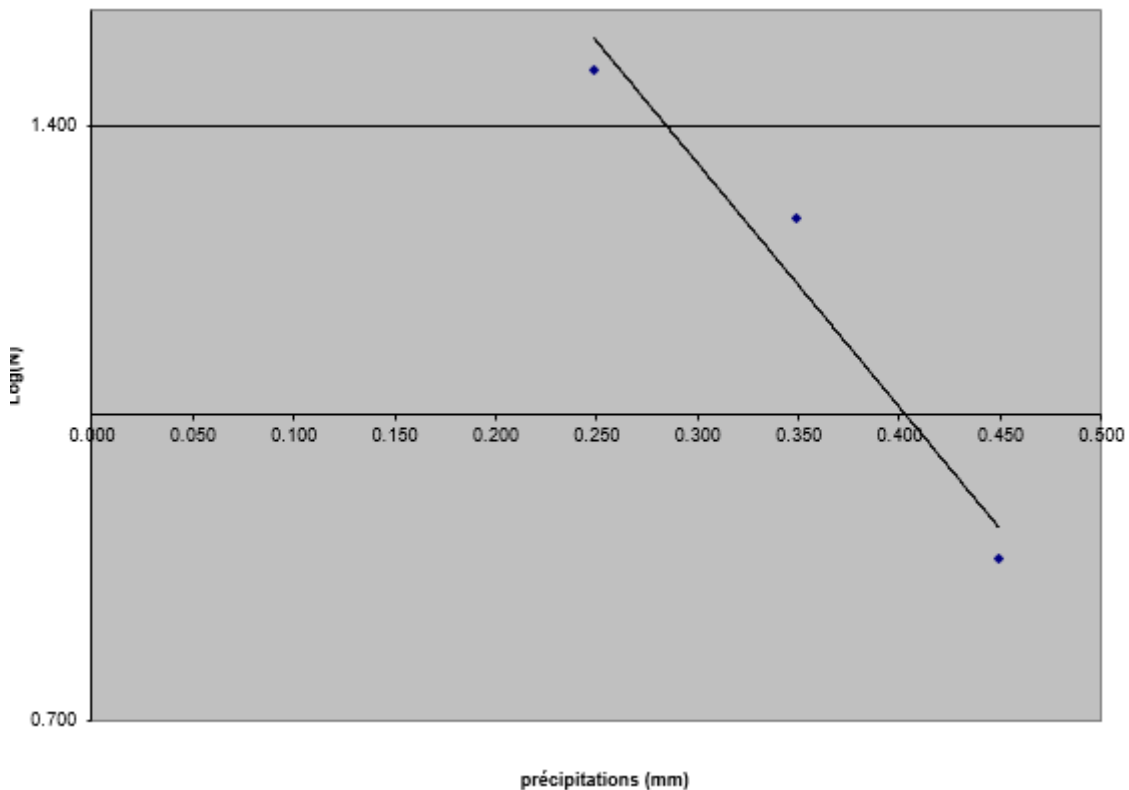


Figure n°10: Diagramme représentant log n des différentes classes des précipitations.

Chapitre II: Approche Géostatistique

D'après le graph. on obtient:

$$A_k=5.353$$

$$B_k=7.45$$

Après la normalisation en fonction de l'entité du bassin et de la période d'observation de 30 ans (1981-2010) on obtient:

$$A= A_k-\log 30=5.353-\log 30=3.875$$

$$B=B_k-\log(30)=7.45-\log(30)=5.973$$

Donc :

$$\alpha=A*\text{LN}(10)= 3.875*\text{LN}(10)=8.923$$

$$\beta= B*\text{LN}(10)=5.973*\text{LN}(10)= 13.753$$

Calcul des périodes de retour des précipitations :

année	pp (m)	Pndp	T
1981	224	0.662	2.962
1998	240	0.719	3.564
2007	243	0.730	3.708
1996	245	0.735	3.775
1992	263	0.788	4.717
2005	264	0.790	4.764
1999	264	0.790	4.769
2004	271	0.808	5.201
1994	280	0.827	5.766
1993	280	0.827	5.786
2006	284	0.836	6.088
2003	294	0.855	6.912
1988	299	0.865	7.397
1997	302	0.869	7.638
1987	309	0.880	8.311
1995	319	0.895	9.565
2001	327	0.905	10.500
1983	332	0.911	11.272
2010	333	0.913	11.468

.../

Chapitre II: Approche Géostatistique

.../

année	pp (mm)	Pndp	T
2009	341	0.921	12.737
1982	352	0.932	14.710
1989	354	0.933	15.016
2002	360	0.939	16.279
1990	382	0.955	22.006
1991	409	0.968	31.619
1986	410	0.969	31.833
2000	418	0.972	35.781
2008	440	0.979	48.011
1984	475	0.987	77.062
1980	495	0.99	101.447
1985	506	0.992	118.088

Tableau n°13: Les périodes de retour des précipitations.

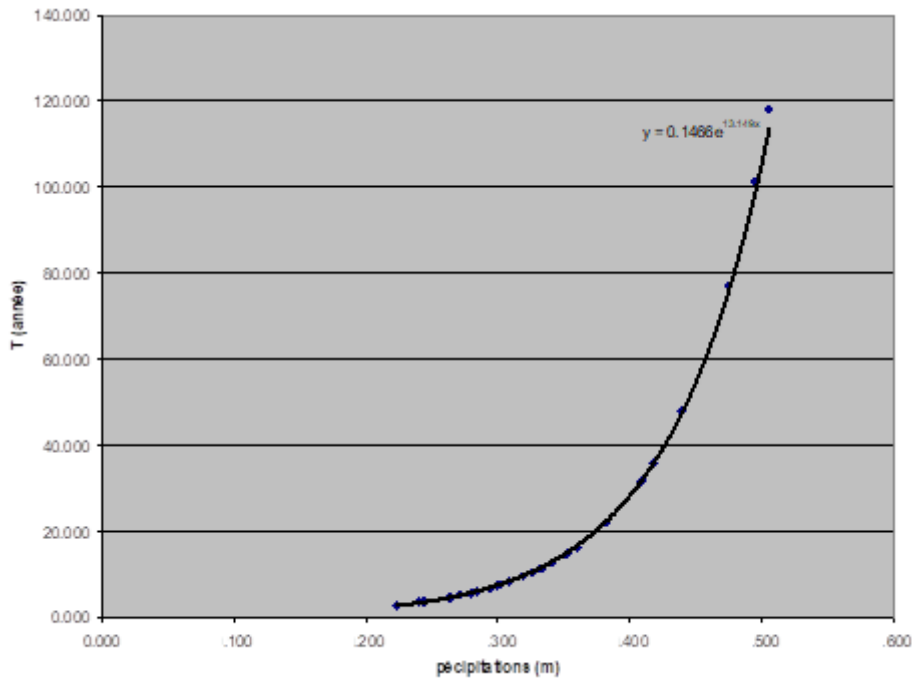


Figure n°11: courbe représentant les périodes de retour des précipitations

B. Les débits

interval	Q(m ³ /s)	f	cum	Log(N _q)
0-0.3	0.150	11	30	1.477
0.301-0.600	0.451	9	19	1.279
0.601-0.900	0.751	5	10	1.000
0.901-0.120	1.051	1	5	0.699
1.201-1.499	1.351	3	4	0.602
>1.5	1.500	1	1	0.000

Tableau n°14: Application de la méthode des fréquences pour classer les débits.

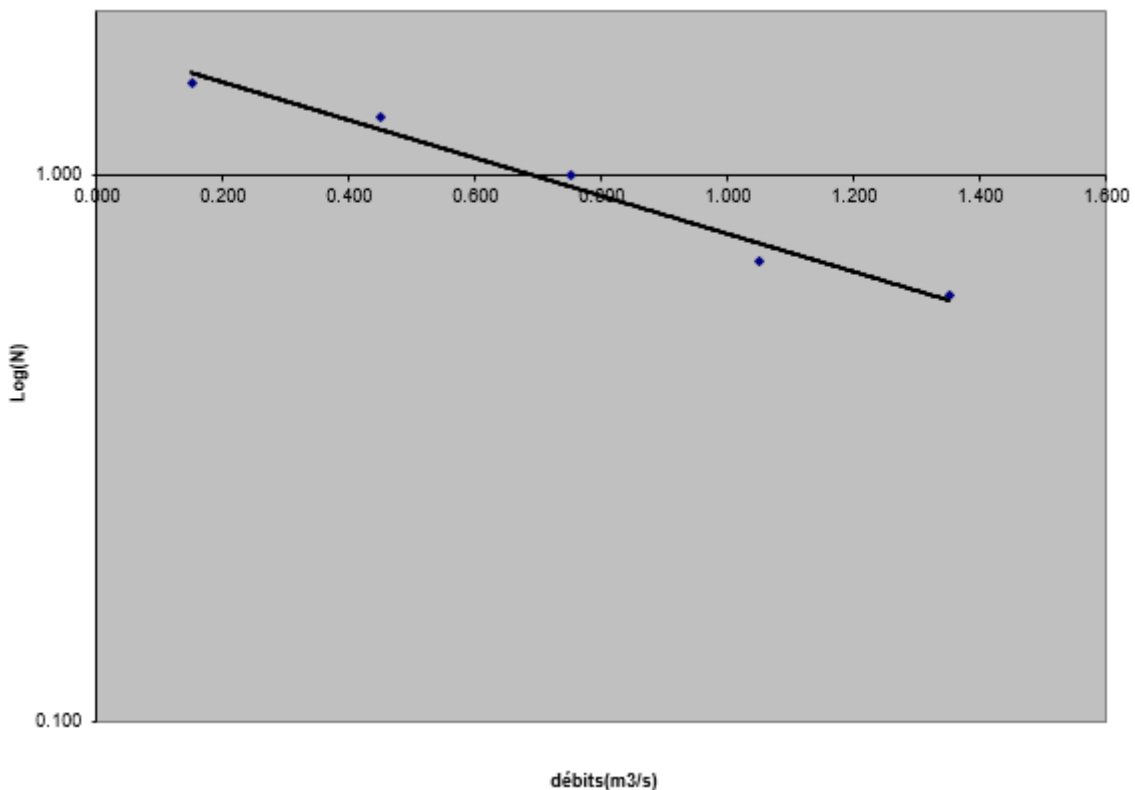


Figure n°12: Diagramme représentant log n des différentes classes des débits.

Chapitre II: Approche Géostatistique

D'après le graph. on obtient :

$$a=1.594$$

$$b=0.776$$

Après la normalisation en fonction de l'entité du bassin et de la période d'observation de 30 ans (1981-2010) on obtient :

$$A=A_k-\log(30)=1.59-\log(30)=0.117$$

$$B=B_k-\log(30)=0.776-\log(30)=0.701$$

Donc:

$$\alpha= A*\text{LN}(10)= 0.117*\text{LN}(10)=0.269$$

$$\beta= B*\text{LN}(10)= 0.701*\text{LN}(10)=1.614$$

Calcul des périodes de retour des débits:

Année	Qmoy	Pndp	T
2004 -2005	0.150	0.810	5.253
2010 - 2011	0.160	0.812	5.330
1996 - 1997	0.190	0.820	5.568
2003 - 2004	0.200	0.823	5.650
1983 - 1984	0.21	0.826	5.733
1997 - 1998	0.210	0.826	5.733
2005 - 2006	0.210	0.826	5.733
2006 - 2007	0.220	0.828	5.818
1984 - 1985	0.240	0.833	5.991
1981 - 1982	0.260	0.838	6.171
1999 - 2000	0.290	0.845	6.450
1986 - 1987	0.350	0.858	7.053
2007 - 2008	0.350	0.858	7.053

.../

.../

année	Qmoy	Pndp	T
2002 - 2003	0.36	0.86	7.159
1988 - 1989	0.400	0.868	7.601
1982 - 1983	0.430	0.874	7.953
2009 - 2010	0.430	0.874	7.953
1998 - 1999	0.490	0.885	8.708
1987 - 1988	0.510	0.889	8.977
1980 - 1981	0.600	0.903	10.299
1990 - 1991	0.630	0.907	10.785
2000 - 2001	0.650	0.91	11.122
1985 - 1986	0.700	0.917	12.013
1991 - 1992	0.820	0.931	14.471
1994 - 1995	0.890	0.938	16.140
1995 - 1996	1.010	0.949	19.481
1989 - 1990	1.220	0.963	27.135
2008 - 2009	1.390	0.972	35.543
1993 - 1994	1.400	0.972	36.113
1992 - 1993	1.500	0.976	42.350

Tableau n°15: Les périodes de retour des débits.

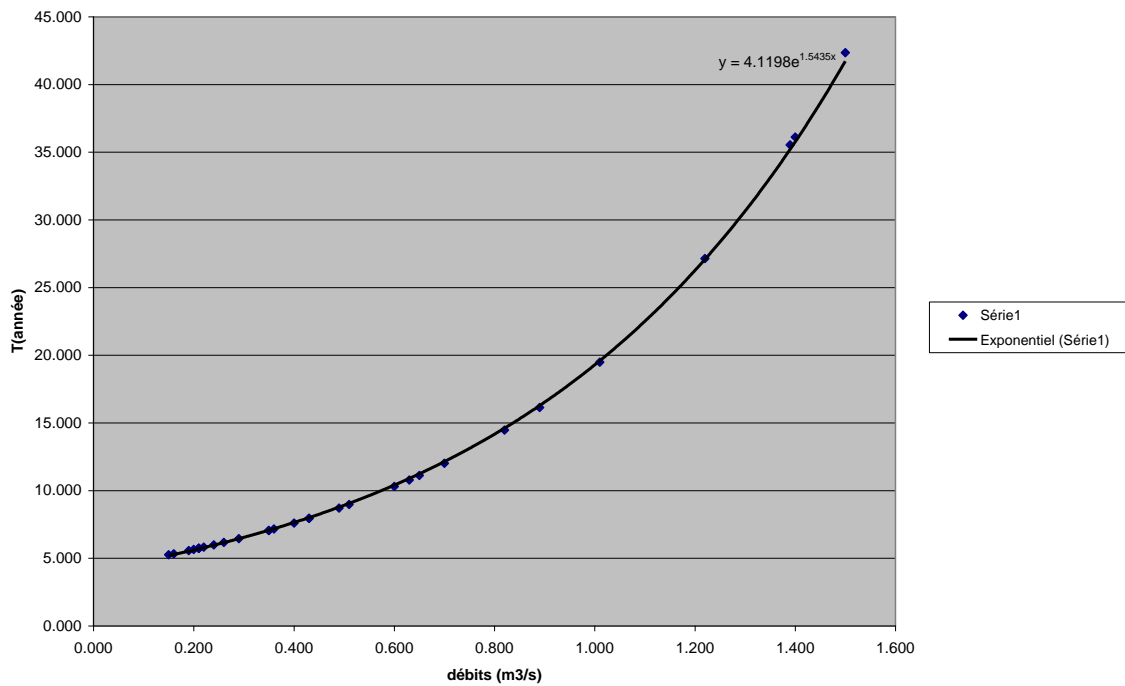


Figure n°13: courbe représentant les périodes de retour des débits.

Chapitre II: Approche Géostatistique

C. Application de la méthode de Gradex

Les débits portent une carence de données réelles, Donc, on utilise la méthode de Gradex pour obtenir le débit centennal.

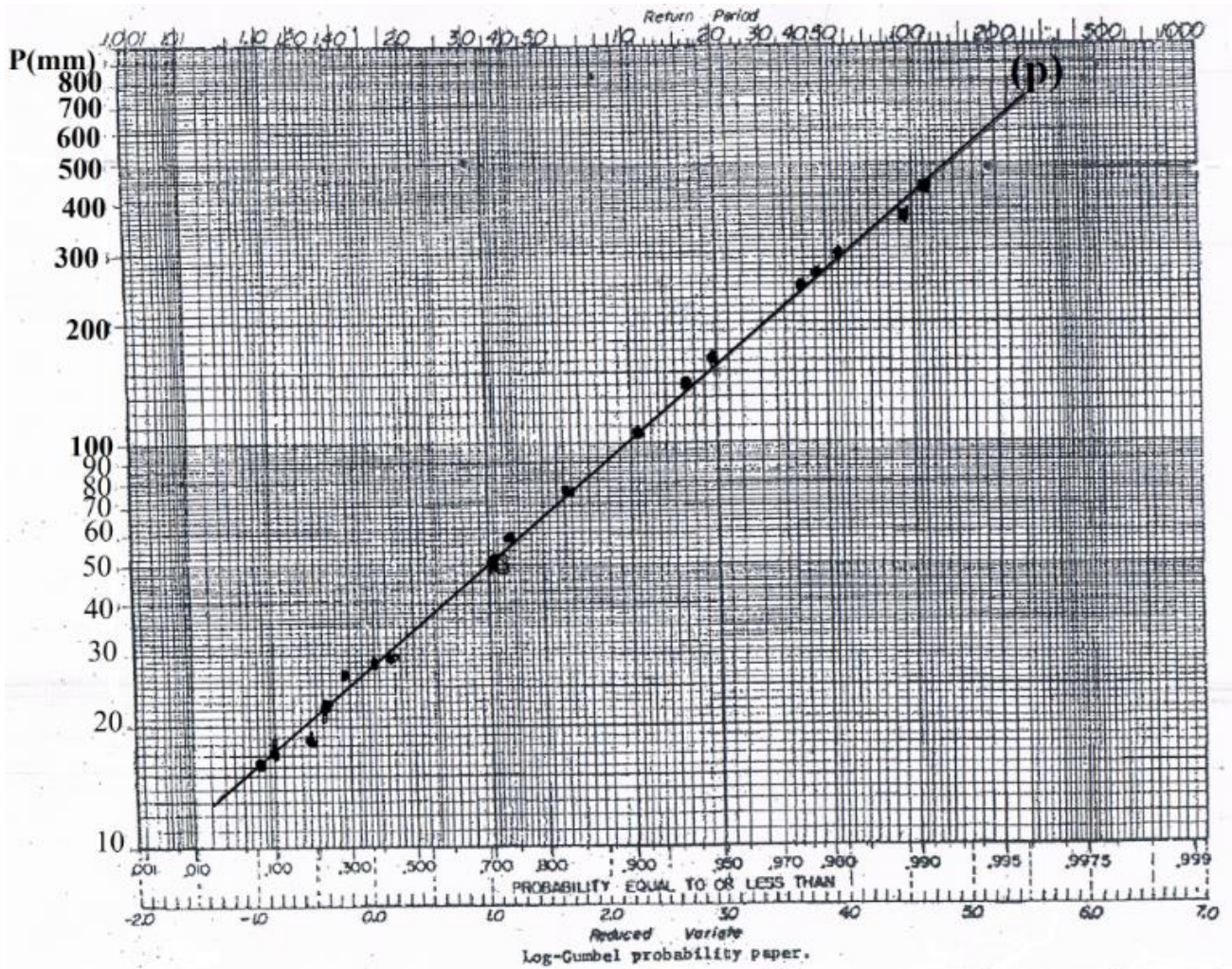


Figure n°14: Diagramme des précipitations moyennes annuelles

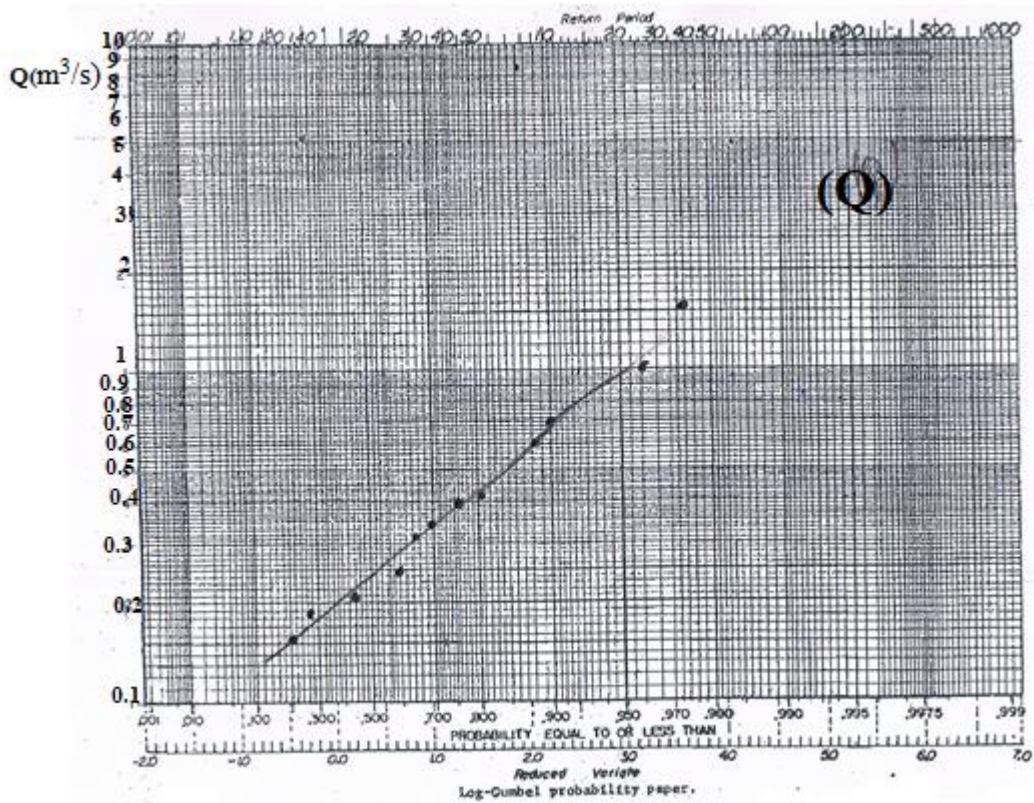


Figure n°15: Diagramme des débits moyens annuels

La méthode de Gradex offre une solution pour l'ajustement de la courbe des débit en basant sur la courbe des précipitations qui a été mieux réalisée grâce à l'abondance des données réelles.

Les précipitations et les débits sont représentés en deux courbes linéaires parallèles (fig. n°16), Dont, les équations sont:

-Pour la droite des précipitations: $Y=0.93x+0.3$

-Pour la droite des débits: $Y=0.93x+0.16$

Chapitre II: Approche Géostatistique

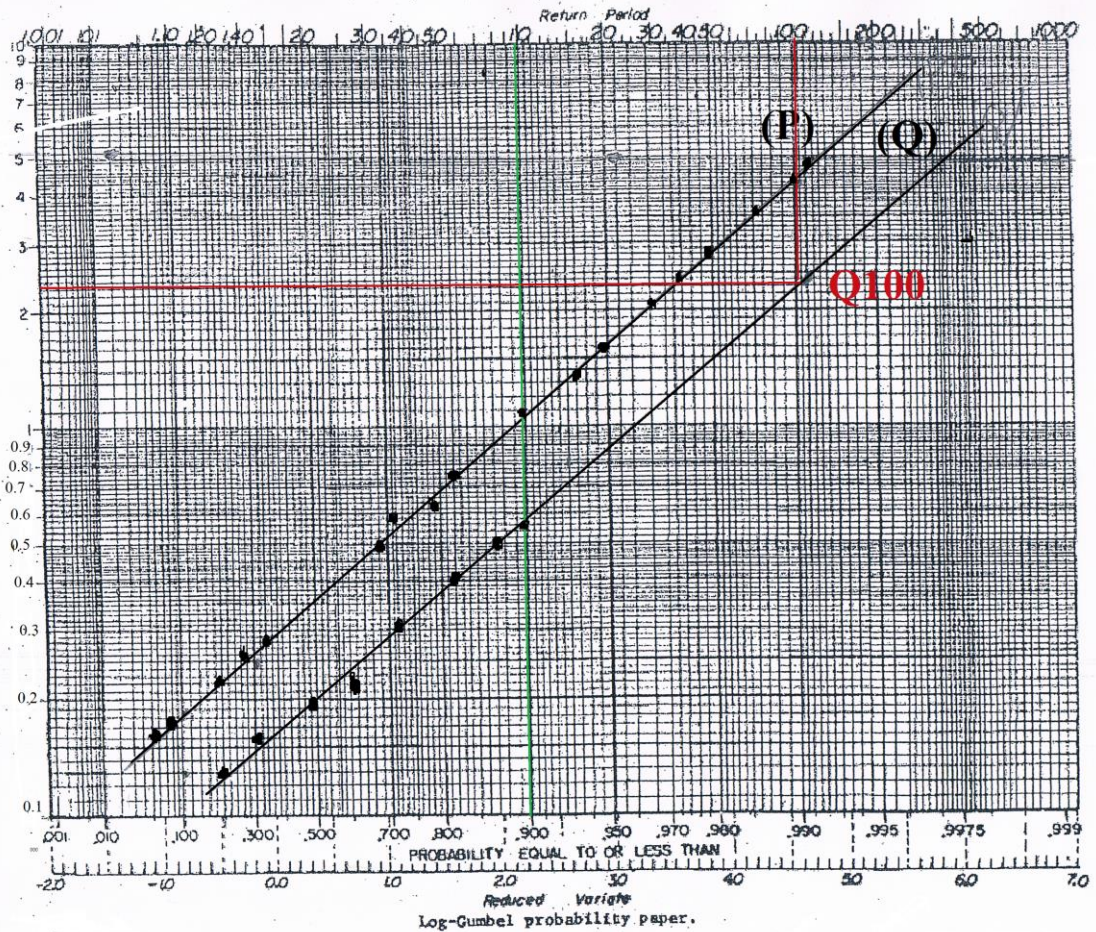


Figure n°16: Diagramme synthétique de la méthode de Gradex

D'après cette méthode le débit centennal est de : $Q_{100}=2.3\text{m}^3/\text{s}$

Pour 10 ans: $Q_{10}=0.58\text{m}^3/\text{s}$

Pour 200 années: $Q_{200}=3.8\text{m}^3/\text{s}$

La lame d'eau précipitée sur le bassin était évaluée : 495mm

V. Cartographie des zones inondées du bassin versant

La méthode appropriée pour la cartographie des zones inondées est simple, basée notamment sur la quantification de la superficie inondée déduite de la statistique hydrique et du volume correspondant au débit historique potentiel. Notant qu'il existe d'autres méthodes de modélisation des inondations et des crues d'Oued, tel que:

- Méthode hydro-pédologique (AgroBioTech) : détermination de l'aléa sur base des cartes pédologiques et d'un modèle numérique de terrain à mailles larges utile dans les zones non habitées ou récemment urbanisées.
- Modélisation hydraulique (HACH) : calcul des hauteurs, vitesses et débits à partir d'un modèle numérique de terrain précis (LIDAR) et de statistiques hydrologiques plus précis mais disponible uniquement sur les cours d'eau navigables et de leur catégorie.

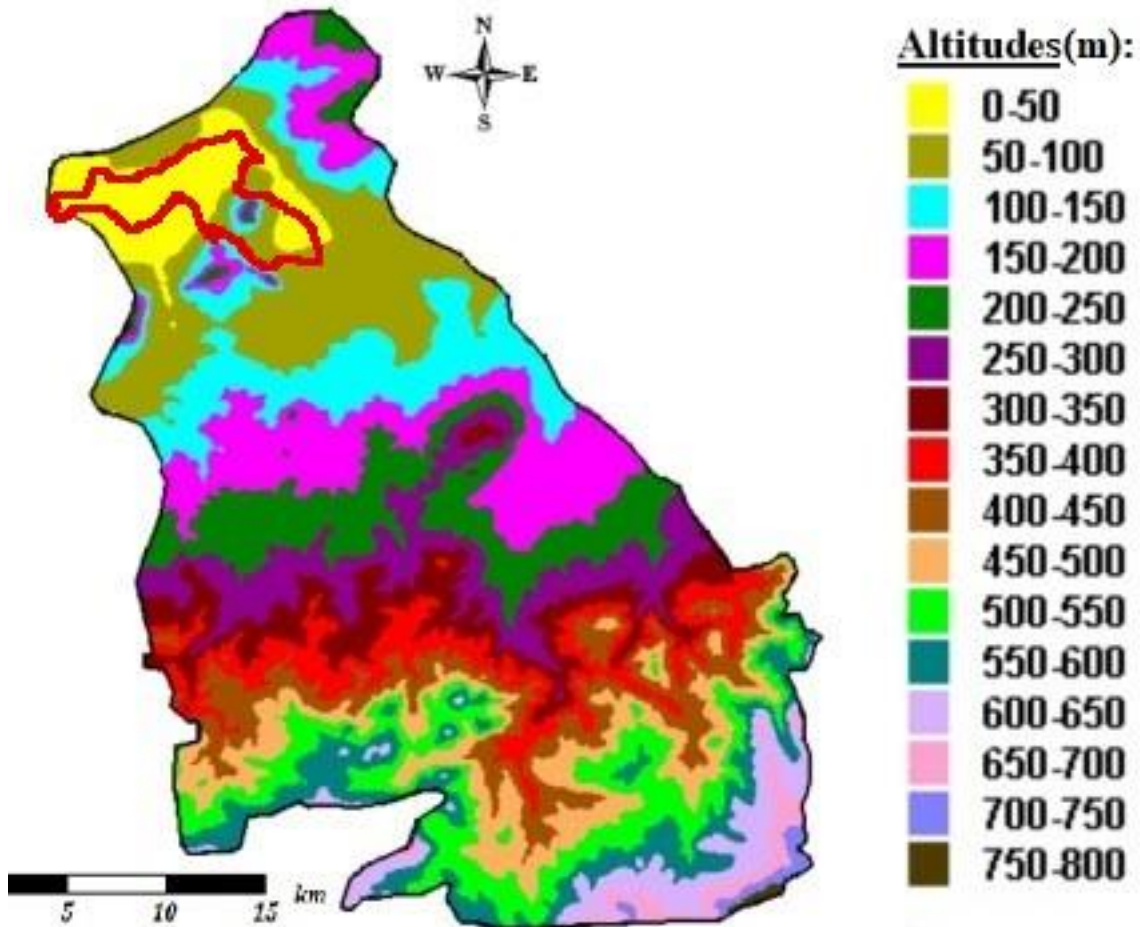
Les synthèses des méthodes hydro-pédologiques effectuées en zone rurale, associées aux enquêtes de terrain permettent de valider les résultats obtenus par modélisation de l'aléa hydrique.

A. Objectifs de la modélisation des zones inondables

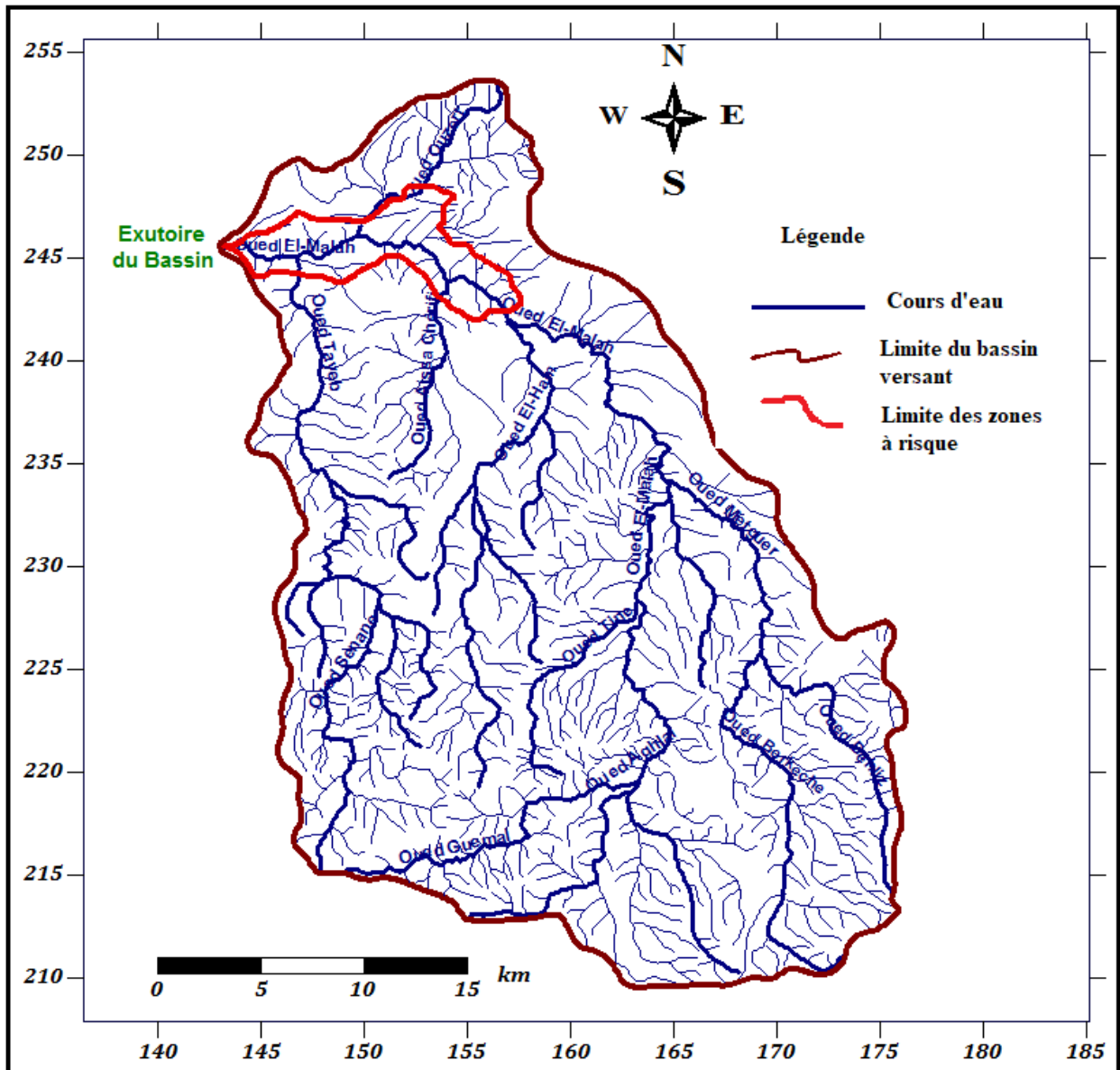
La modélisation permet généralement de simuler les phénomènes hydrologiques d'après les entités précipitées et évacuées en écoulement occasionnel d'Oueds et de vallées inondables. Elle permet en effet d'intégrer le schéma représentatif du phénomène étudié. Notre bassin d'Oued El Maleh a fait l'objet d'une expérience d'évaluation des paramètres hydriques en terme du volume précipité et de la hauteur de la lame d'eau estimée sur les différents secteurs de la région étudiée. Notre approche en ce domaine consiste surtout à la configuration géométrique de la surface inondable correspondante à la période échantillonnée et sur l'évaluation de la tranche d'eau déduite du débit critique centennal. Notre essai a consisté à mettre en évidence de décrire l'évolution de ces paramètres dans le temps pour donner une image approchée de l'inondation historique potentiel du bassin versant étudié.

B. Elaboration de la carte thématique des zones inondables

D'après les résultats obtenus, la surface inondée pour un débit centennal est estimée à 19.6km^2 ; illustrée par la carte n°6, ainsi que par la carte n°7 (Calage/chevelu hydrographique).



Carte n°07: Zonage de la superficie inondée/MNA



Carte n°08: Calage de la zone inondée au sein du bassin versant étudié.

VI. Conclusion

L'étude probabiliste des précipitations et des débits au sein du bassin versant de l'Oued El Maleh durant la période (1981-2010) nous a permis d'estimer l'occurrence de ces paramètres pour une inférence de 100 ans (historique). Vu le manque de données de débits de l'Oued El Maleh et la complétude de données de précipitation ; la condition d'utilisation de la méthode Gradex est à notre faveur. Le principe est simple et utile ; il se base sur la construction graphique de la courbe des débits parallèlement à celle des précipitations. La donnée décennale du débit constitue le point repère dans cette opération.

En effet, le débit historique (centennal) obtenu est estimé à : $2.3\text{m}^3/\text{s}$. Cette valeur extrême pose un problème de taille pour le transport en masse en période de crue, notamment au niveau de l'aval situé au Nord-Ouest du bassin versant, dont la surface inondable dépasse les 19.6Km^2 , bien illustrée par la carte n°07.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés, au comportement de l'aléa hydrique du bassin versant de l'Oued El Maleh.

Une recherche bibliographique a été réalisée avant d'entamer notre thématique concernant l'analyse fréquentielle des crues de l'Oued El Maleh durant la période (1981-2010).

Le contexte morphométrique et hydrologique a été traité en amont pour échantillonner la donnée hydrique et les modalités des variables : précipitation et débit.

Le bassin versant de l'Oued El Maleh est caractérisé par une succession de nappes de charriages et des effets géodynamiques donnant en conséquence une succession des dépôts marins et continentaux couronnés par des formations détritiques du Plio-Quaternaire.

Le bassin versant de l'Oued El Maleh est un bassin en état de maturité qui présente une forme moyennement allongée, une superficie importante associée à une organisation normale du chevelu hydrographique.

Le bassin versant de l'Oued El Maleh est sous un climat semi-aride.

Pour mieux étudier les événements des crues historiques, on a opté l'usage du modèle fréquentiel probabiliste de Gumbel qui traite généralement les phénomènes aléatoires rares.

Les paramètres intrinsèques du modèle sont en occurrence les précipitations moyennes annuelles et les débits moyens annuels enregistrés sur une dizaine de stations pluviométriques de la Wilaya de Ain temouchent.

L'analyse fréquentielle utilisée nous a permis la modélisation des coefficients des précipitations et des débits, ainsi d'établir les courbes d'aléas hydriques pour résoudre les périodes du retour et notamment celle du débit historique.

Plusieurs étapes ont été envisagées pour déduire les résultats potentiels sur les aléas hydriques.

La lame d'eau précipitée sur le bassin est évaluée de: 495mm

Les débits qui portent généralement une carence de données réelle ont constitué un obstacle pour appréhender la prévision des aléas des crues de l'Oued étudié. Devant cette handicap, on a utilisé la méthode synthétique de Gradex.

La valeur extrême du débit historique est estimée à $2.3\text{m}^3/\text{s}$.

Conclusion Générale

La prévention de l'aléa hydrique nécessite généralement une cartographie thématique qui permet la délimitation et le zonage des surfaces inondées lors des crues de l'Oued et notamment en aval du bassin versant

Des évènements hydrologiques survenus pendant les dernières années pourront être pris en compte lors d'une étude ultérieure. Cette analyse peut être appliquée à d'autres données plus étendues et plus détaillées tels que les débits horaires, journaliers et mensuels.

Ce modeste travail permet de contribuer à la résolution de l'aléa hydrique de la région, qui constitue l'essentiel de l'étude du risque hydrique connu par son grand impact sur la sécurité et l'économie du pays. Ainsi, l'état de notre compréhension devient probant et servira la planification et la gestion des crues.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ABED A.K., ROUKH Z. (2013) ; Cartographie multirisque : sismicité, inondation, pollution potentielle des eaux de surface de la dépression de la Macta, mém. Master Univ. Oran, 73p

ABDEDDAIM H. (2007) ; Contribution à la mise en œuvre d'une méthode d'analyse du risque - d'inondation et de prévision des solutions d'aménagement, Thèse.

A.N.R.H d'Oran Données hydrologiques et climatiques.

BELLOULA M. (2007) ; Modélisation des écoulements et perspectives de prévention contre

Les risques d'inondations quelques bassins de la Medjerda (confins Algéro-Tunisien)

Thèse, Univ. Hadj Lakhdar, Batna.

Direction de l'hydraulique de la wilaya de Ain Temouchent, (2012) Etude d'aménagement du bassin versant d'Oued El Maleh (wilaya d'Ain Temouchent). 57p

FREDERIC L., Nancy M et FREDDY V. (2010) ; aléas naturels et gestion des risques, édit. PUF (presse universitaire de France, 2010), pp 95-99

Fenêt B. 1975; Guardia p. 1975; Megartsi 1982, Thomas G. 1985, Hassani M. L. 1987 et Mansour H. 1989in LAKEL K., AMMAR N. (1999-2000); Contribution à l'étude hydrogéologique du grand B.V. de l'Oued El Maleh. mém. ing. Univ. Oran. 143p

GUETTAF C.E., BENACEUR A. (2014) ; UNE ZONE INONDABLE, CAS DE LA VILLE D'ELBAYADH (ATLAS SAHARIENCENTRAL, ALGERIE), mém. Master univ. Mohamad Ben Ahmed Oran, 75p

LAKEL K., AMMAR N. (2000); Contribution à l'étude hydrogéologique du grand B.V. de l'Oued El Maleh. mém. ing. Univ. Oran. 143p

Mansour H. (1989) ; Hydrogéologie des complexes dunaires à l'oued d'Oran de Cap Falcon(Oran) à Terga (Beni Saf) Algérie. 359p

MAILHOT A., BOLDUC C., GUILLOU M. (2016); HYDROLOGIE À L'ÉCHELLE DE PETITS BASSINS-VERSANTS. Rapport Univ. Québec. 150p

PETIT F. (2010) ; Analyse des crues et inondations en Belgique, Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviale, Bruxelles, Belgique. 17p

Références bibliographiques

- Sauvageot F. (2013) ; Modélisation des crues : phénomènes aléatoires moyens et extrêmes. Rapport Univ. Paris, France. 12p
- SOUANEF N. (2015), Analyse fréquentielle des débits max de crues de l'Oued Abiod, Thèse, Magister univ. Mohamed Khider, Biskra. 100p