

République Algérienne Démocratique et populaire.

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.

Université El Hadj Lakhdar.

Batna.

Faculté des sciences.

Département des sciences de la terre.

*Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister
en aménagement du territoire.*

Option : *Dynamique des milieux physiques et risques naturels.*

Thème :

***Modélisation des écoulements et perspectives de prévention contre
les risques d'inondation dans quelques bassins de la Medjerda
(Confins Algéro-Tunisiens).***

Présenté par : Belloula Moufida.

Devant la commission d'examen :

Nemouchi. A : *Président*

MC-Univ -Constantine.

Dridi . H : *Promoteur*

MC-Univ -Batna.

Kalla . M : *Examineur1*

MC-Univ -Batna.

Amireche . H : *Examineur2*

MC-Univ-Constantine.

Année Universitaire : 2007-2008.

Abstract:

The basin versant (stope) of *Meskiana-Mellegue Amont* is situated in the East of *Algeria*, many vulnerable zones to the risks of flooding are present (existe) in this basin. A previous definition of the geological and hydroclimatological parameters was revised. Hydrological analyses and the transportation of the fluvial sediment (deposit) were realised on different periods in order to develop a set of elements and tools for taking decision for a better management of the flooding risks. A detailed quantitative and qualitative analysis of solid and liquid debits representative measured at the level of the two representative stations (Ouenza, El Aouinet) permitted to establish some relations between the transportation of the wads solid and their debits. The development of the model debit solid- debit liquid, using a correlative analysis permitted to choose this model in a simple curve, which is the most frequent and appropriate translating of an erosive action. The comparison between the results of the empiric formulas and those of the model offer a very favorable conditions especially for the mobilization of the transportation of the materials. To this consideration the basin versant of *Meskiana- Mellègue Amont* is exposed to the risks of flooding and their evolutions require the creation of a standard representation in the goal to avoid this risk.

Key Words : *Algeria, Medjerda, basin versant, Meskiana, Mellegue Amont, rainfall, debit, flood, sediment transport, risks of flooding.*

Avant-propos

Cette tentative de recherche est le fruit d'une année d'investigation de travail, et je suis attaché à relater l'essentiel de ce dernier, de l'œuvre accompli et synthétiser les suggestions et les réflexions d'amélioration pour l'avenir. Au terme de cette recherche, il m'est très agréable d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Je suis consciente de la reconnaissance que je dois à *Mme : Kalla-Dridi.H* qui a toujours répondu favorablement pour toute sollicitation. Elle m'a réservé des moments précieux de discussion et m'a facilité toutes les conditions pour mener à bien ce travail. Je garderais toujours un bon souvenir très vif de son dynamisme et ses grandes qualités humaines.

Je remercie *Mr* le chef du département *Mr Kalla. M.*

Je remercie *Melle Baazi-H* d'avoir accepté de codiriger ce mémoire et de m'avoir prêté aide et conseils. Je remercie *Mr Derias.T*, *Mr Akakba.A*, *Mr Daouadji.B* *Mr Chebila .A* Mes remerciements vont également à tous les membres du Jury, d'avoir accepté d'en faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire.

Sans oublier de remercier, les services Techniques du Ministère des Ressources en Eau, la direction générale de l'Agence Nationale des Ressources Hydrique (*A.N.R.H*) ainsi que les secteurs: *Alger, Tébessa, Constantine, Chechar*, le secteur de pédologie de *Constantine*, l'agence national du bassin versant Seybouss - Medjerda - Mellegue (*MSM*). Je remercie la conservation et la subdivision des forêts (*Tébessa*), la *DSA* (Direction du secteur Agricole Tébessa).

Je remercie *Mr* le directeur de *l'O.N.M* de *Tébessa* et celui de *Khenchela*. Ainsi que, *Mr* le directeur de la *DHW* (direction d'hydraulique) de *Tébessa*, *Mr* le directeur de la Coopérative de construction de l'irrigation et drainage *Bir Dheb (COOPCID)* (*Tébessa*).

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à mon père, si sage et si, désintéressé, car, il souhaitait un jour que sa fille *Moufida* termine ses études avec succès. Il était tenace, brillant, ouvert au dialogue.

Ma mère, avait toujours un œil attentif sur la progression de mes travaux, et veillée avec moi à des heures tardives.

Mon mari qui a été toujours à mes cotés.

Ma grande mère qui demanda toujours à dieu de me prêter main forte.

Mes frères, ma sœur, mon entourage familial, n'ont ménagé aucun effort pour m'apporter tout le soutien moral et matériel.

Ce travail est pour vous,

Introduction générale

Les processus élémentaires opérant sur les versants, et ceux développés par les grands agents de transport, combinent leurs activités en fonction des conditions hydrodynamiques et les caractéristiques des écoulements disponibles. Pour analyser exactement la dynamique de ce système complexe, il convient d'en connaître à tout moment les variables qui déterminent le milieu physique, l'évolution de ce phénomène naturel nécessite la mise en œuvre d'une représentation standard sous forme de modèles reproductibles et restituant correctement la réalité.

Le bassin versant *Meskiana-Mellégué Amont* situé au Nord-Est de l'Algérie, fait partie du grand bassin versant de la *Medjerda*, il abrite des zones vulnérables au risque d'inondation. Par ailleurs la fragilité du milieu, traduisant une action érosive et un transport des sédiments en suspension provoqué par des averses sur des sols secs et peu protégés, amplifie d'avantage cette vulnérabilité.

A cet égard, l'objectif principal de notre étude est de mettre en évidence :

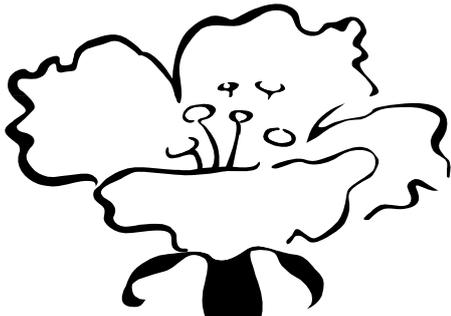
- Une relation entre débit liquide-débit solide à partir d'une approche mathématique (*Modélisation*), qui peut être utilisée pour la compréhension et la caractérisation d'un système hydrologique en étudiant la réponse aux entrées pluies de l'écoulement global à l'aval. Cette approche basée sur les modèles de régression à différentes échelles est adoptée, en tenant compte de la donnée hydro pluviométrique des différents bassins.
- Les zones à risque d'inondation seront mises en évidence par la méthode du zonage (étude du cas de la Ville *Ouenza*). Ceci nous permettra de définir les secteurs nécessitant des interventions prioritaires afin de préserver l'équilibre de la dynamique environnementale de ses zones Semi-aride, hautement fragiles

Dans cette recherche, on a essayé d'effectuer une analyse précise et un diagnostic efficace de cette problématique. C'est ainsi que notre travail s'articulera autour de trois chapitres :

Chapitre I: Définir le cadre physique du bassin versant et en préciser les particularités orographiques, morphologiques, géologiques et leurs interactions dans le comportement hydrologique de ce Bassin.

Chapitre II: L'étude hydrologique sera basée sur le traitement statistique des données hydrométriques, mettra en lumière les aspects fondamentaux de l'écoulement et l'évaluation des apports liquides et des crues dans le bassin concernés.

Chapitre III: Porter sur la modélisation des écoulements dans le bassin, la dynamique érosive de ce dernier et les perspectives de prévention contre le risque d'inondation.



Chapitre I :

*Etude physico-géologique
du bassin versant
Meskiana-Mellegue Amont*

Le premier Chapitre de cette tentative de recherche tente à définir le comportement du bassin versant *Meskiana-Mellegue Amont*, et en précise les différentes particularités du cadre physique (Orographiques, Géologiques, Lithologiques, Morphologiques...etc) qui interfèrent dans la genèse de l'écoulement.

I.1 Caractéristiques Physiques :

Tout écoulement se manifestant à l'intérieur d'une surface topographique qui doit fortement traverser la section normale considérée et s'écouler vers l'aval jusqu'à l'exutoire.

En effet, il existe dans de nombreux cas, un transfert important d'eau d'un bassin à un autre à travers les formations meubles ou perméables, au niveau des zones de contact, on est amené alors à définir un bassin versant hydrogéologie dont la surface est parfois largement supérieure à celle d'un bassin versant apparent.

I.1.1 Situation géographique :

L'unité hydrographique du **Constantinois-Seybousse-Mellegue** est située dans la partie **Nord -Est algérienne**. Elle est limitée au **Nord** par la **mer Méditerranée**, à l'**Ouest** par la région hydrographique de **l'Algérois-Hodna-Soumam**, à l'**Est** par la frontière **tunisienne**, et au **Sud** par le bassin hydrographique du **Sahara**.

Cette unité hydrographique, de superficie de 44348 km^2 englobe 5 grands bassins versants :

- *Le bassin versant du **Kébir-Rhumel** avec 8111 km^2 .
- *Le bassin versant de la **Seybousse** avec 6471 km^2 .
- *Le bassin versant des **Côtiens Constantinois** avec 11509 km^2 , composé de :
 - +**Côtiens Constantinois** Ouest 2424 km^2 .
 - +**Côtiens Constantinois** Centre 5582 km^2 .
- *Le bassin versant des **Hauts Plateaux Constantinois** avec 9615 km^2 .
- *Le bassin versant de la **Medjerda-Mellegue** avec 7841 km^2 .

Bassin Medjerda-Mellegue :

Situé aux confins **Algéro-Tunisiens**, d'une superficie de 7841 km^2 (partie Algérienne), le bassin **Medjerda-Mellegue** est limité au **Nord** par le bassin des **Côtiens Constantinois** et à l'**Est** par la **Tunisie**, à l'**Ouest** par les bassins de la **Seybousse** et des **Hauts Plateaux Constantinois** et au **Sud** par le bassin du **Sahara**. (Fig n=°1).

Bassin d'Oued Meskiana :

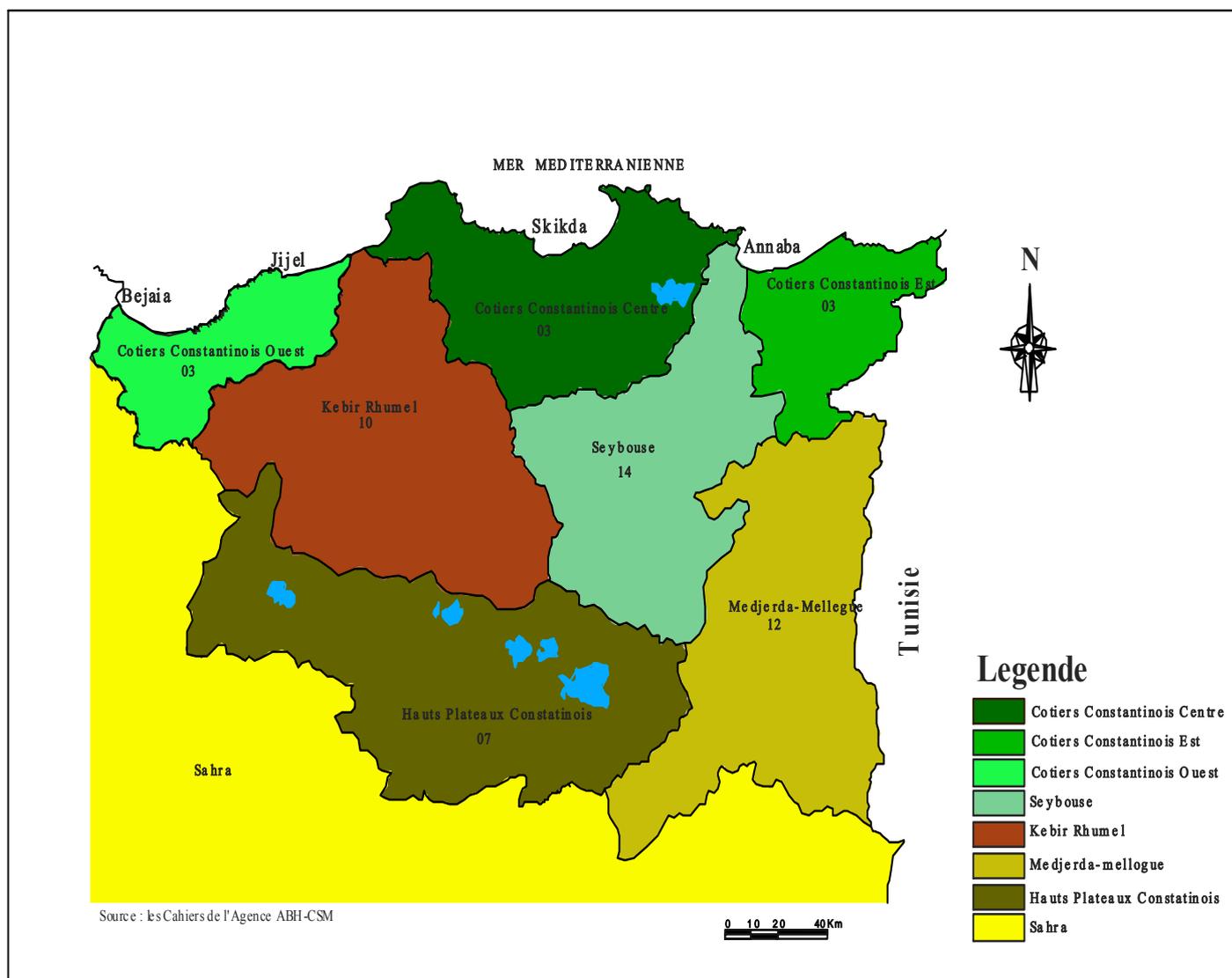
Situé au **Sud-Ouest** du bassin de la **Medjerda**, d'une superficie de 1854 km^2 , le bassin de **Oued Meskiana** est limité au **Nord** par le bassin de **Oued Mellegue Amont** (*El Aouinet, Terraguelt, Oued Kebarit ... etc*) et à l'**Est** par le bassin de **Oued Chabro** (*Morsott, Bir d'Heb, Hammame t... etc*), à l'**Ouest** par le bassin des **Hauts plateaux constantinois** et au **Sud** par le bassin du **Sahara**. (Fig n=°2).

Le site du bassin dispose des coordonnées suivantes :

Latitude : $35,51'$ Nord et $35,13'$ Nord.

Longitude : $7,50'$ Est et $7,14'$ Est.

Fig 01 : Situation géographique du B.V de la Medjerda



Bassin d'Oued Mellegue Amont :

Situé au Nord du bassin de la **Medjerda**, et d'une superficie de 1516 km^2 , ce bassin est limité au Nord par le bassin d'Oued **Medjerda** (*Tiffech, Zaarouria, Kheddara...etc*), à l'Est par la **Tunisie**, à l'Ouest par le bassin de **Seybouse** et au Sud par le Bassin d' Oued **Meskiana** et le Bassin d' Oued **Chabro**. (Fig n=°2).

Le site du bassin est localisé entre des coordonnées suivantes :

Latitude : 36,14' Nord et 35,50' Nord.

Longitude : 8,15' Est et 7,35' Est

I.1.2 Les coordonnées géographiques des différents bassins :

Bassin	Localisation	Commune	X	Y	Z
1202	Meskiana	Meskiana	939750	256000	921
1202	Ras Zebar	Meskiana	941800	262250	925
1202	M.Bazina	Meskiana	947550	268000	860
1202	Dhalaa	Dhalaa	940000	248000	983
1202	Lekmine	Dhalaa	936450	253500	945
1202	Ras el Ma	Ain Touila	923900	226500	1100
1202	O.Rechache	O.Rechache	917800	224700	1320
1202	Mahmel	Mahmel	911600	242750	1190
1204	Ouenza	Ouenza	987800	310450	601
1204	Ain Zitouna	S.Fredj	990100	331600	867

I.2 Caractéristiques de forme :

La caractérisation d'un bassin versant nécessite au préalable la connaissance des facteurs physiques et leur articulation dans l'espace d'une manière chiffrée. Ces derniers définissent la morphométrie du bassin, celle-ci régie d'une manière directe l'aptitude aux écoulements face aux sollicitations pluviométriques ; c'est de cette repense hydrologique du bassin que dépendront ensuite les actions d'aménagement à préconiser.

I.2.1 Les caractéristiques géométriques :

La caractérisation géométrique d'un bassin versant peut être abordée à l'aide de certains indices caractéristiques, quantitatifs. Les indices nécessitent d'abord la connaissance et les mesures de deux paramètres de base indispensables, en l'occurrence, la surface du bassin versant et son périmètre.

a) Délimitation du bassin (superficie et périmètre) :

Un bassin versant est séparé des autres bassins par les lignes de partages des eaux. L'évaluation du périmètre « *P* » été faite par le biais d'un curvimètre sur la carte, la surface été mesurée par planimétrie sur une carte à échelle ($1/50.000$) et vérifiée par le logiciel «Map-Info » (Tableau n=° 1).

Fig=° 2 : *Carte de découpage Administratif (Bassin vaesant de La Medjerda).*

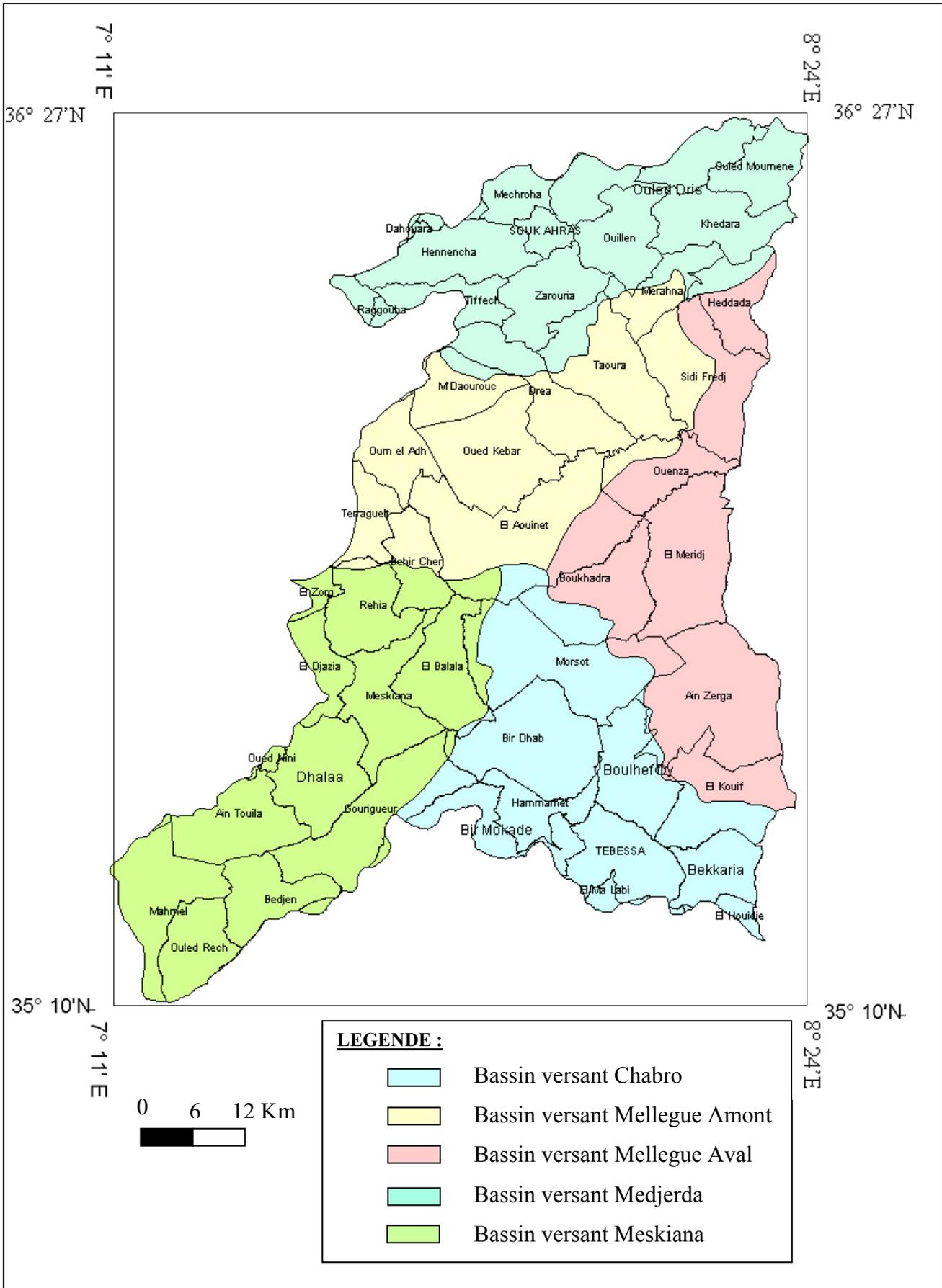


Tableau n=°1a Superficie du bassin versant d'oued Mellegue-Meskiana.

Bassin	(1)	(2)	(3)
Oued Meskiana	1854	1831	1878
Oued Mellegue	1516	1488	1505

(1) : Par planimétrie sur la carte.

(2) : Agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H).

(3) : Agence des bassins hydrographiques (A.B.H-C.S.M).

Le bassin versant de la **Medjerda** a une superficie de 7731 km^2 qui englobe trois sous bassins contrôlés par des stations hydrométriques et qui sont emboîtés, dans le bassin d'Oued **Chabro**, le bassin d'Oued **Medjerda** et le bassin d'Oued **Mellegue Amont**. Ce dernier présente une superficie de 1516 km^2 , a noté que le bassin d'**Oued Meskiana** à une superficie de 1854 km^2 .

Tableau n=°1b Périmètre du bassin d'Oued Mellegue et Meskiana.

Bassin	P (km)
Oued Meskiana	248
Oued Mellegue Amont	235

b) Indice de compacité :

L'indice de compacité « *Gravelus* » traduit la forme du bassin versant, il indique un allongement ou le ramassage du bassin versant s'il est proche du 1 aura une forme ramassée, ce qui implique un temps de concentration court, et plus il est loin de 1, plus le bassin aura une forme allongée.

$$C = \frac{P}{\sqrt{A}} \quad 0,28 \quad \text{D'où :}$$

P : périmètre du bassin versant en km

A : surface du bassin versant en km^2 .

Tableau n=°2 Indice de compacité.

Bassin	A (km^2)	P (km)	Indice de compacité
Oued Meskiana	1854	248	1,61
Oued Mellegue	1516	235	1,68

D'après les résultats présentés dans le (Tableau n=°2), on constate que le bassin de la **Medjerda** a une forme très allongée. Autrement dit le bassin de **Meskiana** et **Mellegue Amont** ont des indices de compacité similaires (1,61 - 1,68), traduisant des formes très « *étirées* ».

c) Relief :

Le relief peut être caractérisé par la courbe hypsométrique. Elle joue un rôle dans la détermination de l'aptitude au ruissellement, à l'infiltration et l'évaporation du bassin versant. Les courbes hypsométriques sont obtenues en portant sur un graphe (*Fig n=°3*) (*Tableau n=°3*).

Le bassin de **Oued Mellegue Amont** atteint plus *1400 m* à son point culminant, tandis que le point le plus bas correspond à **Ouenza**, l'altitude moyenne est de *710 m* déduite de la courbe hypsométrique, elle est plus forte dans le bassin de **Oued Meskiana** *1059m*, sa dénivelé est de *870 m*.

Alors que la répartition hypsométrique de chaque secteur est plus significative :

* Le secteur de haute altitude (*sup à 1200 m*) qui correspond aux massifs montagneux de **Ouenza** et du côté de **Tazoguerte**. Cette tranche est de *12%* de sa surface globale.

* Le secteur d'altitude (*inférieur à 600 m*) correspond exclusivement aux vallées drainées par **Oued Mellegue** (Confluence d'Oued **Meskiana** et **Oued Mellegue Amont**) *11%* de la surface totale.

* La tranche la plus dominante celle de (*1200-600 m*), elle représente *77%* de la surface des deux bassins (**Mellegue et Meskiana**), ce qui implique l'abondance des précipitations et de l'écoulement (*Tableau n=°3*).

I.3.2 Les ensembles morphologiques :

L'analyse orographique du bassin d'Oued **Mellegue** et **Meskiana** fait apparaître trois grands ensembles morphologiques :

a) Les zones de plaine :

C'est la partie la plus dominante, elle est caractérisée par une grande plénitude qui s'étant au *Nord* et à l'*Est* des piémonts entre (*600-1000m*) d'altitude.

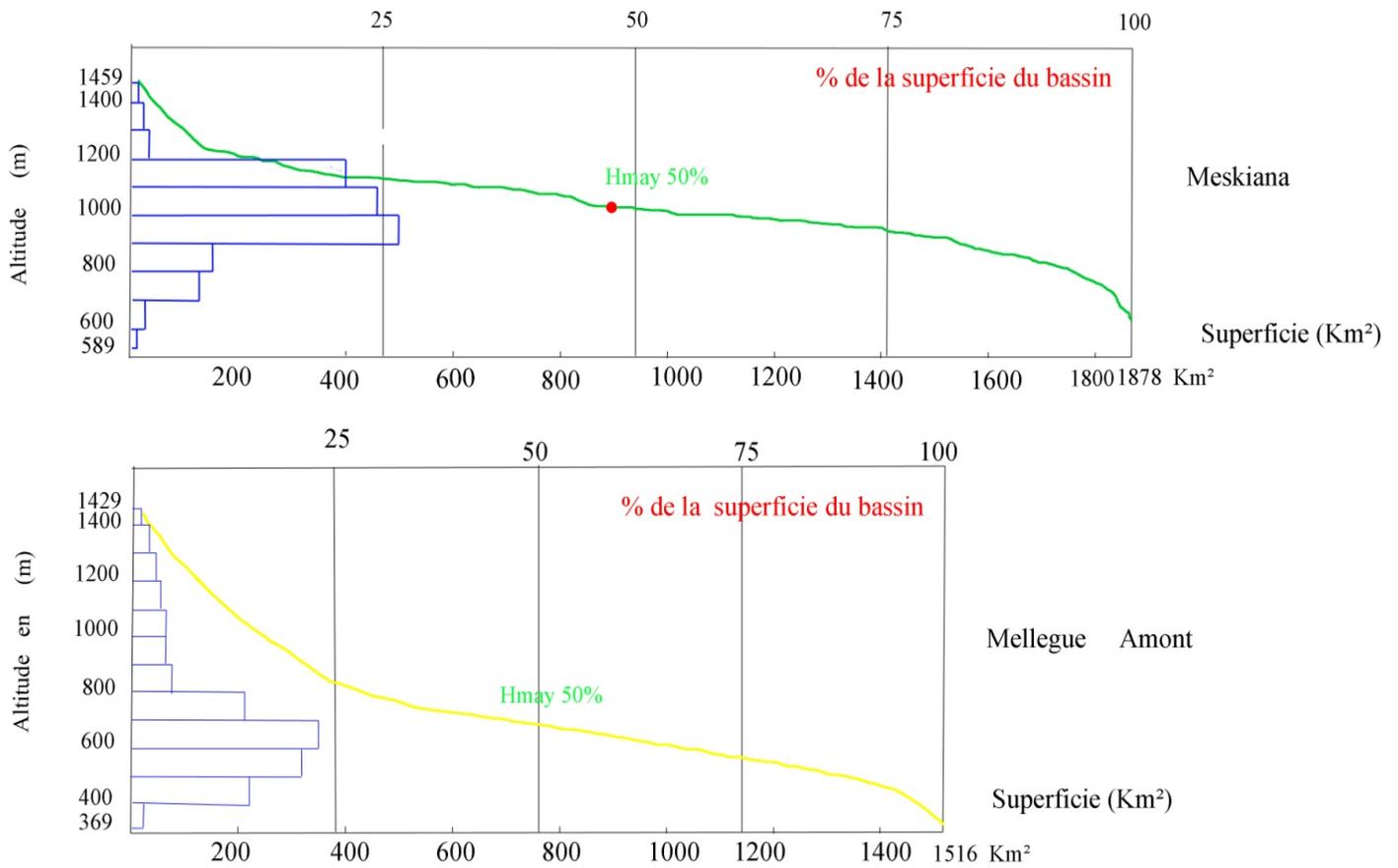
b) Les zones de montagnes :

Nous avons considéré que la zone de montagnes se situe au-delà de *1400m* d'altitude. Le secteur montagneux orienté sensiblement *NE-SO* est composé des unités suivantes : Mont de **Zoui**, Mont d'**Ouenza** **Dj Doukhane**, **Dj Dyr**, **Dj Metloug**, **Dj Ragouba**, **Dj Boubakouch**...etc. Ces reliefs dont les continuités spatiales jouent le rôle d'une barrière entre un milieu *semi-aride* au *Nord* et les influences franchement *Sahariennes* au *Sud*.

c) Les zones de piedmonts :

Les piedmonts correspondent à des zones de transition entre les montagnes et les plaines à des altitudes moyennes qui varient entre (*1000-1400m*). Ils montrent un développement différent d'un secteur à un autre. Ces piedmonts correspondent en général à un ensemble de glacis d'ablation couverts sous formes de lanières résiduels, le plus souvent scellés par une croûte calcaire.

Fig n=° 3 Courbe hypsométrique et diagramme de fréquence altimétrique
du B.V Meskiana-Mellegue



A partir de cette analyse on peut dégager trois grandes unités hydrologiques :

La partie montagneuse située entre (1100-1400m) c'est la partie la plus arrosée du bassin. Elle est drainée par *Oued El Kebir, Oued Erkel, Oued Lebba, Oued Zaoui, Oued Kebarit...* etc. Ces Oueds prennent leurs sources de *Dj Metloug* et *Dj Doukhan*, ses derniers confluent vers **Oued Mellegue**. Cette partie est appelée Bassin supérieur. L'unité hydrologique (*Bassin moyen*) se caractérise par des reliefs moyens (800-1100m) et des pentes modérées, elle englobe la zone de piedmont et une partie de plaine. Dans la partie *Nord-Est*, il s'agit de la plaine (*El Meridj*) (400-800m) constituant le point le plus bas et correspondant au site de la station hydrométrique 369m et 589m, ce secteur est drainé par **Oued Meskiana** et **Mellegue**. (Fig n° 4).

Tableau n°3a

La répartition altimétriques des bassins de la Medjerda.

Altitude(m)	Meskiana				Mellegue Amont			
	S. Part		S. Cum		S. Part		S. Cum	
	km ²	%						
< 1400	28,99	1,54	28,99	1,54	20,33	1,34	20,33	1,34
1400-1300	38,20	2,03	67,19	3,57	34,72	2,29	55,05	3,63
1300-1200	42,31	2,25	109,5	5,82	45,32	2,98	100,37	6,61
1200-1100	386,56	20,58	496,06	26,4	50,01	3,29	150,38	9,9
1100-1000	461,31	24,56	959,37	50,96	63,31	4,17	213,69	14,07
1000-900	530,49	28,25	1487,86	79,21	78,50	5,17	292,19	19,24
900-800	190,31	10,13	1678,17	89,34	87,67	5,78	379,86	25,02
800-700	152,49	8,12	1830,66	97,46	237,25	15,65	617,11	40,67
700-600	38,12	2,03	1868,78	99,49	320,69	21,15	937,8	61,82
600-500	9,22	0,49	1878	100	298,58	19,69	1236,38	81,51
500-400	/	/	/	/	242,41	15,99	1478,79	97,5
>400	/	/	/	/	37,21	2,45	1516	100

Tableau n°3b

Altitudes caractéristiques des bassins élémentaires de Medjerda.

Bassin	H max	Altitudes caractéristiques en (m).					
		H min	D=Hmax - Hmin	Hmoy	H50%	H5%	H95%
Meskiana	1459	589	870	1059	1020	1398	721
Mellegue	1423	369	1054	710	690	1369	411

d) Rectangle équivalent :

Le rectangle équivalent se réduit à un carré pour une compacité $C=1,12$. Sa notion est admissible car pratiquement très peu de bassins ont des compacités inférieures à 1,12 (Fig n°5) et (Tableau n°4) ; on calcule sa longueur « L » en appliquant :

$$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12} + 1\sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2}$$

$$I = \frac{P}{2} - L$$

Fig.4 : Carte hypsométrique des Bassin versant Meskiana – Mellegue Amont

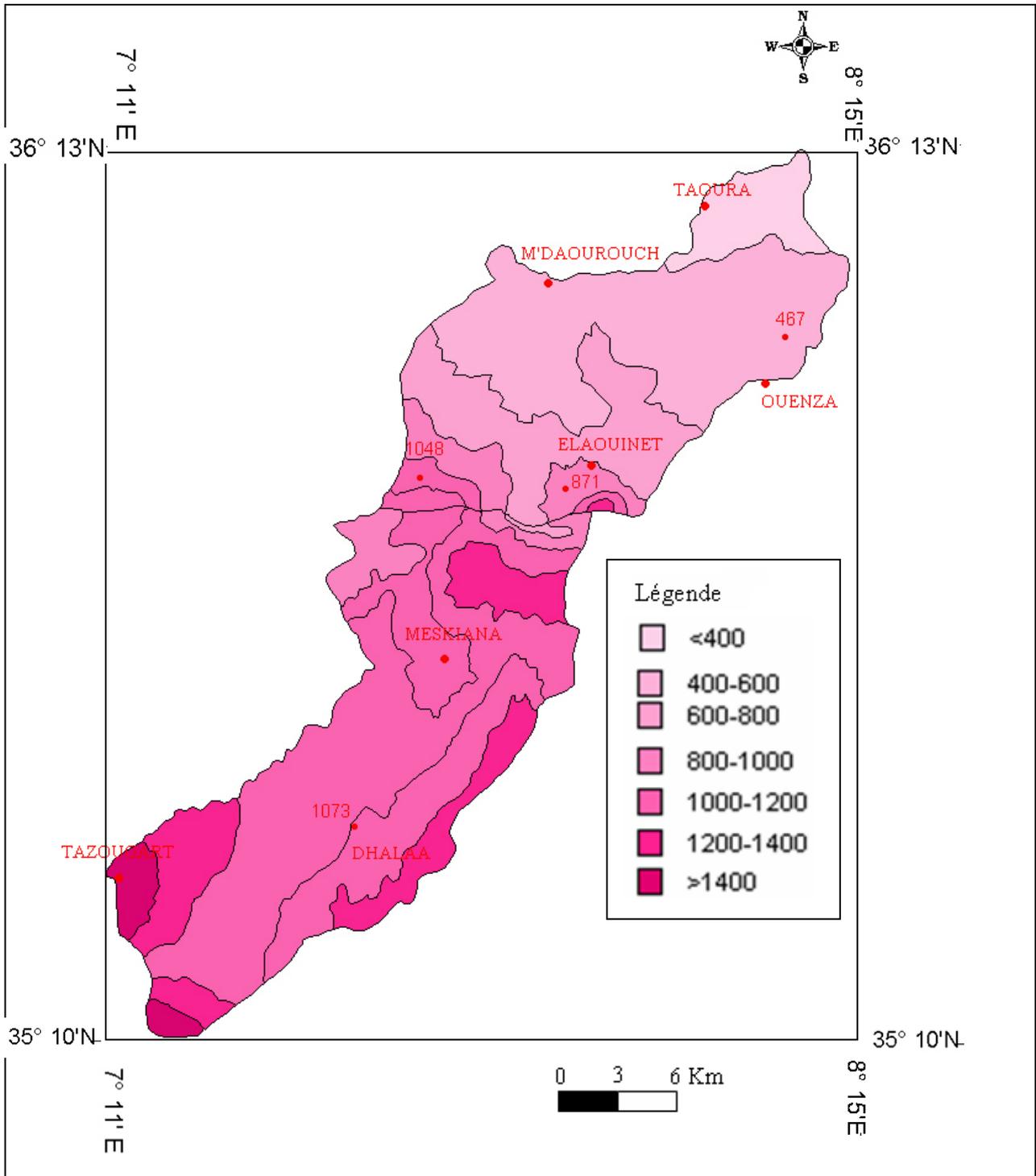


Fig n=°5 Rectangle équivalent du B.V Meskiana-Mellegue.

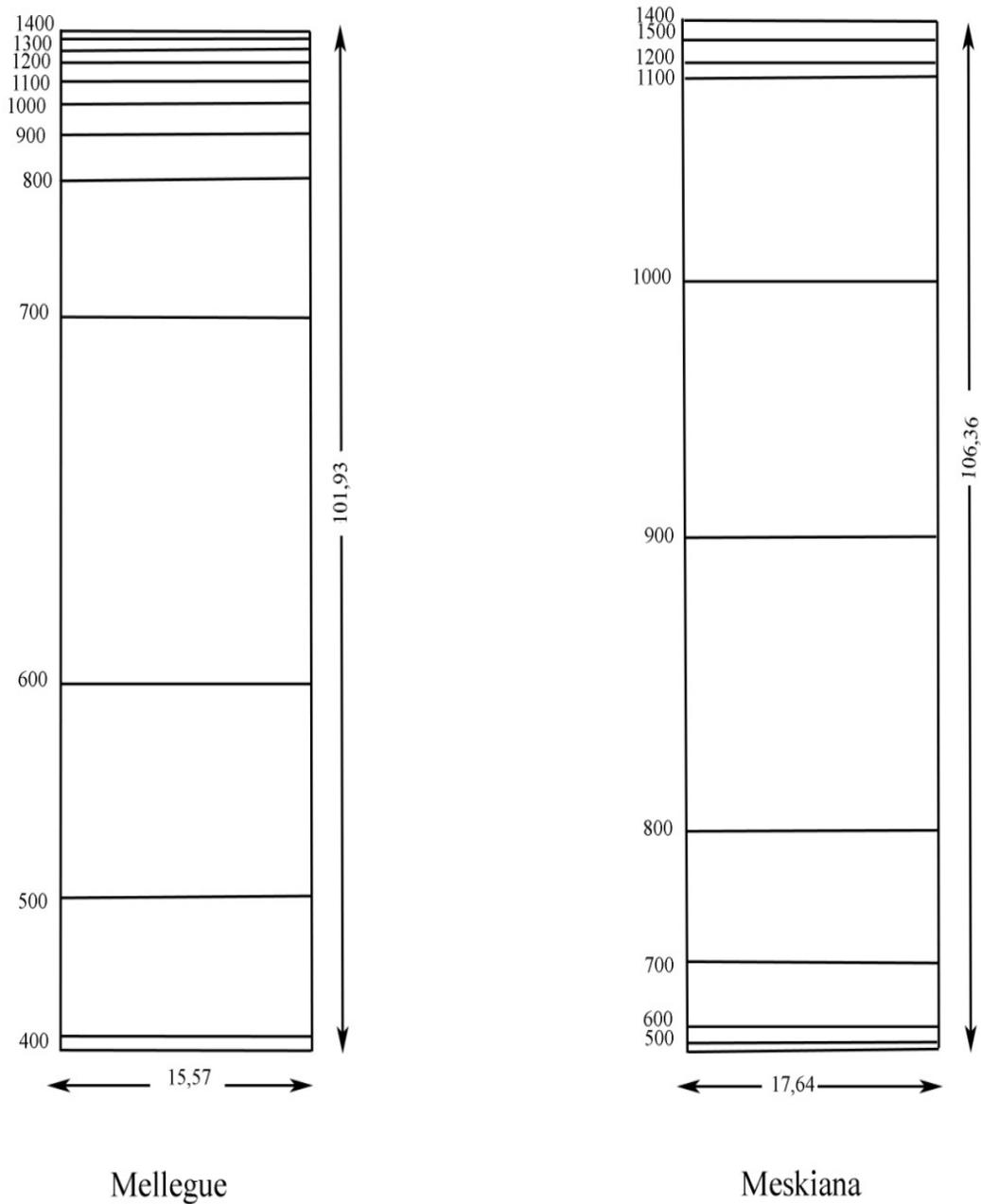


Tableau n=°4

Longueur et largeur du Bassin de Meskiana et Mellegue.

Bassin	Surface (km ²)	Périmètre (km)	C	Longueur	Largeur
Oued Meskiana	1854	248	1,61	106,36	17,64
Oued Mellegue	1516	235	1,68	101,93	15,57

e) Indice de pente :

Les indices de pentes se déterminent à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique sur le bassin. On a admis qu'il en était ainsi à condition que l'on ait au moins 4 courbes de niveaux traversant le bassin, c'est-à-dire que la dénivelée « **D** » soit au moins égale à 3 fois l'équidistance « **d** » des courbes de niveaux dessinées sur la carte.

e1) Indice de pente de M. Roche (Ip) :

Cet indice montre l'influence du facteur de pente sur le régime hydrologique du bassin versant. Il est défini comme suit :

$$I_p = \frac{1}{L} \sum_1^N a_i \cdot d_i . \quad \text{D'où :}$$

L : longueur du rectangle équivalent. (Tableau n=°5).

e2) Indice de pente global (Ig) :

Sur la courbe hypsométrique, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de (*A*), On aura les altitudes (*H5%*) et (*H95%*) entre lesquelles s'inscrit 90% de la surface du bassin, et la dénivelée. (Tableau n=°5).

$$D = H5\% - H95\% .$$

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

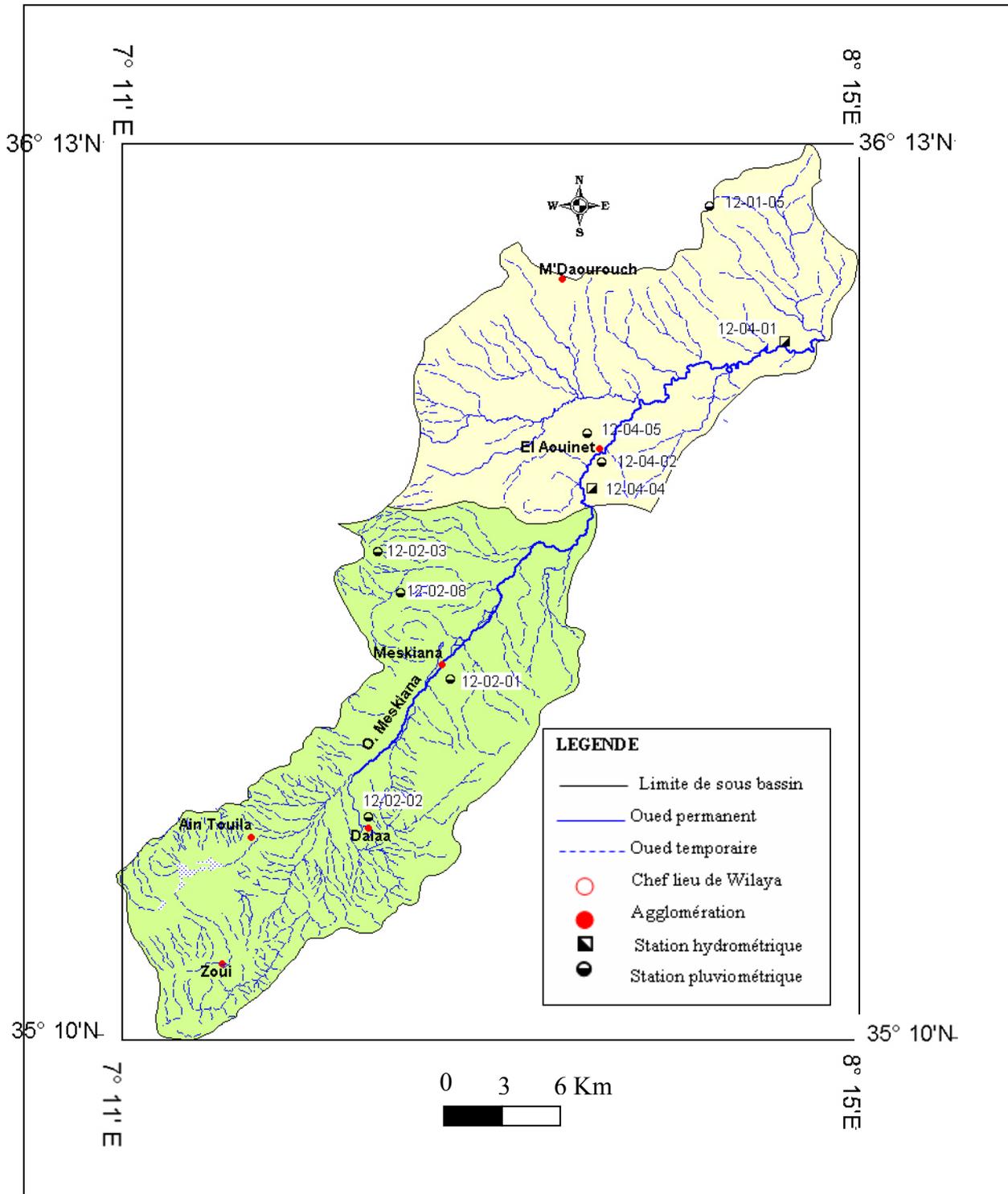
Tableau n=°5

Indices des pentes pour les différents bassins de la Medjerda.

Bassin	Sup (km ²)	Ip	Ig (m/km)	Ds (m)	Classe de relief
Oued Meskiana	1854	4,47	6,36	276.62	Modéré
Oued Mellegue	1516	5,47	9,39	365.61	Modéré

Les valeurs des indices concernant les deux bassins montre que le relief est modéré et elles sont caractérisées par un milieu homogène et plat. (Fign=°6).

Fig. 7 : Carte du réseau hydrographique Bassin Versant Meskiana - Mellègue Amont.



D'après la carte des pentes des deux bassins, on distingue quatre classes :

Classe 1 : Les pentes comprises entre 0% et 3 %, présente une partie moyennement grande. Elle occupe 29% de la surface du bassin (*Mellegue Amont* et *Meskiana*).

Classe 2 : C'est la classe des pentes 3% et 12,5%, elle représente la plus grande partie 53% de la surface des deux bassins.

Classe 3 : Les pentes comprises entre 12,5% et 25%, elles occupent 10% de la surface globale et concernent les zones où l'absence du couvert végétal favorise l'accélération de ruissellement.

Classe 4 : C'est la classe de fortes pentes supérieures à 25% , elles occupent 8% par rapport à la surface totale, on les trouve surtout dans les sommets (*Massifs de Ouenza*) et (*Monts de Zoiu ...ect*).

I.2.2 Les caractéristiques morpho métriques :

Les paramètres morpho métriques les plus classiques sont la densité de drainage, les rapports de longueur et de confluence. En conséquence toute la mesure repose sur l'établissement du plan du chevelu hydrographique complet du bassin versant à une échelle connue, on aura ensuite à décompter les thalwegs puis à en mesurer les longueurs, enfin il faudra évaluer les rapports de longueur et de confluence par ajustement.

I.2.2.1 Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau et les affluents permanents ou temporaires, par lesquelles s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et convergent vers un seul point de vidange du bassin versant.

D'après la carte du réseau hydrographique (*Fig n=°7*), on constate que la confluence d'Oued **Medjerda** (*Souk-Ahras*) et **Oued Mellegue** donne la naissance de **Oued Medjerda**. (*Cour d'eau principale*). **Oued Mellegue** résulte par la jonction des deux Oueds : le 1^{er} **Oued Mellegue Amont** qui à une direction SO-NE, le 2^{ème} **Oued Mellegue Aval** c'est le résultat de la confluence de *Oued Kseub*, *Oued Horiher*, *Oued El Baiad*, *Oued El Harcha*. Par ailleurs, la jonction d'**Oued Meskiana** et aussi **Oued Chabro** donne la naissance d'Oued **Mellegue Amont**, (*Tableau n=°6*).

Fig.6: Carte des pentes des bassins versants de Meskiana- Mellegue Amont

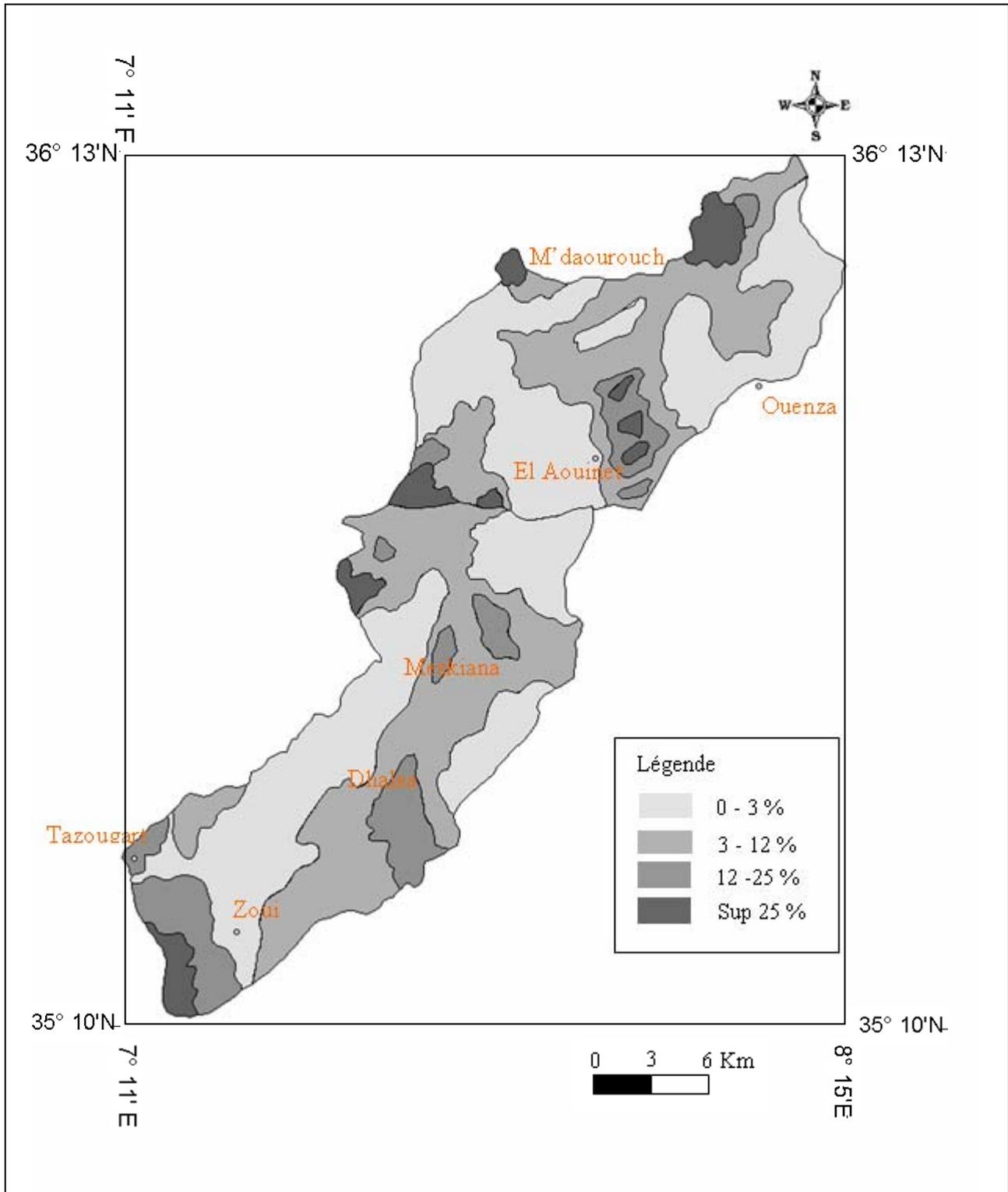


Tableau n=°6

Classification, longueur et nombre des cours d'eau du bassin
De Oued Mellegue et Oued Meskiana.

Bassin d'Oued Meskiana		Bassin d'Oued Mellegue	
<i>Nx</i>	<i>Lx (km)</i>	<i>Nx</i>	<i>Lx (km)</i>
9689	4989	8575	3957
4665	2105	4589	2679
1859	749,86	1798	859,93
97	202	79	189
1	53,80	1	58,19
/	8099.66	/	8743.12

c) **Densité de drainage :**

La densité de drainage est donnée par l'équation :

$$Dd = \sum_1^s \frac{Lx}{A} . \quad \text{En km par km}^2.$$

X : étant d'ordre des thalwegs classés selon « **Shumm** » de 1 à *s*.

Lx : La longueur totale cumulée des thalwegs de l'ordre *x* en *km*.

A : La surface du bassin en *km*². (Tableau n=°7).

Tableau n=°7

Densité de drainage pour le bassin de
Oued Mellegue Amont et Oued Meskiana.

Bassin	Sur.km²	Longueur	Lp (km)	Dd km/km²	Ddt km/km²	Ddt/Dd (%)
O.Meskiana	1878	8099.66	54	4.47	4.47	100,00
O.Mellegue	1516	8743.12	59	4.11	5.01	98,00

Dans le bassin versant **Meskiana - Mellegue Amont**, la densité de drainage est très importante, elle varie entre 3.20 et 3.30 km/km². D'ou le couvert végétal est dégradé, la pente est moyenne, tous ces facteurs favorisent l'accélération du phénomène érosif.

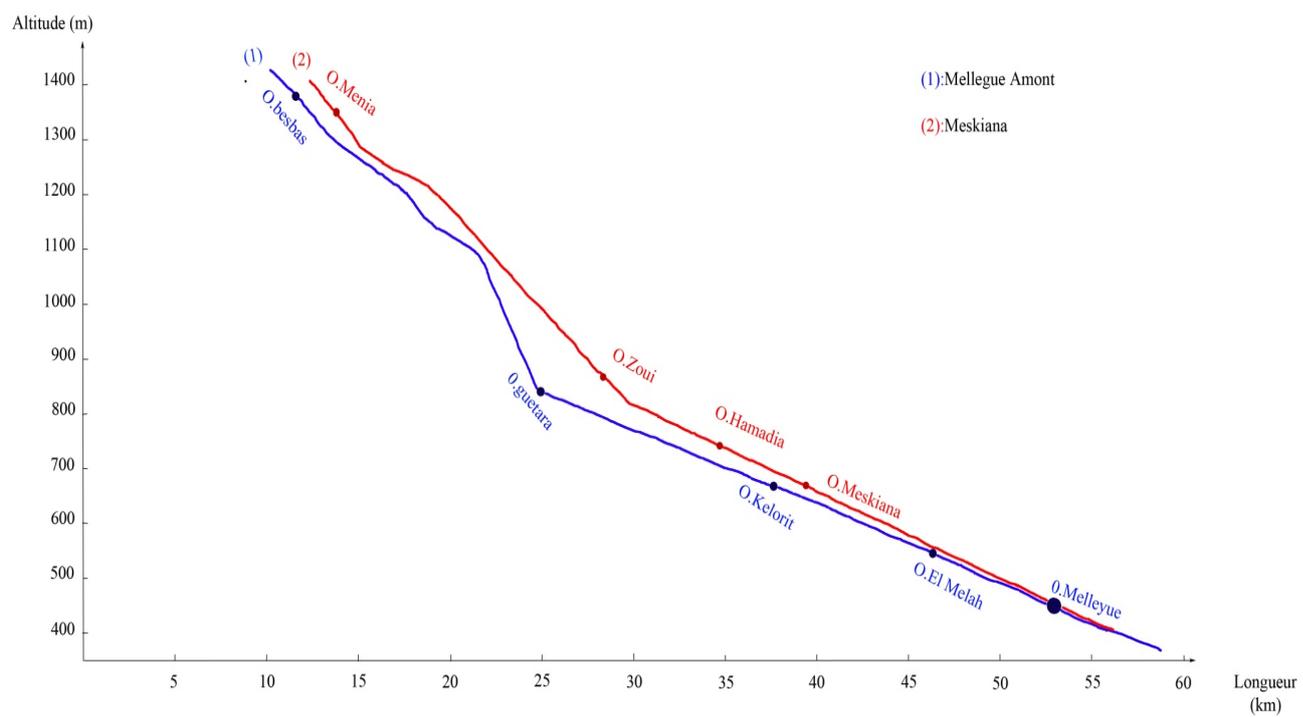
On conclut que le Bassin Versant de **Oued Mellegue** et **Meskiana** présentent une forme dendritique, les points de confluence plus éloignés le plus souvent à des faibles pentes et par conséquent favorisent moins la concentration rapide des débits.

d) **Le profil en long :**

Le profil en long des **Oueds Mellegue** et **Meskiana** et ses principaux affluents, permet d'apporter des éléments complémentaires à la densité de drainage. En effet la forte déclivité des affluents qui drainent des flancs abrupts des massifs montagneux accentuent les vitesses de propagation des crues, favorisent l'érosion fluviale et imposent un mode d'évolution du relief et d'accumulation des matériaux détritiques déversés par ces affluents dans les vallées, car les pentes sont faibles et la vitesse de l'eau et se voit incapable de transporter ces dépôts (Fig n=°8).

Fig n=° 8

Profil en long de l'Oued Meskiana-Mellegue



e) **Rapport de confluence « Rc » :**

Il est défini par :

$$Rc = \frac{Ns}{Ns+1}$$

Pour calculer la pente de la droite ajustée, les valeurs de « Nx » et « Nx+1 » sont prises sur la droite et on obtient par extraction des logarithmes. (Tableau n=°8).

f) **Rapport de longueur (Rl) :**

La définition est la suivante :

$$Rl = \frac{L_{x+1}}{L_x}$$

Rl : Rapport de longueur.

L_{x+1} : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre (x+1).

L_x : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre. (Tableau n=°9).

Tableau n=°8

Rapport de confluence.

<i>Bassin de Meskiana</i>			<i>Bassin de Mellegue Amont</i>		
<i>Ordre</i>	<i>Nbr</i>	<i>Rc</i>	<i>Ordre</i>	<i>Nbr</i>	<i>Rc</i>
1	9689	/	1	8575	/
2	4665	2.08	2	4589	1.86
3	1859	2.51	3	1798	2.57
4	97	19.05	4	79	22.91
5	1	/	5	1	/

Tableau n=°9

Rapport de longueur.

<i>Bassin de Meskiana</i>			<i>Bassin de Mellegue Amont</i>		
<i>Ordre</i>	<i>L (log)</i>	<i>Rl</i>	<i>Ordre</i>	<i>L (log)</i>	<i>Rl</i>
1	3.69	/	1	3.59	/
2	3.32	7.94	2	3.43	9,02
3	2.87	7.32	3	2,93	7,15
4	2.30	6,33	4	2,28	6.01
5	1.73	5,65	5	1,76	5.91

g) **Coefficient de torrentialité (Ct) :**

Le coefficient est calculé pour avoir une idée sur la densité du drainage « Dd » l'ordre 1. Théoriquement, en considérant les thalwegs d'ordre 1 comme des drains à écoulement torrentiel, la formule est comme suit : (Tableau n=°10)

$$Ct = F1 \cdot Dd$$

avec :

$$F1 = \frac{N_1}{A}$$

Tableau n°10

Coefficient de torrentialité.

<i>Bassin</i>	<i>Meskiana</i>	<i>Mellegue</i>
<i>F1</i>	5.23	5.66
<i>Ct</i>	23.38	28.93

h) Temps de concentration (Tc) :

C'est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée par parvenir à l'exutoire, pour son calcul, nous faisons appel à la formule de **Giandotti**).

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

(Formule de **Giandotti**).

Tc : temps de concentration.

A : Surface de bassin.

L : longueur.

H : hauteur (*Hmoy-Hmin*).

D'après les résultats obtenu, le bassin de **Meskiana** présente un temps de concentration moyen de *14,58 heures* avec légère différence au niveau du bassin de **Mellegue Amont** qui se caractérise par un temps de concentration plus long *16,45 heures*, En raison de l'augmentation de la surface du bassin et aussi la longueur du thalwegs principal.

I.3 Végétations et Sols :

I.3.1 Végétations :

La végétation joue un rôle important dans la protection du sol, cette relation directe se manifeste par la diminution de l'action érosive des eaux. D'autre part, la végétation dont l'action est assez complexe, intervient d'une façon efficace sur des paramètres climatiques tel que : Le bilan hydrique à travers l'évapotranspiration et aussi l'infiltration. Son rôle est encore plus essentiel et important surtout dans les régions de forte déclivité, atténuant la violence des crues de manière que le couvert végétal protège le sol contre l'érosion et limite le transport solide.

A) Méthodologie d'étude :

Pour obtenir des données plus précises il a été nécessaire d'effectuer une reconnaissance détaillée sur le terrain qui a eu lieu en *Automne, Hiver 2000-2001*. La saison *Automnal-Hivernal* pendant laquelle s'est déroulée la reconnaissance n'a pas permis un inventaire exact des plantes annuelles éventuellement présentes. Le contrôle et l'identification des espèces présentes ont été effectués sur le terrain avec le plus grand soin possible, avec de très nombreux déplacements à pied dans des zones inaccessibles aux véhicules.

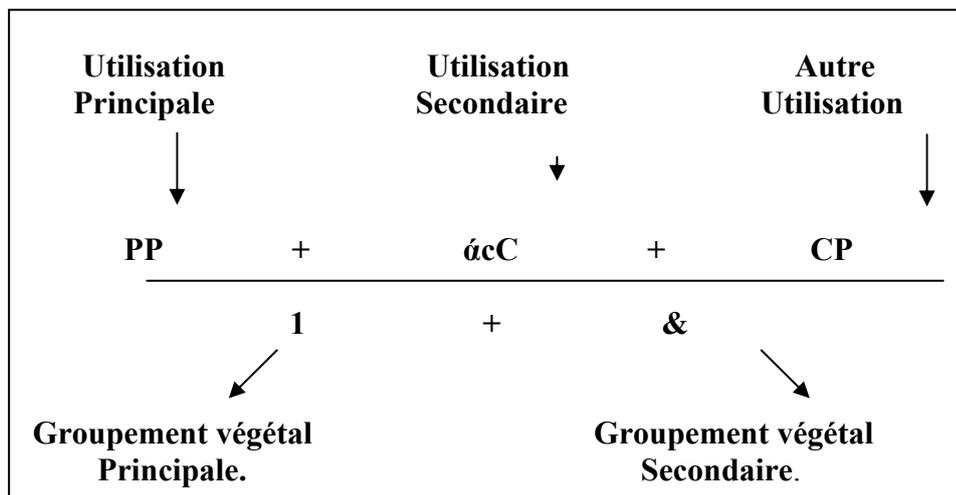
Il faut, bien sûr, se rappeler que sept années ont passé depuis que les photos aériennes ont été prises et que pendant cette période de très nombreux changements ont eu lieu sous l'action de l'homme, des animaux et sur tout, de la sécheresse prolongée qui influe, de manière de plus en plus négative et de plus en plus intense, sur la végétation de ces zones. On a d'abord distingué les deux formations principales qui caractérisent la région : *Steppe* et *Cultures*. On a effectué les subdivisions suivantes :

*La *Steppe* a été subdivisée en :

- a) *Steppe pâturée*.
- b) *Steppe à alfa*.

Les formations de la *Steppe (pâturage)* et (*alfa*) ont été encore subdivisées en fonction de la morphologie du sol (de *montagne*, de *colline*, de *plaine*). Pour les cultures, on a distingué la céréaliculture en sec (*régulière ou occasionnelle*) et les cultures irriguées (*arboriculture et cultures maraîchères*). Les formations ligneuses et arbustives sont assez rares et sont constituées principalement par des reboisements en *pin d'Alep*, mais on ne peut pas encore parler de forêts.

Pour chacune de ces unités on a aussi indiqué les espèces végétales principales qui la caractérisent. Chaque unité est indiquée sur le (*Tableau n=°11*) où l'on a reporté aussi les superficies qu'elles occupent dans le périmètre, tandis que les mêmes superficies ventilées par communes et par zones homogènes.



Classe d'utilisation des terres		Superficies	Brutes
Forets et Maquis		Total	Dont en asocial non avec d'autres formations
Rb	Reboisement un pin d'Alep	325	/
Sous Total		325	/
Alfa			
Alfa dense	údm Alfa dense de montagne	715	/
	Adc Alfa dense de colline	1895	1895
Alfa à densité moy	amm Alfa à densité moy de montagne	2210	2210
	Amc Alfa à densité moy de colline	21170	20460
Alfa Claire	acM alfa claire de montagne	1205	140
	Acc Alfa claire de colline	6275	593
Sous Total		33470	30665
Agriculture		/	/
Céréaliculture en sec et jachères		34655	12480
Céréaliculture en occasionnelle		760	640
Cis cultures annuelles irriguées (oueds ou sources)		/	/
Cultures irriguées		475	/
Ais arboriculture irriguées (oueds ou sources)		/	/
(T) terrassements		/	/
Sous total		35890	13130
Parcours		/	/
Pm	parcours de montagne.	2820	455
Pc	parcours de colline.	23395	20320
Pp	parcours de plaine.	900	760
Sous total		27115	21535
Total		96800	65330

B) Caractéristiques de la végétation existante :

La caractéristique la plus évidente de la végétation du périmètre est l'uniformité. La **Steppe** est le faciès dominant avec beaucoup d'**Alfa** et d'**Artemisia Herba Alba**. Dans les plaines, elle a disparu depuis des siècles remplacée par des cultures **céréalières**. Il s'agit souvent d'une **Steppe** encore en bon état où la pression animale et humaine est encore faible mais en augmentation. Dans cette uniformité de la végétation, on peut distinguer cependant des zones homogènes dues à des affinités pédoclimatiques qui déterminent la présence ou l'absence dans les groupements végétaux d'une ou plusieurs espèces.

I.3.2 Les sols :

Les unités morphologiques sont caractérisées par des types de sol assez bien définis qui reflètent l'influence de l'évolution morphologique sur les processus **pédo-génétiques** caractéristique des zones à climat aride ou semi-aride de la région **Méditerranéenne**.

Trois caractères essentiels rendent compte de la nature des sols de la région de l'étude :

a) La texture argileuse :

Les roches *marno-calcaires* entourant le périmètre donnent naissance à un matériau *argileux* qui descend par *colluvionnement* vers la vallée. Il s'opère ainsi un grano-classement des *colluvions* et *alluvions*, les plus fines étant entraînées aux points bas, les plus grossiers restant en position moyenne. Les teneurs en *argile* varient de 40% à 60%.

Ces teneurs en *argiles*, constituent un facteur limitant supplémentaire à la production agricole pour les raisons suivantes :

1/ La perméabilité des sols *argileux* est faible, et par conséquent la part infiltrée des précipitations est réduite, de plus, l'eau infiltrée reste à faible profondeur et donc aisément reprise par évaporation.

2/ La teneur en eau au point de flétrissement d'un sol *argileux* est relativement élevée, une grande partie de l'eau infiltrée se trouve donc retenue par sol sous une forme non disponible pour les plantes, ce qui accentue fortement l'aridité du *pédo-climat*.

b) Le calcaire :

Le matériau *pédologique* est extrêmement riche en *calcaire*. Les teneurs les plus faibles (*sols bruns steppiques*) ne descendent pas au-dessous de 15% ; les teneurs les plus élevées (*sols peu-évolués, sols salins*) atteignent 50 à 60%. En principe, les fortes teneurs en *calcaire* compensent, dans une certaine mesure les effets sur la structure des teneurs élevées en *argile*. Malgré cela, la perméabilité reste assez faible. Par ailleurs, l'excès de *calcaire* a des inconvénients au point de vue de la nutrition minérale des plantes (*insolubilisation d'oligo-éléments, chlorose des arbres fruitiers*).

c) La salure :

La présence de roches *salées* dans les reliefs entourant le périmètre est responsable de la salure des sols. Les sels, mis en solution dans les eaux de ruissellement ou de drainage profond (*nappes phréatiques*) sont déposés par le mouvement ascensionnel de l'eau aux points bas. Tous les sols de la partie centrale sont donc *salés* ; la salure semble due pour l'essentiel à la présence de *gypse* ou d'ions *Cl*, plus rarement d'ion *Na*.

d) Pédomorphologie :

Les processus qui conduisent à la formation de *sols isohumique* de climat chaud particulier, « *les sols de Steppe* » ont subi ici de remarquables influences en liaison avec les variations climatiques, topographiques, du *substrat* et de la couverture végétale. C'est ainsi qu'ont pris origine les types de sol qu'on a ensuite classé et décrit selon la terminologie de la classification française. Autrement dit les *sols calciques* et les *sols calcaires humifiés*, sont les plus représentés dans la zone d'étude.

I.4 Sa Géologie et son interaction hydrologique :

L'origine de la diversité des milieux topographiques se trouve dans la constitution géologique et structurale. Le soulèvement des reliefs et l'affaissement des dépressions sont engendrés par les différents mouvements tectoniques, ce qui indique un changement dans la dynamique de l'écoulement.

La lithologie joue aussi un rôle très important sur le ruissellement, l'infiltration, l'érosion et le transport solide. Les matériaux géologiques se distinguent en formations meubles (*sables, argiles, marnes*) ou en formations consolidées (*grés, calcaires, dolomies*). La nature des affleurements a une influence sur l'hydrologie de surface et le type du dépôt alluvionnaire. C'est pour cela, que nous allons présenter brièvement quelques caractéristiques de la géologie de la **Medjerda** et passer ensuite à une description des formations rencontrées au niveau des autres bassins qui font l'objet de cette étude, en essayant de mettre en évidence leur impact sur l'hydrologie.

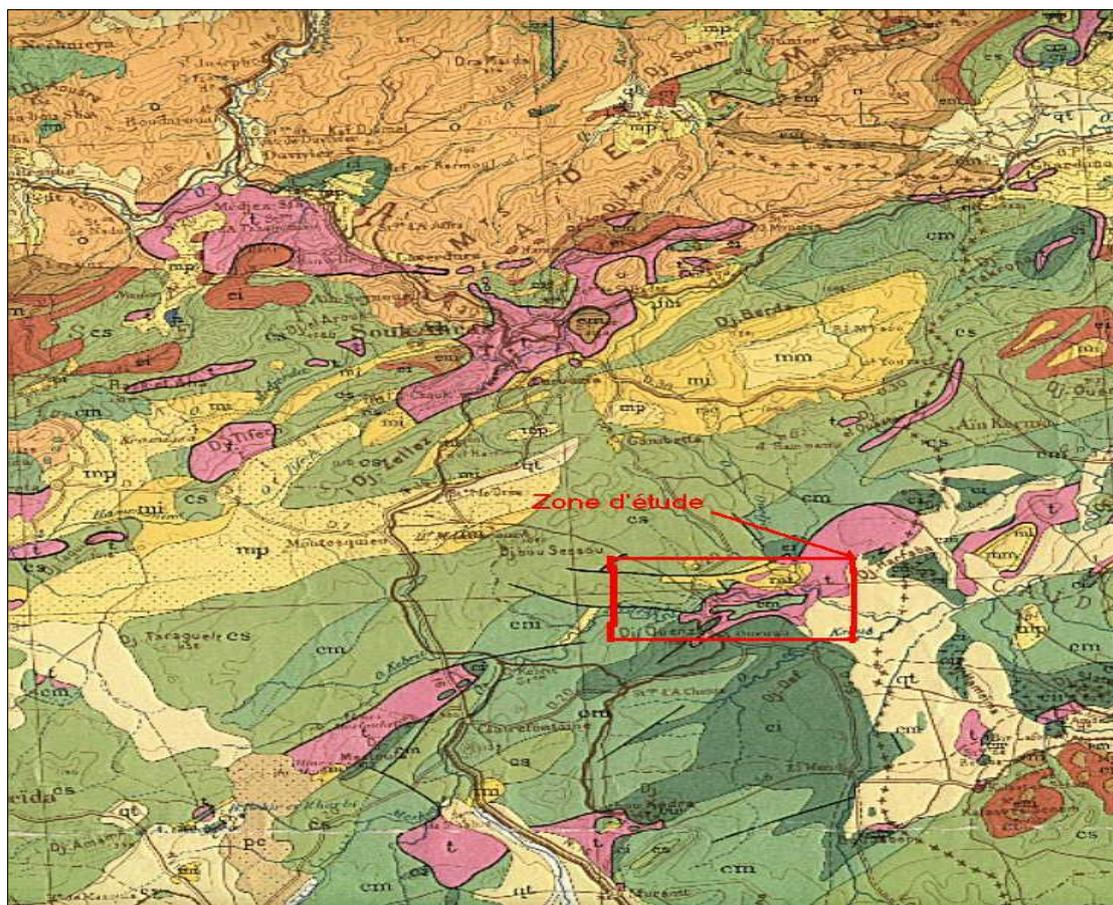
I.4.1 Cadre général :

Le bassin versant de **Meskiana-Mellegue Amont** est essentiellement constitué par un synclinal perché dont l'axe est orienté vers la direction *NE-SO*, ce synclinal comprend des roches de différentes natures et d'âges. Il se présente d'une manière très régulière et d'une étendue limitée par rapport à l'allongement de l'axe dans la partie Nord orientale, vers le Sud, l'étendue du synclinal augmente à cause de la demeure subhorizontale des strates rocheuses et de la présence de failles parallèles à l'axe qui relèvent les strates vers l'Est.

Le long des versants se trouve, bien en évidence une unité géomorphologique qui caractérise le champ d'étude, et par ailleurs la superposition d'une formation calcaire plus résistante à l'érosion celle qui est en dessous, mais à son tour se recule en forme de falaise étant donnée que l'érosion creuse la formation plus tendre qui se trouve à sa base (*Fig^{n=°9}*).

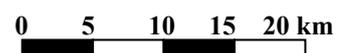
Fig=°9

Carte géologique



Source : Carte géologique de l'Algérie (2^{ème} édition) 1951/1952 : 1/500.000.

Légende :



Qt Quaternaire continentale	Cm Crétacé moyen
Mi Miocène inférieure	Ci Crétacé inférieure
Cs Crétacé supérieur	t Trias

I.4.2 La série litho stratigraphique :

En général, le bassin versant *Meskiana-Mellegue Amont* est caractérisé par une géologie complexe et qualifiée de grande tectonique. L'évolution des terrains rencontrés du Secondaire au *Plio-Quaternaire*.

a) **Secondaire** :

Il occupe une partie de nos bassins versants étudiés et forme l'essentiel des monts d'*Ouenza*. La série litho stratigraphique est représentée par :

Crétacé :

Dans l'ensemble, la zone d'étude est caractérisée par la présence massive de terrain, qui est constitué par une série marneuse, avec de minces inter calages de calcaires, autrement dit, les sédiments carbonatés du Crétacé moyen ou inférieur constituent l'essentiel des affleurements des hautes plaines et même dans les valls perchés. Donc les niveaux calcaires présentent une perméabilité secondaire par fissuration, liée à des mouvements tectoniques de la zone et non pas à la structure de la formation.

L'Eocène moyen et inférieur :

Constitués de calcaires et des marnes avec des intercalations de calcaires marneux et des marno-calcaire selon la teneur en carbonates.

b) **Tertiaire** :

Miocène : se caractérise par :

*Série composée par un ensemble *marno-calcaire* en haut, un ensemble de *calcaires* épais au centre de la série, et une série de stratification *d'argile, calcaire, grès*.

c) **Plio-Quaternaire** :

Représenté par des sédiments continentaux d'âges comparables, bien que de natures variables (Fig n=°10).

Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérogènes, on y rencontre les faciès suivants :

- Des alluvions actuelles et récentes sont peu importantes, elles sont constituées de cailloutis calcaires, parfois mêlés à de véritables limons.
- Limons récents de couleur brun ocre ou du gris sombre, des limons fins associés à des niveaux de cailloutis anguleux se déposent dans toutes les régions basses. Il s'agit d'un résidu d'altération et de lessivage des marnes environnantes.
- Formations conglomératiques qui s'observent près des grandes fractures d'effondrement récent, les éléments de ces formations ont un bord arrondi et une mauvaise sphéricité et sont cimentés par des argiles brunes rouges.

- La croûte calcaire s'observe de façon très générale dans la région, elle se trouve surtout dans les dépressions et sur les pentes faibles. Il s'agit d'une formation *calcaire* blanchâtre, parfois rosée, souvent d'aspect concrétionné, cimentant des éléments *calcaires bréchiques*, son épaisseur avoisine souvent un mètre, mais elle est parfois beaucoup plus importante.
- Au pied des massifs *calcaires*, des brèches très largement épandues sur les *marnes* sont parfois prises dans un ciment qui rappelle la *croûte calcaire*. L'épaisseur de la formation est de l'ordre de quelques mètres. Les éléments *calcaires* (de l'*aptien*, du *turonien* ou du *maastrichtien*), selon la localisation son anguleux de taille souvent réduite.

Ces brèches encroûtées sont en général des formations de pente et le domaine dans lequel elles s'observent se différencie de celui de la croûte proprement dite. Mais lorsque le cas s'observe, elles passent sous la croûte, donc il s'agit de brèches antérieures à cette dernière.

I.4.3 Hydrogéologie :

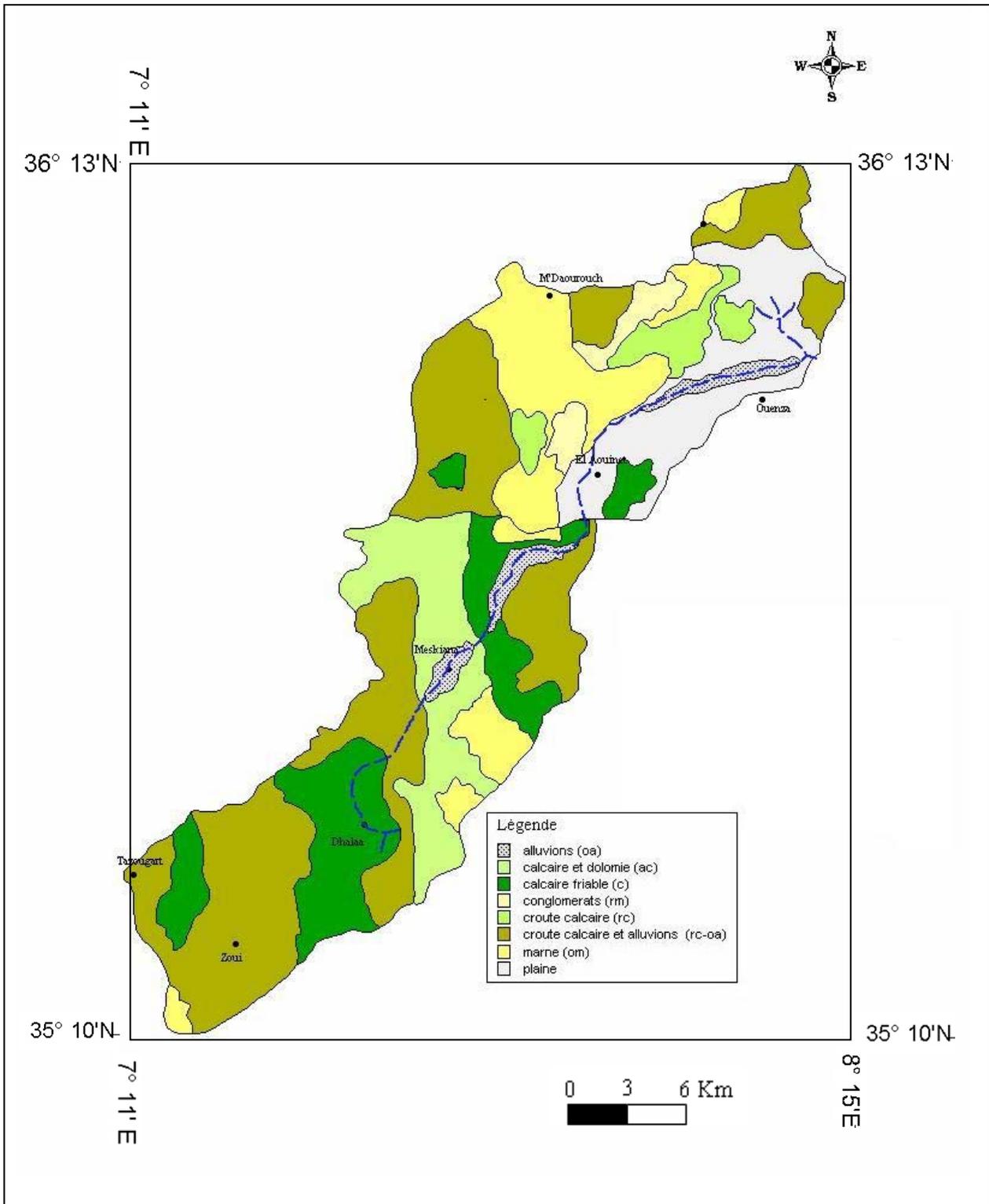
Le type de formations géologiques qui affleurent dans les bassins versants a une influence sur la répartition des écoulements superficiels. En effet, un bassin formé de matériaux très perméables. Par ailleurs, un bassin formé de roche imperméables mais meubles et érodables, comme des marnes et des argiles, avec une végétation moyenne, présente souvent une densité de drainage élevée, ce qui favorise le ruissellement.

Le bassin versant *Meskiana-Mellegue* est caractérisée par :

- Un complexe formé de marnes de gypse et de sel en profondeur et qui affleurent en certains endroits.
- Des calcaires récifaux massifs.
- Une série marneuse.

La présence de sel et de gypse se comporte comme un terrain perméable dans lequel les eaux circulent en s'enrichissant des sels dissous qui les rendent impropres à la consommation. Les calcaires massifs de l'*Aptien* sont très fissurés en affleurement et permettent une bonne circulation des eaux souterraines, par contre la série marneuse est imperméable et les eaux pluviales ruissellent et s'évaporent après avoir effectué d'importants et profonds ravinements et érosions. Les terrains de revêtement sont peu épais, même dans la vallée d'*Oued Mellegue*, les alluvions sont minces et l'oued coule en dessous de la base des alluvions.

Fig 10 : Carte lithologique des Bv de Meskiana – Mellegue Amont.

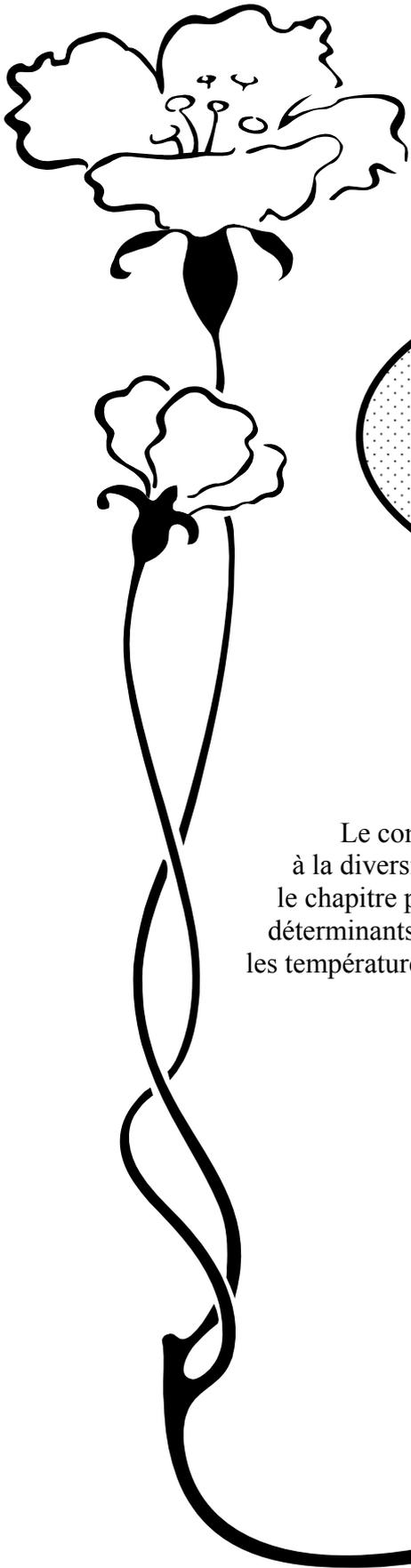


I.4.4 Tectonique :

La zone d'étude est dominée par les plissements *anté-miocène* de direction générale *Sud-Ouest Nord-Est*. Alignés sur des axes *anticlinaux* de cette direction, les *calcaires* récifaux *Aptiens* forment d'imposants massifs dominant la platitude des étendues marneuses. Les massifs *aptiens* sont crevés et disloqués par d'importantes remontées gypseuses du trias diapirique qui ont commencé avec les premiers plissements, des mouvements de direction *orthogonales* aux plissements, postérieurs à eux mais encore *anté-méocène*, ont donné des failles et des lignes de fractures orientées *Sud-Est Nord-Ouest*. Ces fractures, alliées aux mouvements du *Trias*, ont eu pour conséquence le soulèvement actuel et général de la région par la mise en relief des formations continentales *Quaternaires* et le creusement actuel des lits des Oueds.

Conclusion :

L'Oued *Meskiana-Mellegue Amont* draine un vaste bassin d'une superficie de 3392 km^2 déborde les limites géographiques du territoire *Algérien*. Ce bassin versant présente des ensembles morpho-structuraux bien tranchés, et par ailleurs le diagnostic physio-géographique permettra de caractériser les principaux facteurs naturels intervenant dans l'écoulement et mettre en évidence l'inter-relation entre les différents paramètres physio-géologiques, la combinaison de ce dernier est déterminante dans le comportement hydrologique des divers unités du bassin.



Chapitre II :

*Etude hydro climatologique
du bassin versant
Meskiana-Mellegue Amont*

Le comportement hydrologique d'un cours d'eau est lié à la diversité des facteurs physico-géographiques analysés dans le chapitre précédent. Et à travers l'analyse des éléments les plus déterminants de l'écoulement, en l'occurrence les précipitations et les températures, qui sont à la base de l'établissement des bilans hydriques.

II.1 Climat :

Plus encore que les facteurs morphologiques, lithologiques et biogéographiques, les conditions et les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau et aussi dans le comportement hydrologique (*Roche 1963, Cosande 2001*). Ce sont les précipitations, surtout liquides qui constituent le facteur essentiel intervenant par :

- a) La hauteur totale annuelle qui détermine l'abondance fluviale.
- b) La répartition mensuelle et saisonnière qui influence directement le régime hydrologique.
- c) Les totaux journaliers et surtout les averses génératrices de crues.

C'est pourquoi nous consacrerons, un développement particulier au climat du bassin de la *Medjerda* et plus spécialement aux précipitations. En effet les précipitations qui sont de loin les plus importantes agissent directement dans l'alimentation pluviale de l'écoulement de *Mellegue* et *Meskiana*.

II.1.1 Aperçu sur le climat de L'Algérie :

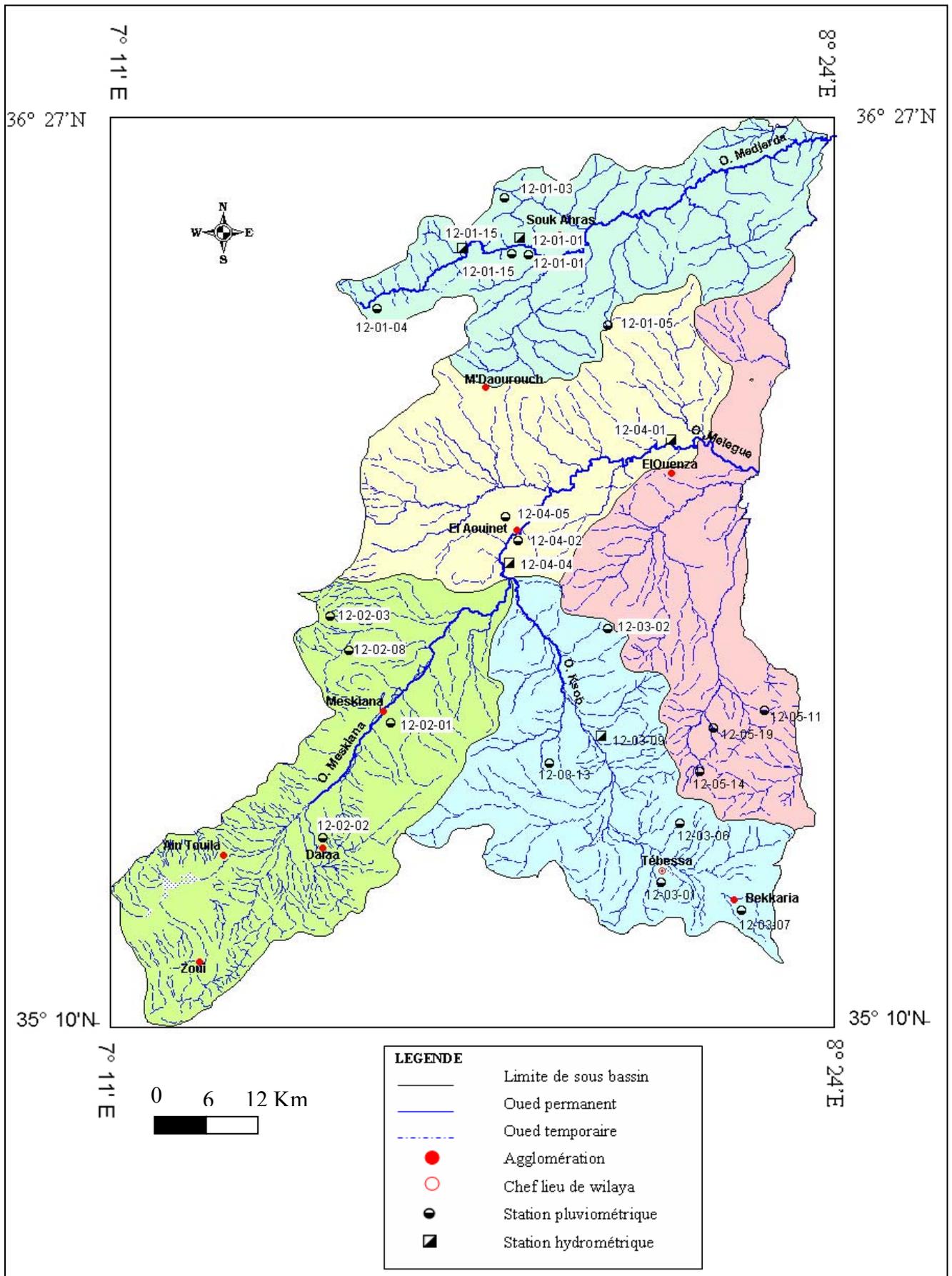
Selon *Seltzer (1946)*, le climat de l'Algérie est de type méditerranéen caractérisé par une période pluvieuse allant en moyenne de *Septembre* à *Mai*, un *Eté* sec et ensoleillé. *L'Atlas Tellien* joue le rôle d'un rempart qui provoque la condensation et les précipitations d'une partie de la vapeur d'eau amenée par les vents soufflant de la mer. L'altitude entraîne une diminution générale de la température, l'éloignement de la mer, une augmentation des amplitudes diurnes et annuelles.

Le climat de *l'Atlas Tellien* présentera donc tous les degrés intermédiaires entre un climat de montagne pluvieux, froid à amplitude thermique relativement faible avec chutes de neige et climat de plaines plus sec, relativement chaud et à forts écarts thermiques.

II.1.2 Les précipitations et leur variabilité :

La pluviométrie en Algérie a été étudiée par plusieurs auteurs, (*P.Setzer 1913-1938, H.Gaussen 1918-1947, G.Medinger 1913-1953, M.Chaumont et C.Poquin 1913-1963*). La plupart des stations du bassin ont été arrêtées pendant la guerre d'Algérie, d'autres ont subi des modifications après 1962. D'autre part bons nombres de stations ont été installées lors de la restructuration du réseau pluviométrique algérien et leurs données sont très utiles pour l'établissement d'une série pluviométrique récente (1970-1998) (Fig n°11).

Fig.11: Stations pluviométriques et hydrométriques.



**II.1.2.1 Détermination de séries homogènes correspondant aux périodes d'observation
Par application de la méthode de comparaison des totaux cumulés annuels :**

L'homogénéisation consiste à combler les lacunes ou l'insuffisance d'observation de certaines stations en prenant en considération, les observations sous lacunes et de longue durée effectuées en d'autre station. Le but est l'obtention de séries hydrométriques homogènes dans le temps et dont les résultats sont fiables et sous incertitudes notables. Le résultat est l'obtention de séries pluviométriques homogènes dans le temps et dont les résultats sont comparables dans une étude régionale et sont affectés de la plus faible incertitude possible. La méthode pratique d'homogénéisation est la régression linéaire entre variables (*hauteurs annuelles de pluie*) représentatives de postes pris deux à deux (*Fig n°12*) (Annexe n°1).

A) La pratique de l'extension des séries :

Dans la pratique il s'agit d'étudier une série courte (*y*) des hauteurs annuelles de précipitation à l'aide d'une série longue (*x*), toutes les deux suivant une loi normale, et ayant entre elles une liaison linéaire. Pour vérifier s'il existe une liaison linéaire entre *x* et *y* selon une droite ($y = ax + b$), donc on conclut le coefficient de corrélation linéaire. (*Fig n°13*) (Annexe n°2).

Ce coefficient de corrélation qui détermine l'intensité de la liaison linéaire entre les deux séries est calculé comme suit :

$$R = \frac{K \sum x^2 - (\sum x)^2}{K(K-1)}$$

II.1.2.3 Variations spatio-temporelles des précipitations annuelles

A) Evaluation de la lame d'eau précipitée sur quelques bassins de la Medjerda :

Tous les auteurs qui ont étudié la pluviométrie en Algérie montrent que la répartition de la pluie subit trois influences, celle de l'altitude, les conditions topographiques, de la longitude et enfin celle de l'éloignement à la mer. Le Tableau n° 12 présente les résultats calculés par les différentes méthodes. (*Fig n°14, 15*).

Tableau n°12

Comparaison des Hauteurs de pluie moyenne
Annuelles des différentes séries (mm).

Bassin	O.Mellegue	O.Meskiana
<i>Moy.Arithmétique</i>	347,57	321,73
<i>Graphique de Seltzer</i>	368.32	273.79
<i>Méthode des isohyètes</i>	381,7	374,6
<i>A.N.R.H</i>	434,8	356,83

Fig n=°12a Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls.

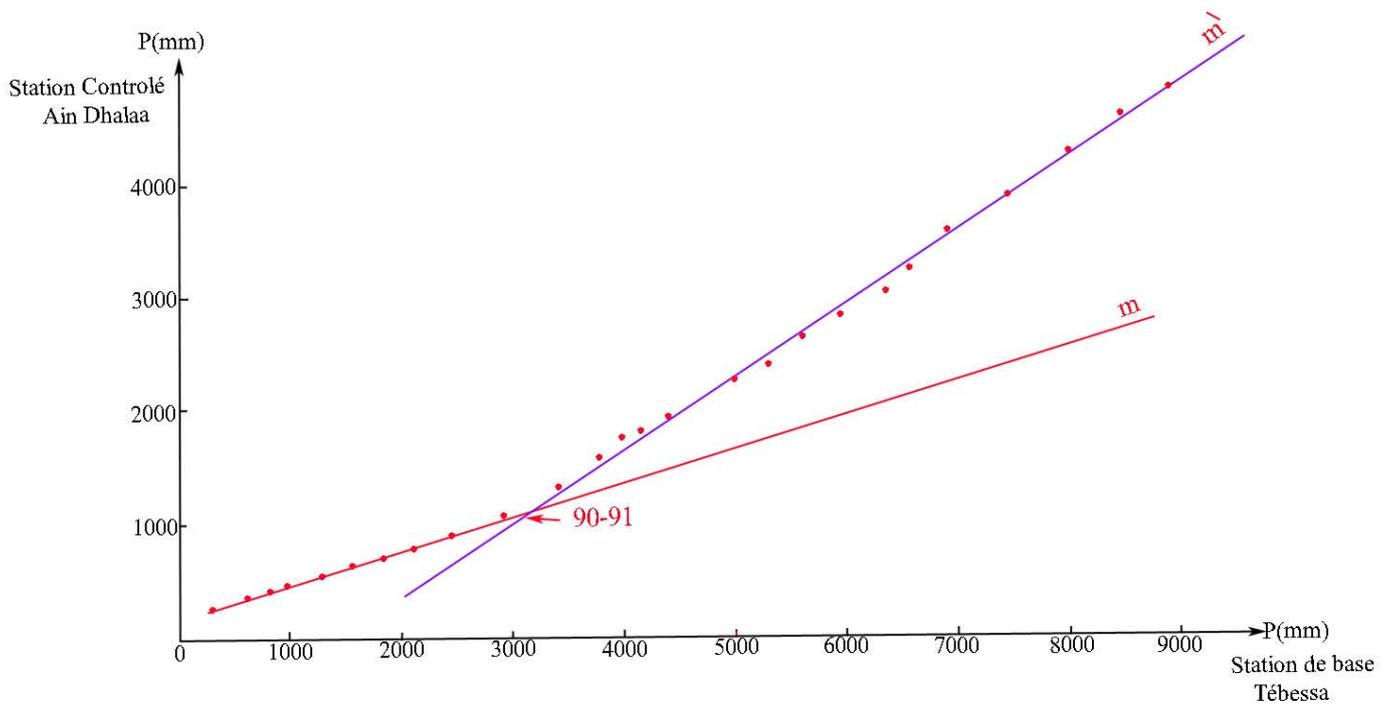
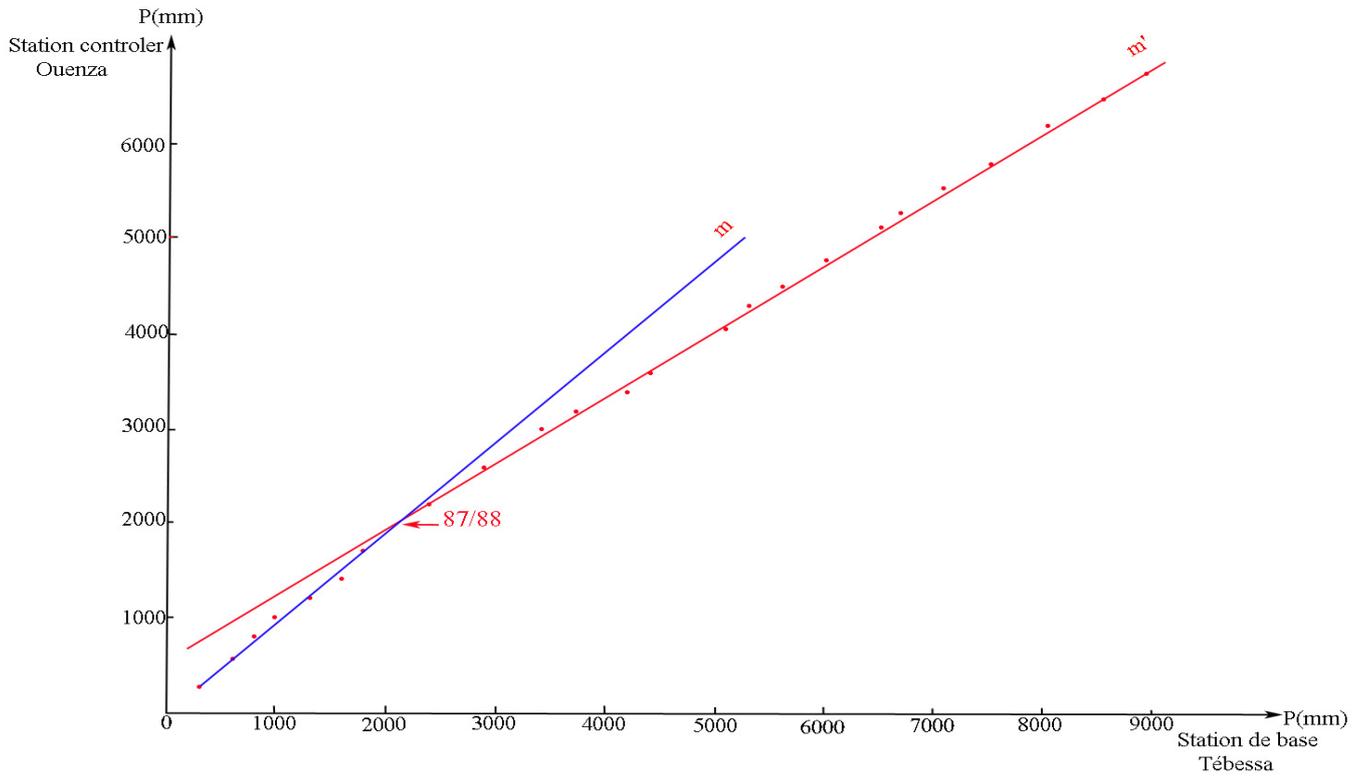


Fig n=°12b Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls.

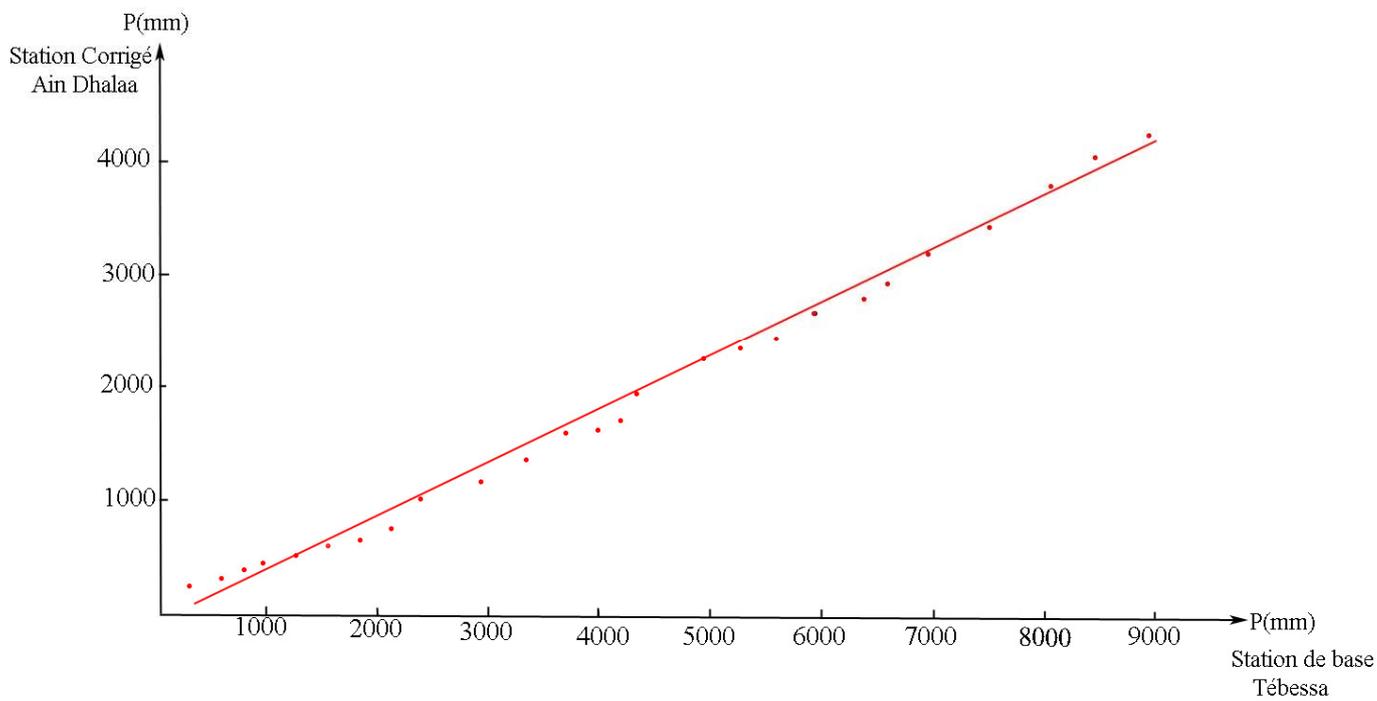
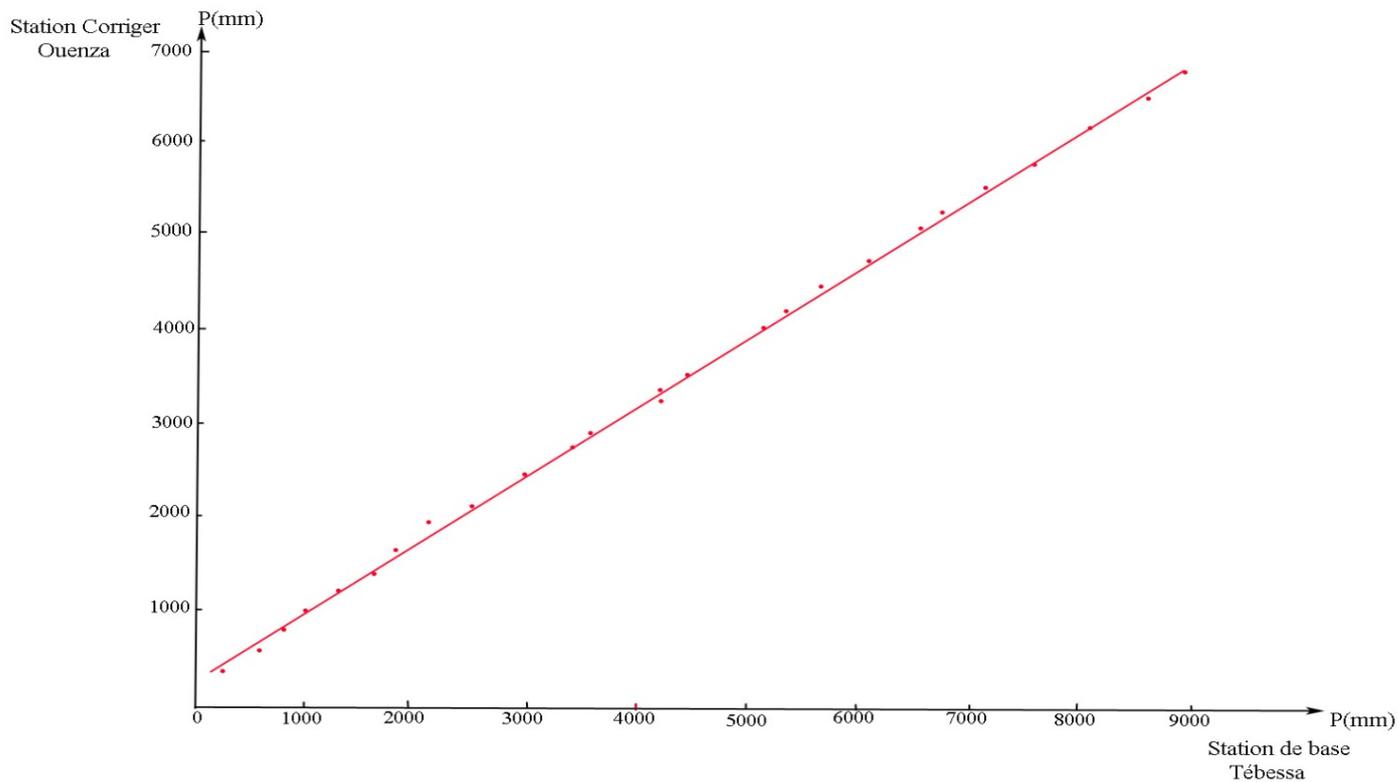
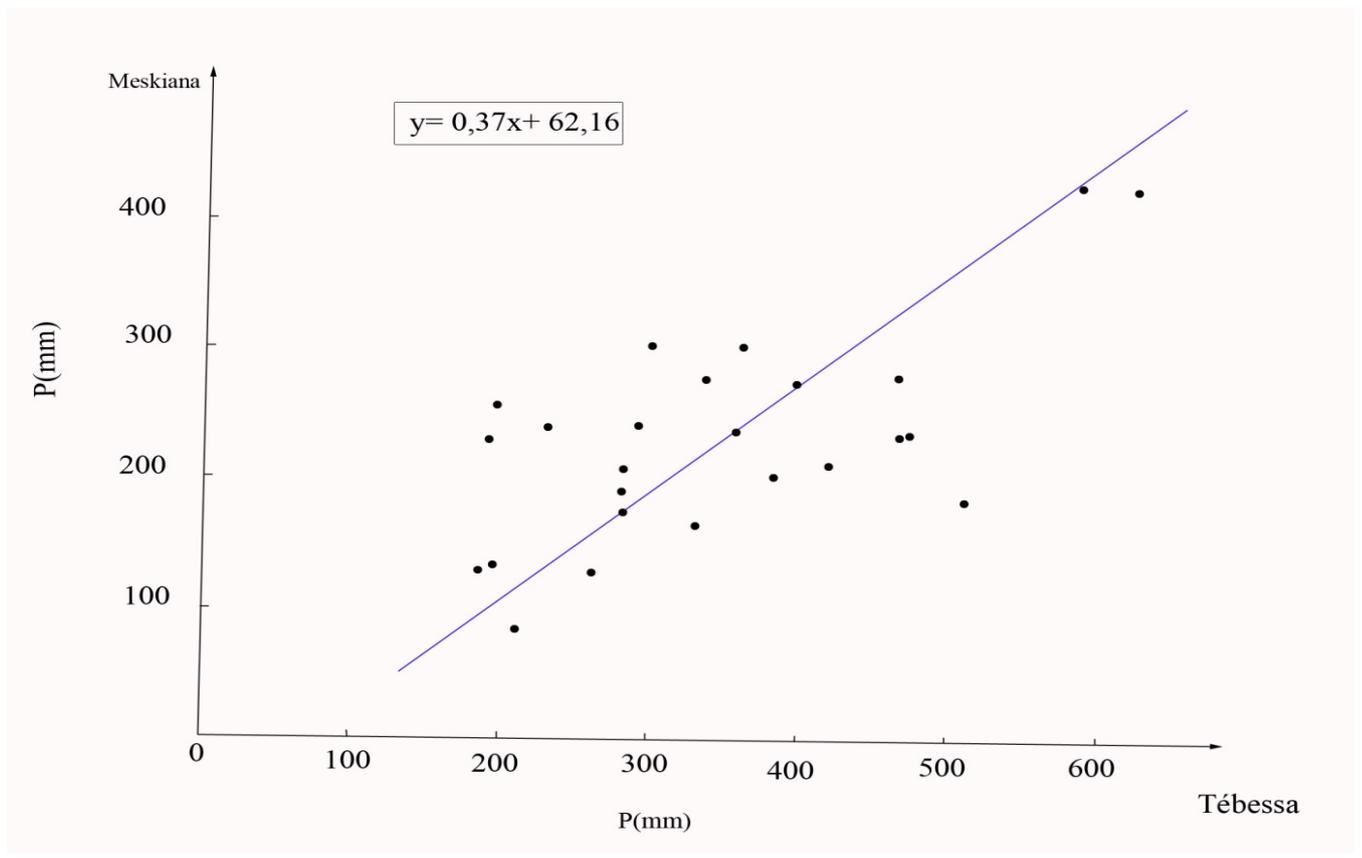
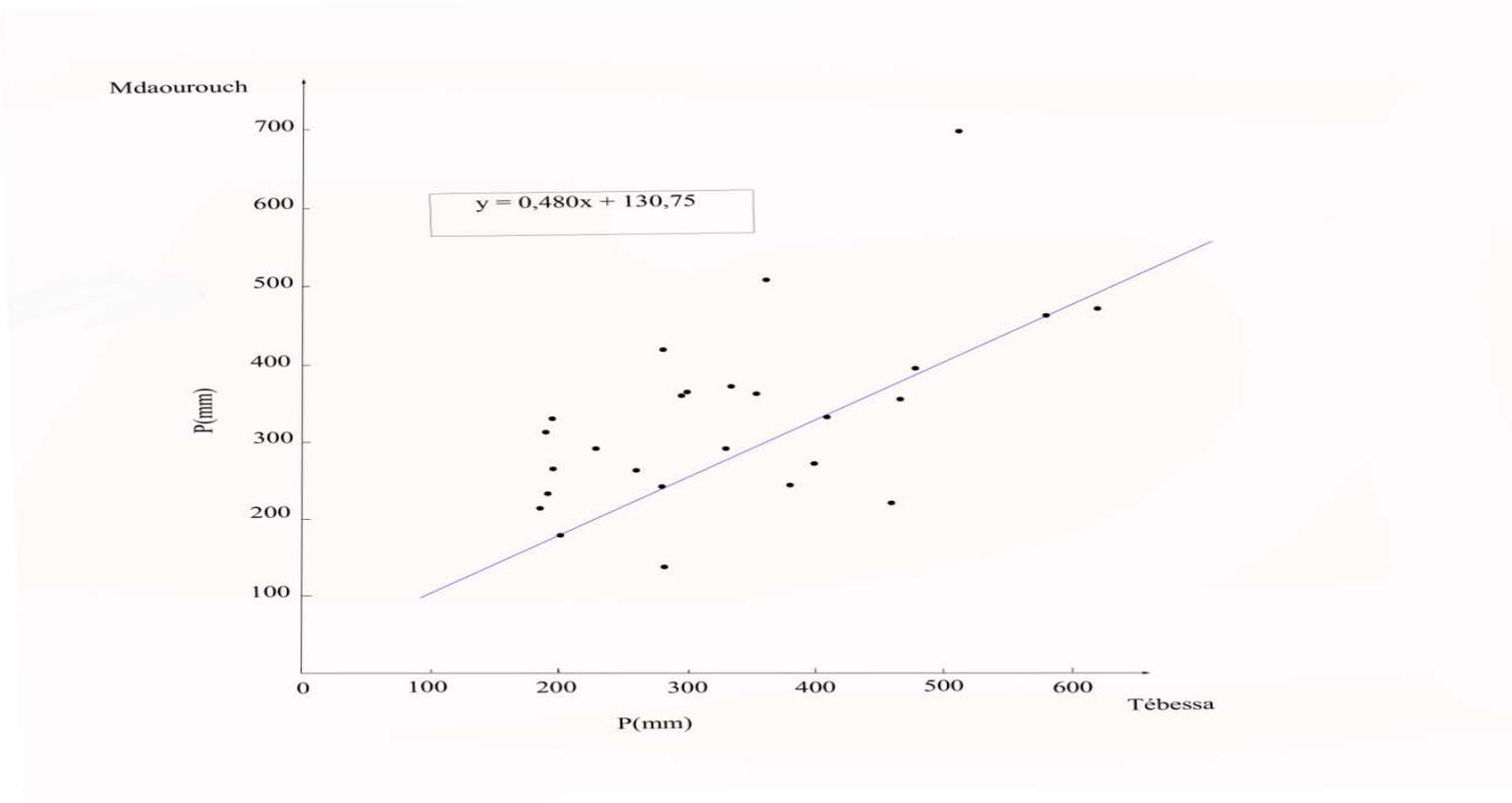


Fig n=° 13a

Régression a l'échelle annuelle.



Comparaison des différentes séries pluviométriques disponible :

La comparaison de la carte d'isohyète élaborée de la série récente avec les autres méthodes, nous permet de remarquer un net décalage des isohyètes de la série récente, et le tracé des isohyètes qui est légèrement modifié en comparant notre carte avec celle de l'A.N.R.H.

Afin de caractériser la pluviosité propre à chaque année, il convient de tenir Compte de l'écart mensuel correspondant à l'excédent ou au déficit des précipitations de l'année considérée, rapporté à la moyenne de 26 ans, nous avons relevé toutes les années pluviométriques extrêmes humides et sèches (Tableau n=°13).

A titre d'exemple, l'année la plus pluvieuse de la série (2002-2003) à Mdaourouch. Il y avait un écart à la normale de 83% à Meskiana, un écart à la normale de 69% (2003-2004) à El Aouinet, un écart à la moyenne. Par contre, l'année (1993-1994) est l'année la plus sèche à Messloulou, son déficit pluviométrique par rapport à la moyenne est de 72% à Ain Dhalaa et Rihia (1993-1994) .Il y avait un déficit pluviométrique respectivement de 65% et 50%.

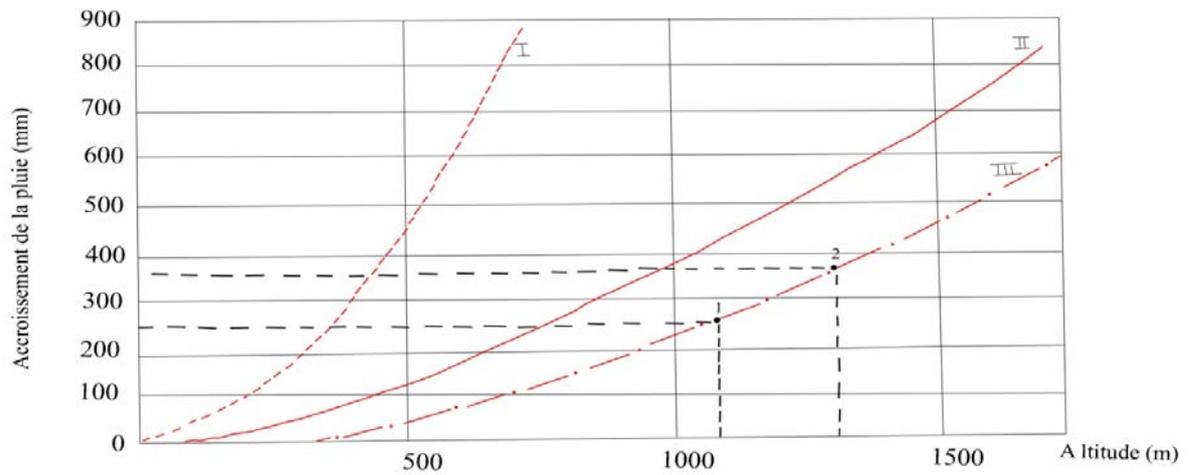
Tableau n=°13

Paramètres empiriques de La série pluviométrique (1980-2006).

Station		Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Oue nza	P	28.04	18.27	25.52	20.96	22.20	17.33	23.63	21.11	38.04	18.95	8.55	15.59
	δ	29.50	17.10	26.51	22.84	20.67	17.20	16.89	18.03	37.04	18.98	11.84	18.19
	Cv	1.05	0.93	1.03	1.08	0.93	0.99	0.71	0.85	0.97	1.01	1.38	1.16
Mdao rou che	P	26.43	23.35	31.75	45.43	41.02	30.28	28.76	33.31	37.33	15.91	8.80	13.76
	δ	25.94	19.57	32.03	37.84	41.53	27.83	16.79	24.27	32.20	18.25	10.87	12.72
	Cv	0.98	0.83	1.01	0.83	1.01	0.91	0.58	0.72	0.86	1.14	1.23	0.92
El Aou Inet	P	22.80	21.03	24.14	22.52	24.03	21.50	20.33	21.10	30.65	19.55	3.49	10.12
	δ	20.62	17.09	23.40	22.37	21.08	22.41	14.98	20.83	36.19	17.94	4.45	12.78
	Cv	0.90	0.81	0.96	0.99	0.87	1.04	0.79	0.98	1.18	0.91	1.27	1.26
Messl oula	P	21.48	18.71	18.62	15.58	23.86	17.18	12.15	19.61	28.90	14.24	2.69	6.82
	δ	24.19	17.93	18.54	15.84	23.45	15.45	11.02	17.07	25.52	22.42	6.25	8.48
	Cv	1.12	0.95	0.99	1.01	0.98	0.89	0.90	0.87	0.88	1.57	2.32	1.24
Meski ana	P	24.88	20.78	23.05	22.53	23.62	17.88	24.04	21.47	37.29	16.28	2.98	12.57
	δ	23.97	22.05	21.73	21.09	27.12	22.42	20.43	17.58	40.18	18.24	6.28	20.27
	Cv	0.96	1.06	0.94	0.93	1.14	1.25	0.84	0.81	1.07	1.12	2.10	1.61
Rihia	P	27.36	24.05	25.37	22.91	24.15	23.60	24.27	24.65	31.47	18.42	5.60	11.63
	δ	21.45	19.02	22.47	19.32	20.08	18.68	15.02	15.05	30.85	19.76	12.11	15.46
	Cv	0.78	0.79	0.88	0.84	0.83	0.79	0.61	0.61	0.98	1.07	2.16	1.32
Ain Dhalaa	P	24.26	20.92	33.12	22.91	24.28	17.32	23.00	20.68	33.52	18.86	4.50	16.21
	δ	19.65	19.24	35.44	20.60	26.19	23.63	19.31	20.12	29.25	17.27	7.08	21.42
	Cv	0.80	0.91	1.07	0.89	1.07	1.36	0.83	0.97	0.87	0.91	1.57	1.32

Fig n=° 14

Graphique de P. Seltz er « Les Trois lois d'Algérie.



l'égende:

Courbe I: litoral

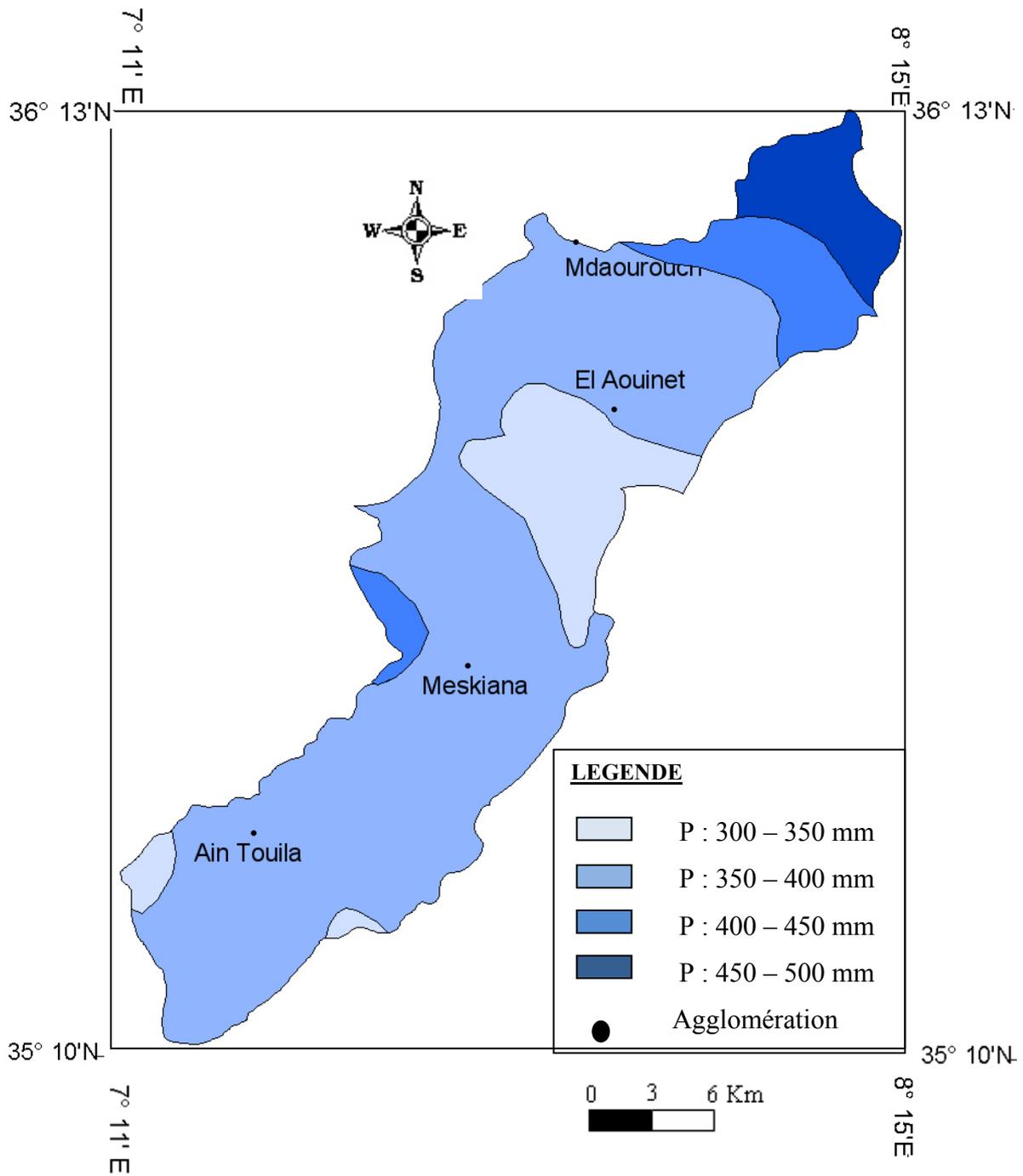
Courbe II: Atlas tellien Algérois - constantinois

Courbe III: Atlas tellien Orranais- haute plaines

1-Oued Meskiana

2-Oued Mellegue Amont

Fig.15: *Carte Pluviométrique des Bassin versant Meskiana – Mellegue Amont*



II.1.2.4 Ajustement des précipitations annuelles à une loi de probabilité :

L'analyse statistique des données hydrométéorologiques vise à définir les régimes à travers certaines valeurs caractéristiques et représentatives. Et pour mieux cerner cette irrégularité inter annuelle des précipitations qui a un rôle essentiel et décisif sur l'écoulement fluvial et afin de caractériser le régime des précipitations annuelles, nous allons essayer de trouver une loi d'ajustement de la distribution des pluies annuelles dans le but d'aboutir à une estimation des paramètres d'ajustement et calculer des variables réduites (Tableau n=°14) (Fig n=°16).

Tableau n=°14a

Pluies classées et leurs fréquences expérimentales Dans Les stations du Bassin d'Oued Mellegue Amont.

Rang	Fréquence	Ouenza	Mdaourouche	El Aouinet	Messloul
1	0.0192	413.70	700	538.93	307.7
2	0.0576	409.45	518.9	429.15	278.6
3	0.0961	407.10	479.5	368.51	270.2
4	0.1346	396.90	457.3	350.85	233.9
5	0.1730	376.34	427.7	348.25	232.9
6	0.2115	376.20	395.7	305.9	227.52
7	0.2500	369.60	371.4	303.6	22.5
8	0.2884	331.08	367.6	299.6	220.19
9	0.3269	303.8	363.5	297.8	216.5
10	0.3653	283.58	362.0	272.28	208.9
11	0.4038	280.40	355.58	271.80	206.3
12	0.4423	275.60	338.7	271.00	167.85
13	0.4807	275.16	332.30	259.9	133.9
14	0.5192	263.20	311.10	256.8	115.1
15	0.5576	262.50	296.9	243.5	110.21
16	0.5961	258.29	291.3	240.2	90.57
17	0.6346	249.40	263.0	238.2	85.51
18	0.6730	247.50	256.2	211.85	80.91
19	0.7115	244.1	243.5	196.5	80.62
20	0.7500	205.6	241.6	190.4	71.78
21	0.7884	197.4	234.7	178.9	70.21
22	0.8269	185.01	229.2	178.8	70.1
23	0.8653	163.3	223.5	139.1	32.38
24	0.9038	162.6	219.55	130.1	29.04
25	0.9423	153.8	178.4	1	26.85
26	0.9807	33.8	135.2	1	22.18

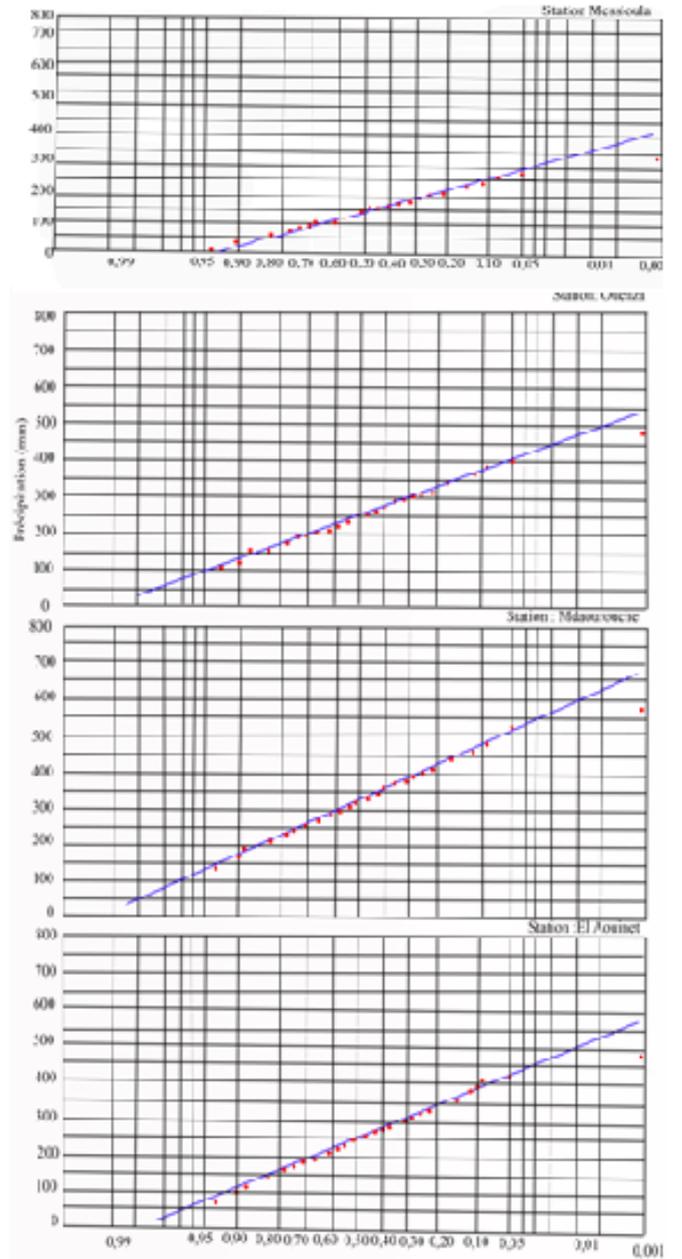
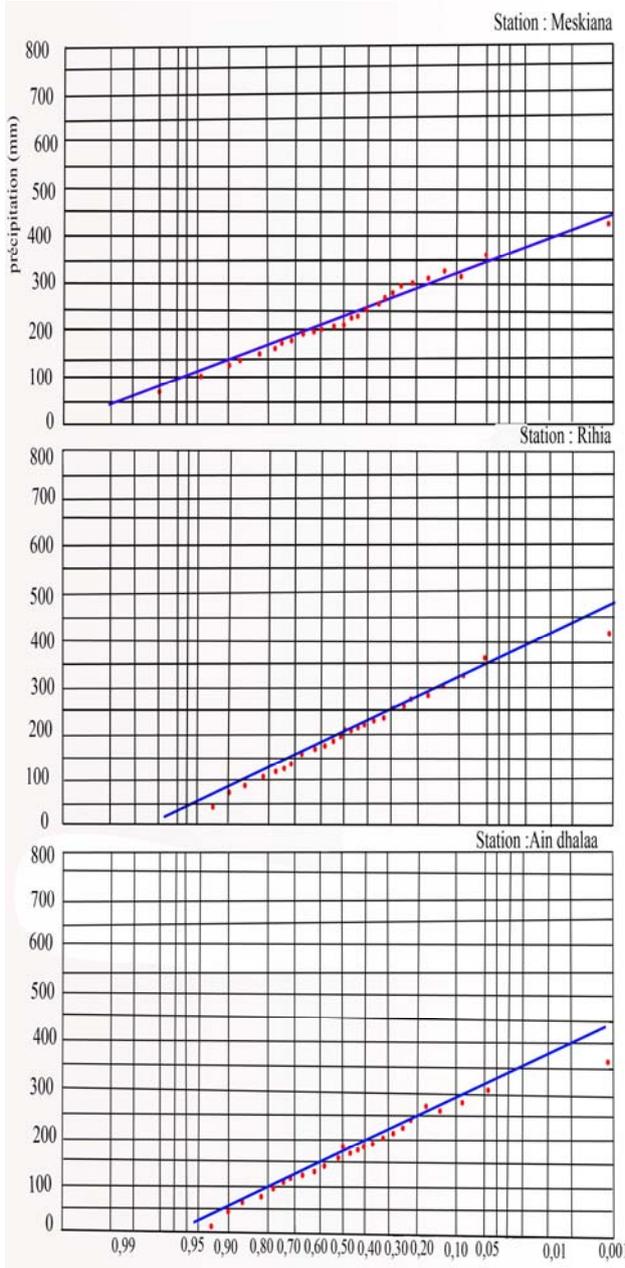
Tableau n=°14b

Pluies classées et leurs fréquences expérimentales
Dans les stations du Bassin de Oued Meskiana.

Rang	Fréquence	Meskiana	Rihia	Ain Dhalaa
1	0.0192	434.0	417.0	343.13
2	0.0576	426.2	390.9	296.76
3	0.0961	303.9	350.8	282.23
4	0.1346	303.1	322.8	275.01
5	0.1730	280.5	301.8	267.96
6	0.2115	280.4	293.0	257.17
7	0.2500	279.7	264.41	254.0
8	0.2884	276.8	257.2	242.47
9	0.3269	256.5	251.61	203.41
10	0.3653	246.5	242.89	201.32
11	0.4038	241.1	237.55	181.78
12	0.4423	238.4	226.98	176.61
13	0.4807	235.46	214.7	176.01
14	0.5192	234.87	177.6	163.65
15	0.5576	215.2	156.8	152.25
16	0.5961	210.3	126.90	119.89
17	0.6346	203.72	125.3	96.83
18	0.6730	193.9	119.05	93.72
19	0.7115	185.1	113.05	90.92
20	0.7500	172.4	112.88	88.84
21	0.7884	171.49	109.61	88.53
22	0.8269	166.7	108.76	86.83
23	0.8653	133.97	107.91	77.49
24	0.9038	130.61	103.01	37.42
25	0.9423	127.3	99.35	33.88
26	0.9807	88.6	98.65	25.60

Fig n=° 16

Ajustements des précipitations annuelles à une loi de Gauss.



L'intervalle de confiance :

Les intervalles de confiances correspondant aux degrés de confiances $\alpha\%$ sont résumés dans le (Tableau n=°15).

Tableau n=°15

Intervalle de confiance pour les différentes Stations du Bassins.

Intervalle de confiance			
Station	95%	90%	80%
Ouenza	221.98 ≤ x ≤ 294.58 58.14 ≤ δ ≤ 130.74	227.73 ≤ x ≤ 288.83 63.88 ≤ δ ≤ 125.0	234.58 ≤ x ≤ 281.98 70.73 ≤ δ ≤ 118.15
Mdaourouche	284.22 ≤ x ≤ 376.84 87.73 ≤ δ ≤ 153.22	291.55 ≤ x ≤ 369.51 92.92 ≤ δ ≤ 148.04	300.29 ≤ x ≤ 360.77 99.1 ≤ δ ≤ 141.86
El Aouinet	206.63 ≤ x ≤ 295.05 84.2 ≤ δ ≤ 145.82	213.62 ≤ x ≤ 288.06 89.08 ≤ δ ≤ 140.94	221.97 ≤ x ≤ 279.71 94.89 ≤ δ ≤ 135.13
Massloulou	112.58 ≤ x ≤ 180.68 64.86 ≤ δ ≤ 112.32	117.97 ≤ x ≤ 175.29 68.62 ≤ δ ≤ 108.56	124.39 ≤ x ≤ 168.87 73.10 ≤ δ ≤ 104.08
Meskiana	204.07 ≤ x ≤ 266.85 59.48 ≤ δ ≤ 103.86	209.04 ≤ x ≤ 261.88 62.99 ≤ δ ≤ 100.35	214.96 ≤ x ≤ 255.96 67.18 ≤ δ ≤ 96.16
Rihia	165.36 ≤ x ≤ 240.82 71.49 ≤ δ ≤ 124.85	171.13 ≤ x ≤ 235.05 75.71 ≤ δ ≤ 120.63	178.45 ≤ x ≤ 227.73 80.75 ≤ δ ≤ 115.59
Ain Dhalaa	130.94 ≤ x ≤ 200.88 66.26 ≤ δ ≤ 115.72	136.47 ≤ x ≤ 195.35 70.18 ≤ δ ≤ 111.8	143.07 ≤ x ≤ 188.75 74.84 ≤ δ ≤ 107.14

Test d'adéquation :

L'adéquation est admise si $P(X^2) \leq X$ dont X : seuil du risque d'adéquation, choisi généralement égal à 0.05, il convient de choisir des découpages différents, et de calculer le X^2 minimal. Remarquant que : X : seuil du risque d'adéquation choisi généralement égal à 0.05 on la rejette si $P(X^2) \leq 0.05$; il est recommandé de faire plusieurs découpages et choisir X^2 minimal (Tableau n=°16).

Tableau n=°16

Test d'adéquation pour les échantillons des différentes stations.

Station d'Ouenza :

N=° de classe	Limite de classe	ni	npi	ni-npi	(ni-npi)²	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	< 39.17	1	4.33	-3.33	11.08	2.55
2	39.17-168.56	3	4.33	-1.33	1.76	0.41
3	168.56-219.55	3	4.33	-1.33	1.76	0.41
4	219.55-260.16	4	4.33	-0.33	0.11	0.25
5	260.16-299.83	6	4.33	1.67	2.78	0.64
6	> 299.83	9	4.33	4.67	21.81	5.03
						$\sum X^2 = 9.29$

On opte pour le découpage de 6 classes car $X^2=9.29$, le degré de liberté sera égal :

$$V = K - P - 1 \quad \text{donc : } V = 6 - 2 - 1 = 3$$

K : nombre de classe.

P : 2 (variance et moyenne).

$P(X^2) = P(9.29)$ on trouve à partir de l'abaque de *Pearson P(9.29)* supérieure à 0.05 donc l'adéquation est satisfaisante.

Station de Mdaourouche :

N° de classe	Limite de classe	n_i	np_i	$n_i - np_i$	$(n_i - np_i)^2$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	< 214.81	2	4.33	-2.33	5.43	1.254
2	214.81-281.13	8	4.33	3.67	13.47	3.110
3	281.13-334.14	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
4	334.14-383.54	6	4.33	1.67	2.79	0.644
5	383.54-451.01	2	4.33	-2.33	5.43	1.254
6	> 451.01	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
						$\sum X^2 = 6.31$

On opte pour le découpage de 6 classes car $X^2= 6.31$, le degré de liberté sera égal :

$$V = K - P - 1. \quad \text{Donc : } V = 6 - 2 - 1 = 3.$$

K : nombre de classe.

P : 2 (variance et moyenne).

$P(X^2) = P(6.31)$ on trouve à partir de l'abaque de *Pearson P(6.31)* supérieure à 0.05 donc l'adéquation est satisfaisante

Station d'El Aouinet :

N° de classe	Limite de classe	n_i	np_i	$n_i - np_i$	$(n_i - np_i)^2$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	< 140.43	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
2	140.43-203.68	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
3	203.68-254.29	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
4	254.29-301.44	7	4.33	2.67	7.13	1.646
5	301.44-365.85	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
6	> 365.85	3	4.33	-1.33	1.77	0.408
						$\sum X^2 = 2.15$

On opte pour le découpage de 6 classes car $X^2= 2.15$ le degré de liberté sera égal :

$$V = K - P - 1 \quad \text{donc : } V = 6 - 2 - 1 = 3.$$

$P(X^2) = P(2.15)$ on trouve à partir de l'abaque de *Pearson P(2.15)* supérieure à 0.05 donc L'adéquation est satisfaisante.

Station de Messloulou :

<i>N=° de classe</i>	<i>Limite de classe</i>	<i>ni</i>	<i>npi</i>	<i>(ni-npi)</i>	<i>(ni-npi)²</i>	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	< 61.58	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
2	61.58-110.30	8	4.33	3.67	13.47	3.110
3	110.30-149.21	2	4.33	-2.33	5.43	1.254
4	149.2-185.6	1	4.33	-3.33	11.08	2.558
5	185.6-235.2	8	4.33	3.67	13.47	3.111
6	>235.22	3	4.33	-1.33	1.77	0.408
						$\sum X^2 = 10.4$

On opte pour le découpage de 6 classes car $X^2=10.46$ le degré de liberté sera égal :

$$V=K-P-1 \quad \text{donc} \quad V=6-2-1 = 3$$

$P(X^2) = P(10.46)$ on trouve à partir de l'abaque de *Pearson* $P(10.46)$ supérieure à 0.05 donc l'adéquation est satisfaisante.

Station de Meskiana :

<i>N=° de classe</i>	<i>Limite de classe</i>	<i>ni</i>	<i>npi</i>	<i>(ni-npi)</i>	<i>(ni-npi)²</i>	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	<156.86	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
2	156.8-201.8	5	4.33	0.67	0.45	0.10
3	201.8-237.9	5	4.33	0.67	0.45	0.10
4	237.9-271.3	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
5	271.3-317.3	6	4.33	1.67	2.71	0.64
6	>317.33	2	4.33	-2.33	5.42	1.25
						$\sum X^2 = 2.1$

On opte pour le découpage de 6 classes car $X^2=2.14$, le degré de liberté sera égal :

$$V= K-P-1 \quad \text{donc} : \quad V= 6-2-1 = 3.$$

$P(X^2) = P(2.14)$ on trouve à partir de l'abaque de *Pearson* $P(2.14)$ supérieure à 0.05 donc l'adéquation est satisfaisante.

Station de Rihia :

<i>N=° de classe</i>	<i>Limite de classe</i>	<i>ni</i>	<i>npi</i>	<i>(ni-npi)</i>	<i>(ni-npi)²</i>	$\frac{(n_i - np)^2}{np_i}$
1	<108.84	5	4.33	0.67	0.45	0.10
2	108.8-162.8	7	4.33	2.67	7.12	1.64
3	162.8-206.1	1	4.33	-3.33	11.08	2.56
4	206.1-246.2	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
5	246.2-301.2	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
6	>301.26	5	4.33	0.67	0.45	0.10
						$\sum X^2 = 4.4$

On opte pour le découpage de 6 classes car $X^2 = 4.4$ le degré de liberté sera égal :

$$V = K - P - 1 \quad \text{donc :} \quad V = 6 - 2 - 1 = 3.$$

$P(X^2) = P(4.4)$ on trouve à partir de l'abaque de **Pearson** $P(4.4)$ supérieure à 0.05 donc L'adéquation est satisfaisante.

Station d'Ain Dhalaa :

<i>N=° de classe</i>	<i>Limite de classe</i>	<i>ni</i>	<i>npi</i>	<i>(ni-npi)</i>	<i>(ni-npi)²</i>	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	<78.55	4	4.33	-0.33	0.11	0.025
2	78.55-128.6	7	4.33	2.67	7.12	1.64
3	128.6-168.6	2	4.33	-2.33	5.42	1.25
4	168.6-205.9	5	4.33	0.67	0.45	0.10
5	205.9-256.9	2	4.33	-2.33	5.42	1.25
6	>256.9	6	4.33	1.67	2.78	0.64
						$\sum X^2 = 4.9$

On opte pour le découpage de 6 classes car $X^2 = 4.90$, le degré de liberté sera égal :

$$V = K - P - 1 \quad \text{donc} \quad V = 6 - 2 - 1 = 3$$

$P(X^2) = P(4.90)$ on trouve à partir de l'abaque de **Pearson** $P(4.90)$ supérieure à 0.05 donc l'adéquation est satisfaisante.

L'estimation numérique des pluies fréquentielles (P_f) en année humide et en année sèche se fait en appliquant l'équation de la variable réduite de **Gauss** selon la formule suivante :

$$P_f = \bar{P} + U_f \delta. \quad \text{D'où :}$$

P : pluie annuelle de fréquence.

U : variable réduite de **Gauss**.

\bar{P} : Pluie moyenne annuelle.

Des quantités estimées des différentes stations du bassin d'Oued **Mellegue Amont** et du bassin d'Oued **Meskiana** et pour les probabilités de retours retenus, sont présentées dans le (Tableau n=°17)

Tableau n=°17

Précipitations annuelles fréquentielles en (mm).

B.V d'Oued Mellegue Amont.

Station	P (année sèche)			P	P (année humide)		
	T=100ans	T=50ans	T=10ans	T=2ans	T=10ans	T=50ans	T=100ans
	F=0.99 U=2.329	F=0.98 U=1.282	F=0.90 U=1.282	F=0.5 U=0.00	F=0.10 U=1.282	F=0.02 U=2.056	F=0.010 U=2.329
Ouenza	291.91	231.43	231.43	157.35	398.41	447.5	464.86
Mdaourouche	257.41	212.18	212.18	156.8	490.60	578.48	609.48
El Aouinet	316.04	231.04	231.04	126.95	407.71	469.12	490.78
Messloulou	228.68	168.25	168.25	94.25	286.59	311.36	320.10

B.V de Oued Meskiana.

Station	P(année sèche)				P(année humide)		
	T=100ans	T=50ans	T=10ans	T=2ans	T=10ans	T=50ans	T=100ans
	F=0.99 U=2.329	F=0.98 U=1.282	F=0.90 U=1.282	F=0.5 U=0.00	F=0.10 U=1.282	F=0.02 U=2.056	F=0.010 U=2.329
Meskiana	280.54	242.85	242.85	196.72	362.78	413.41	431.26
Rihia	173.68	149.51	149.51	119.91	372.08	421.56	439.01
A.Dhalaa	244.55	184.18	184.18	110.26	317.85	342.31	350.93

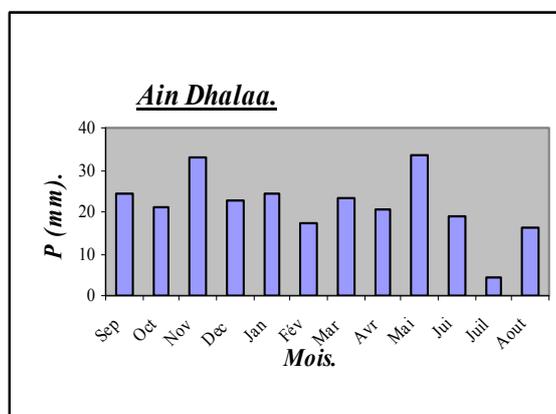
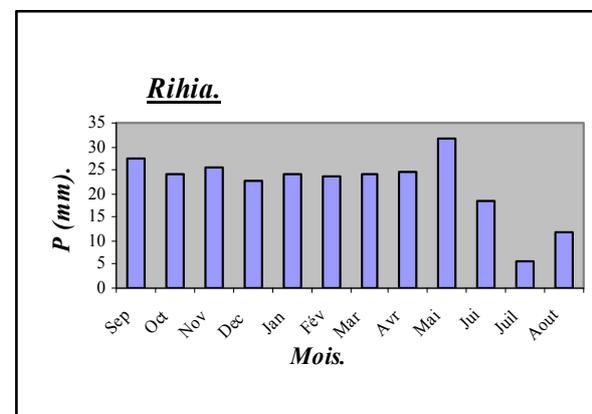
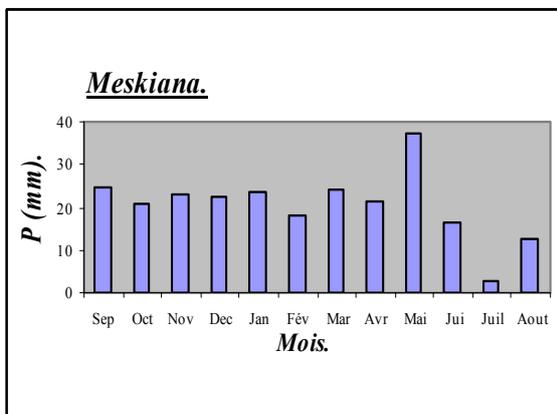
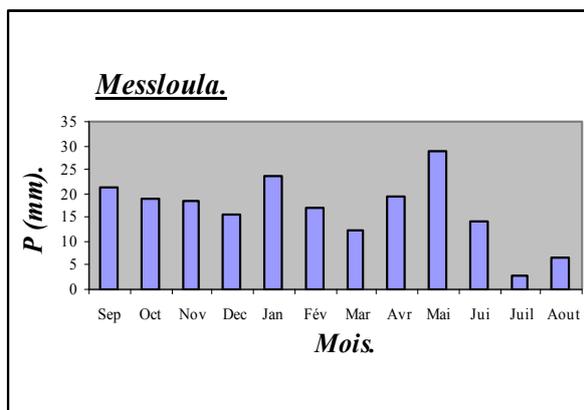
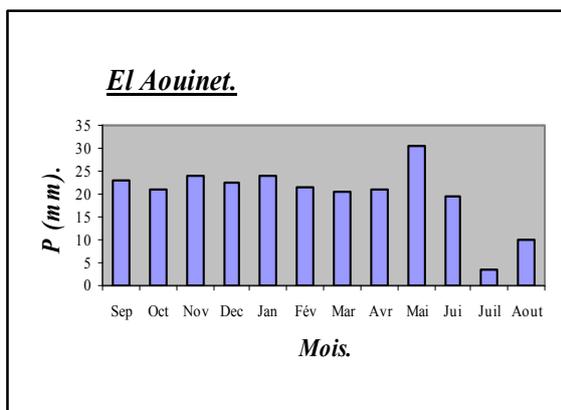
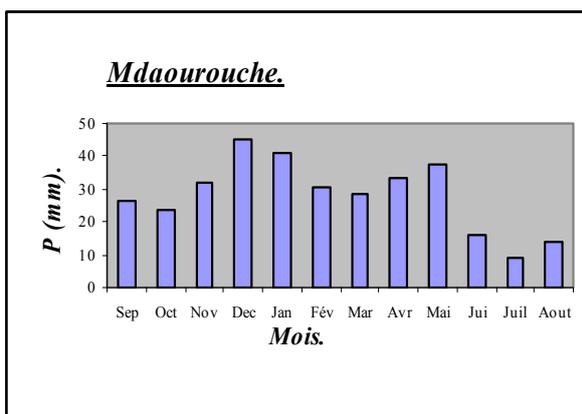
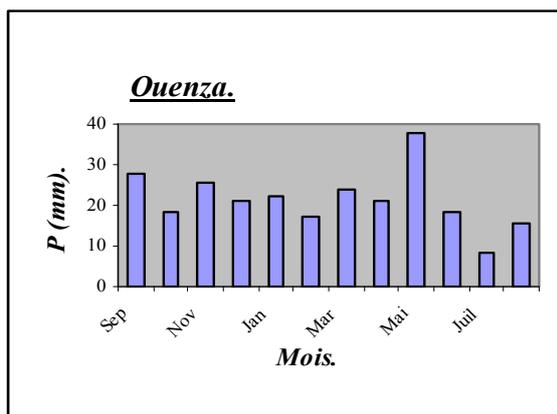
II.1.2.5 Précipitations mensuelles et les régimes saisonniers:

La répartition mensuelle des précipitations dans l'année et ses variations conditionne une relation avec les facteurs thermiques, l'écoulement saisonnier et par là- même le régime des cours d'eau. L'érodabilité des sols et le transport des matériaux en suspension. Cependant si le phénomène de variabilité des précipitations mensuelles ou saisonnières se prête facilement à l'analyse, vu son caractère tranché dans les bassins, il est néanmoins, malaisé de définir des saisons pluviométriques spatialement homogènes et ce, en raison des différences de régimes de précipitations déterminés eux même par des variantes à la fois géographiques et météorologiques (Fig n=°17).

A) Variabilité inter-mensuelle des précipitations :

On relève une amplitude importante des valeurs pluviométriques, entre les mêmes mois de la série étudiée, ce ci est mis en évidence par le coefficient de variation. En effet, les coefficients les plus élevés sont ceux des mois d'été avec un maximum en *Juillet* de 2.16 à la station *Rihia*. Ce maximum s'élève à 2.32 à *Messloulou* au mois *Juillet*.

Fig n°17 Les variations mensuelles des précipitations.



Les coefficients extrêmement élevées, s'expliquent de l'indigence pluviométrique d'une part et le caractère orageux des précipitations (*averse*) de la fin été d'autre part. La valeur minimale de ce coefficient est observée aux mois de *Mars* et *Avril* dans toutes les stations, il atteint 0.61 en *Mars* à *Rihia*, c'est le coefficient de variation le plus faible de toutes les stations.

Sur le spatial, les hauteurs moyennes mensuelles de pluie dans les stations du bassin qui suivent une coupe *SO-NE*, montrent clairement la variabilité spatiale de ces précipitations, elle est relativement plus accentuée dans le *Sud* du bassin, ceci reste très nuancé selon le mois et la réalité géographique des différents secteurs du bassin.

B) Le régime pluviométrique saisonnier du bassin de O. Mellegue Amont et O. Meskiana :

Les valeurs moyennes mensuelles pluviométriques, relatives à la période 1980-2006, représentées par des graphiques traduisent clairement les variations mensuelles et saisonnières de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle, et permet de distinguer deux grandes périodes.

Une période où les précipitations sont inférieures à la moyenne mensuelle de l'année. Or, il s'avère d'après le graphique que les mois dits secs ne sont pas consécutifs dans plusieurs stations, cependant des mois de *Juin, Juillet, Août*, sont secs dans toutes les stations ; ils représentent la saison sèche et chaude de l'été, le minimum est atteint en *Juillet*, le mois de *Février* est aussi sec dans la quasi-totalité des stations. Une période humide où les précipitations supérieures à la moyenne mensuelle de l'année, elle débute en *Septembre* et s'achève en *Mai*, avec un premier maximum en *Septembre* et un deuxième en *Mars* dans la majorité des stations des deux bassins.

La répartition saisonnière des pluies, en pourcentage, dans les stations du bassin (*Tableau n=°18*) permet de distinguer un régime pluviométrique continental, ce régime est caractérisé par une lame d'eau tombée en *Automne*, équivalent à peu près à la quantité de pluie printanière (environ 30% de *moyenne annuelle*) et une proportion de pluie hivernale relativement moindre, soit 26% des précipitations annuelles, alors que la saison d'été est caractérisée par une faiblesse quantitative des précipitations, soit un pourcentage de 15% de la moyenne annuelle.

Tableau n=°18a

Répartition saisonnière des pluies dans les stations du Bassin d'Oued Mellegue Amont.

<i>Station</i>	<i>Automne Sep.Oct.Nov</i>	<i>Hiver Déc.Jan.Févr</i>	<i>Printemps Mars.Avri..Mai</i>	<i>Eté Jui.Juil.Aout</i>
<i>Ouenza</i>	32%	24%	30%	14%
<i>Mdaourouche</i>	28%	25%	31%	16%
<i>El Aouinet</i>	29%	28%	32%	11%
<i>Messloul</i>	27%	27%	31%	15%

Tableau n=°18b

Répartition saisonnière des pluies dans les stations du Bassin d'Oued **Meskiana**.

Station	Automne <i>Sep.Oct.Nov</i>	Hiver <i>Déc.Jan.Févr</i>	Printemps <i>Mars.Avri.Mai</i>	Eté <i>Jui.Juil.Aout</i>
Meskiana	29%	28%	30%	13%
Rihia	28%	24%	31%	17%
Ain Dhalaa	32%	27%	31%	10%

II.1.2.6 Précipitations extrêmes :

Pour évaluer l'importance des pluies extrêmes, on a besoin d'une base de données d'observations disponibles pour les stations. Autrement dit qu'une première tendance hydrologique est de résumer la nature des variables caractéristiques des débits extrêmes, une seconde, de contenu statistique développait sur l'exemple du débit de crue. L'utilisation de deux lois parmi les plus utilisées par les hydrologues, celles de (*Pearson III*) et de (*Gumbel*). Remarque que les pluies journalières maximales ; alimentent les crues d'une part et aussi, les transports solides des différents affluents de l'Oued *Medjerda*.

D'après la (*Fig n=°18*) montre que la droite de *Gumbel* passe bien au milieu des points expérimentaux, donc cette loi est applicable pour les séries d'observations des (4) stations caractéristiques du bassin d'Oued *Mellegue Amont* et (3) stations d'Oued *Meskiana*. Les quantités estimées pour les stations (le calcul des quantités se fait en appliquant l'équation de la variable réduite de (*Gumbel*)).

$$Y = -[\text{Ln}(-\text{Ln } f_x)]$$

Pour les probabilités de retour, sont présentés dans le (*Tableau n=°19*).

Tableau n=°19

Pluie maximale journalière fréquentielle pour les Stations pluviométriques des deux bassins.

Période de retour	2	5	10	50	100	1000	
Fréquence	0.5	0.90	0.95	0.98	0.99	0.999	
Variable de Gumbel	0.367	2.250	2.970	3.902	4.600	6.907	
P_j max	Ouenza	32.80	53.02	60.75	70.76	78.26	103.04
	Mdaourouche	32.74	49.42	55.80	64.06	70.24	90.68
	El Aouinet	29.40	47.33	54.58	63.05	69.70	91.66
	Massloula	26.76	53.5	63.72	76.95	86.87	119.62
	Meskiana	26.26	42.76	49.06	57.23	63.34	83.55
	Rihia	29.12	46.48	53.12	61.71	68.15	89.42
Ain Dahalaa	25.43	42.61	49.17	57.67	64.04	85.08	

Pour mieux caractériser l'écoulement pluvial extrême ayant trait aux crues et des inondations, il faut descendre à une échelle temporelle encore plus fine dans l'analyse des pluies extrêmes, à l'échelle des pluies horaires, pour une analyse complète des événements avers-crues observés sur le bassin. Raison de manque de données suffisantes, on doit utiliser des formules empiriques qui nous permettent d'estimer les pluies de courte durée. Notre choix est porté sur la formule de l'A.N.R.H.

$$P_t = P_{jmax} (\%) \left[\frac{t}{24} \right]^b$$

P_t : pluies de courte durée, de fréquence donnée en heure.

P_{jmax} : pluies journalières de fréquence donnée.

b : Exposant climatique tiré de la carte établie par (T.Bognar 1979), les valeurs de l'exposant climatique selon la carte établie par (T.Bougnar) pour les stations des Bassins sont :

Station	Ouenza	Mdaourouche	El Aouinet	Messloul	Meskiana	Rihia	Ain Dhalaa
b	0.30	0.29	0.26	0.31	0.33	0.29	0.26

La pluie de courte durée d'un pas de temps voulu pour les différentes fréquences est donnée dans le (Tableau n=°20,21).

Tableau n=°20

Pluie de courte durée pour les stations pluviométriques
Des deux bassins (Mellegue et Meskiana)

Station	/	2	5	10	50	100	1000
	Fréquence	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99	0.999
	U	0.367	2.250	2.970	3.902	4.600	6.907
	T(h)	/	/	/	/	/	/
Ouenza	1	12.64	20.43	23.41	27.27	30.16	39.71
	2	15.56	25.15	28.81	33.56	37.12	48.88
	3	17.57	28.40	32.54	37.90	41.92	55.19
	4	19.16	30.97	35.48	41.33	45.71	60.19
	6	21.63	34.96	40.06	46.66	51.60	67.94
	12	26.64	43.06	49.34	57.47	63.47	83.68
	18	30.08	48.62	55.71	64.89	71.77	94.49
	24	32.80	53.02	60.57	70.76	78.26	103.04
Mdaourouche	1	13.02	19.66	22.20	25.48	27.94	36.07
	2	15.92	24.04	27.14	31.16	34.16	44.11
	3	17.91	27.03	30.53	35.05	38.43	49.61
	4	19.47	29.39	33.18	38.09	41.77	53.93
	6	21.90	33.06	37.32	42.85	46.98	60.66
	12	26.77	40.41	45.63	52.39	57.44	74.16
	18	30.11	45.46	51.33	58.93	64.61	83.42
	24	32.74	49.42	55.80	64.06	70.24	90.68
	1	12.86	20.71	23.71	27.60	30.51	40.12
	2	15.40	24.80	28.39	33.04	36.52	48.03
	3	17.12	27.56	31.55	36.71	40.59	53.37

<i>El Aoui net</i>	4	18.45	29.70	34.00	39.56	43.74	57.52
	6	20.50	33.01	37.78	43.96	48.60	63.92
	12	24.55	39.52	45.24	52.65	58.20	76.54
	18	27.28	43.91	50.27	58.50	64.67	85.05
	24	29.40	47.33	54.18	63.05	69.70	91.66
<i>Messl oula</i>	1	9.99	19.97	23.79	28.73	32.43	44.66
	2	12.38	24.76	29.49	35.61	40.20	55.36
	3	14.04	28.07	33.44	40.38	45.59	62.78
	4	15.35	30.69	36.56	44.15	49.84	68.63
	6	17.41	34.94	41.61	50.25	56.73	78.12
	12	21.58	43.15	51.39	62.07	70.07	96.49
	18	24.47	48.93	58.28	70.38	79.45	109.41
	24	26.76	53.50	63.72	76.95	86.87	119.62
<i>Meski ana</i>	1	9.20	14.98	17.18	20.05	22.19	29.27
	2	11.56	18.83	21.60	25.20	27.89	36.79
	3	13.22	21.52	24.69	28.81	31.88	42.06
	4	14.53	23.67	27.16	31.68	35.06	46.25
	6	16.61	27.06	31.04	36.21	40.08	52.87
	12	20.89	34.01	39.02	45.52	50.38	66.46
	18	23.88	38.88	44.61	52.04	57.60	75.98
	24	26.26	42.76	49.06	57.23	63.34	83.55
<i>Rihia</i>	1	11.58	18.49	21.13	24.55	27.11	35.57
	2	14.16	22.61	25.84	30.01	33.15	43.49
	3	15.93	25.43	29.06	33.76	37.28	48.92
	4	17.31	27.64	31.59	36.70	40.53	53.18
	6	19.48	31.09	35.53	41.28	45.58	59.81
	12	23.81	38.01	43.44	50.47	55.74	73.13
	18	24.25	38.71	44.25	56.77	62.69	82.26
	24	29.12	46.48	53.12	61.71	68.15	89.42
<i>Ain Dhalaa</i>	1	11.12	18.64	21.52	25.24	28.02	37.23
	2	13.32	22.33	25.76	30.22	33.56	44.59
	3	14.80	24.81	28.63	33.58	37.29	49.54
	4	15.95	26.74	30.85	36.19	40.19	53.39
	6	17.73	29.71	34.28	40.21	44.65	59.33
	12	21.23	35.58	41.06	48.15	53.47	71.04
	18	23.59	39.53	45.62	53.51	59.42	79.26
	24	25.43	42.61	49.17	57.67	64.04	85.08

Fig n=° 18 Ajustement des précipitations journalières max à une loi de Gumbel.

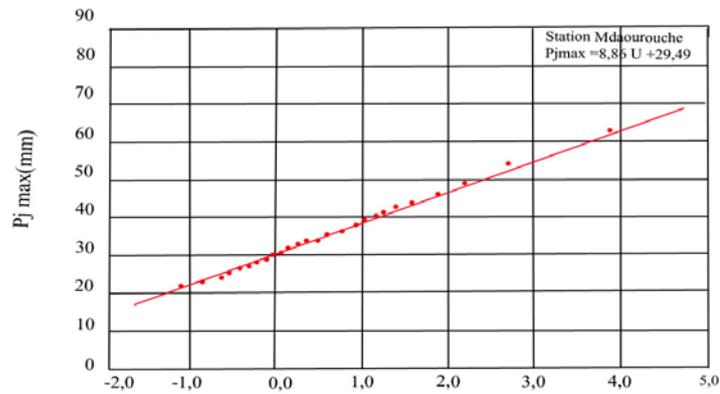
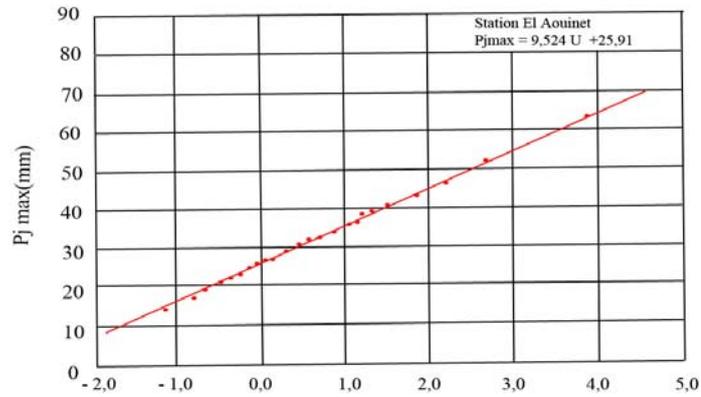
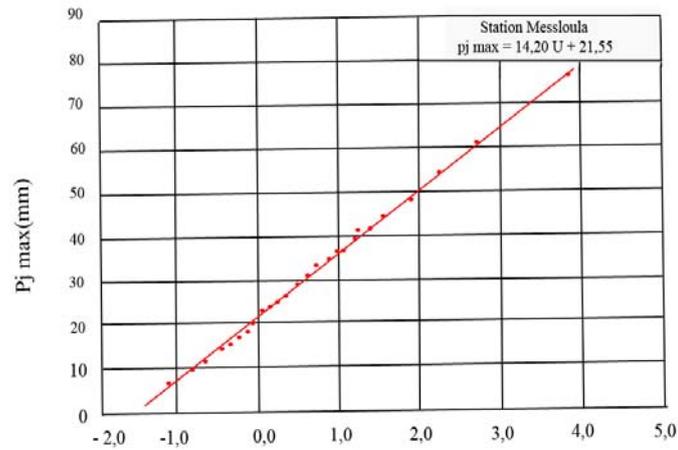
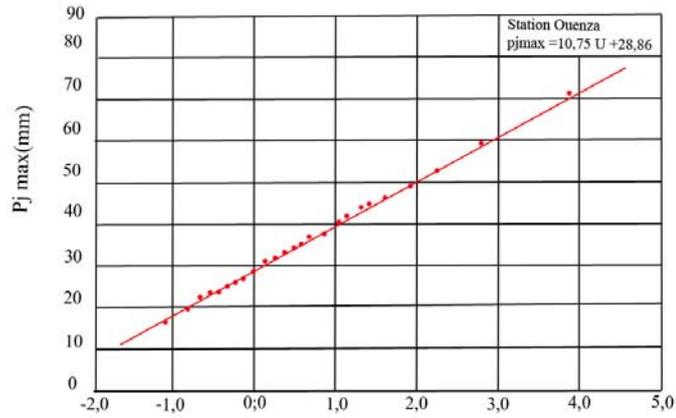


Fig n=° 18 Ajustement des précipitations journalières max à une loi de Gumbel.

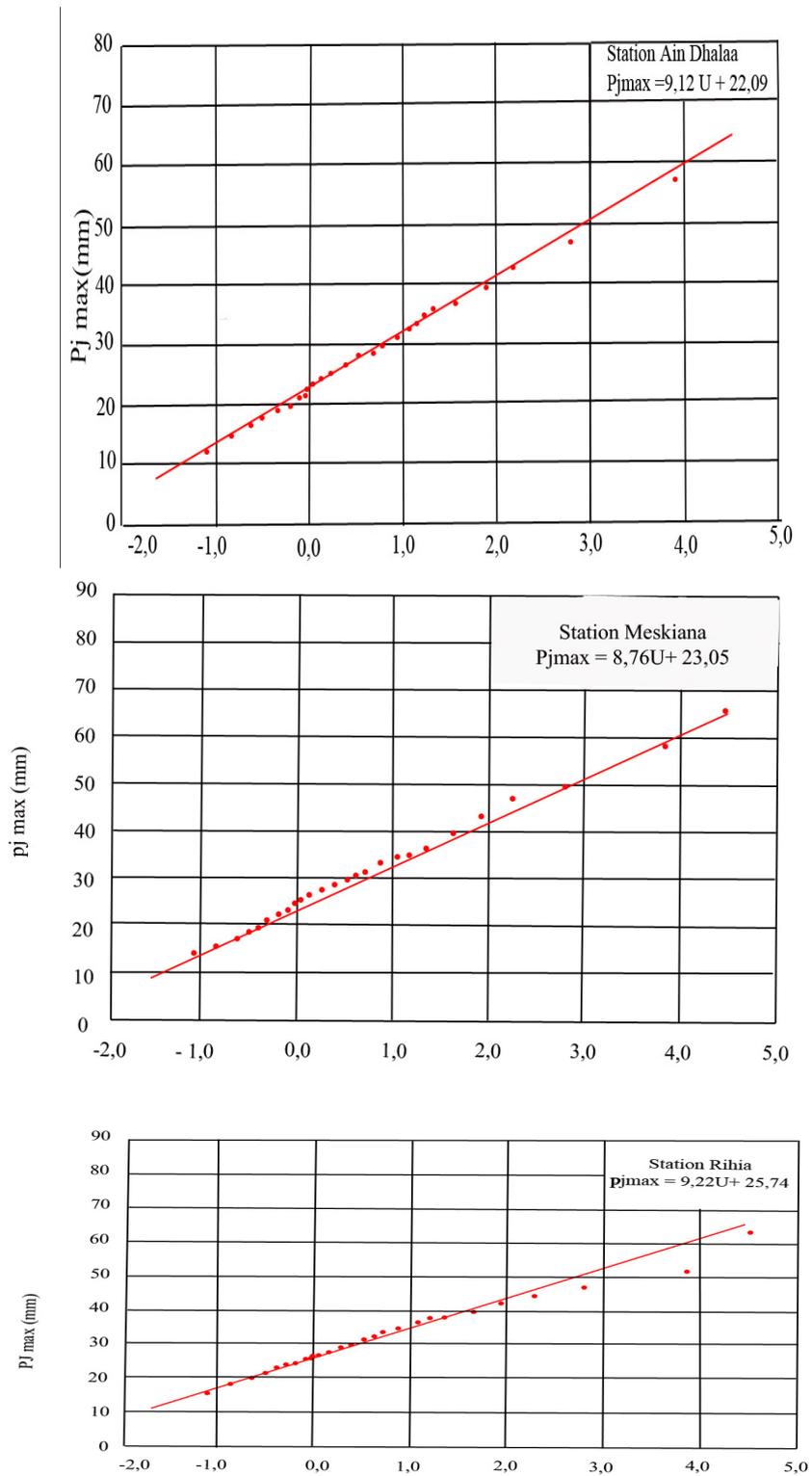


Tableau n=°21a

Répartition statistique des pluies journalières
Maximum (Bassin Mellegue Amont)
 « Loi de Gumbel ».

Rang	Fréquence	Variable réduite de Gumbel	Ouenza	Mdaou rouche	El Aouinet	Messlou La
1	0.0192	1.374	6.0	19.0	16.6	9.0
2	0.0576	-1.048	18.5	19.2	17.3	10.0
3	0.0961	-0.851	20.0	19.5	17.5	10.5
4	0.1346	-0.695	21.0	20.5	19.9	12.0
5	0.1730	-0.562	21.5	21.1	21.5	12.5
6	0.2115	-0.440	23.5	21.2	22.0	13.6
7	0.2500	-0.326	25.0	22.0	23.6	14.0
8	0.2884	-0.217	26.3	25.5	23.7	18.9
9	0.3269	-0.111	28.1	32.3	24.6	23.1
10	0.3653	-0.007	28.5	33.6	28.0	24.0
11	0.4038	0.097	28.8	33.7	28.6	26.4
12	0.4423	0.203	29.0	34.20	29.2	26.9
13	0.4807	0.311	33.7	35.0	29.6	28.0
14	0.5192	0.422	35.0	35.4	30.0	28.2
15	0.5576	0.537	37.0	36.0	30.5	28.7
16	0.5961	0.659	38.5	37.7	30.8	31.8
17	0.6346	0.787	40.0	38.2	31.5	32.8
18	0.6730	0.926	40.0	38.7	32.0	34.0
19	0.7115	1.077	45.8	39.0	32.5	34.1
20	0.7500	1.245	47.5	41.0	36.5	36.0
21	0.7884	1.436	48.0	41.6	40.0	38.6
22	0.8269	1.660	48.0	42.0	40.0	39.3
23	0.8653	1.933	48.0	48.0	42.0	45.6
24	0.9038	2.29	49.0	49.8	46.2	47.2
25	0.9423	2.822	61.3	56.9	49.0	51.8
26	0.9807	3.937	63.6	59.2	73.7	96.5
<i>Pjmax</i>	/	/	35.06	34.61	31.41	29.75
δ	/	/	13.77	11.37	12.21	18.21
<i>C.V</i>	/	/	0.39	0.33	0.38	0.61

Tableau n=°21b

Répartition statistiques des pluies journalières
Maximum (Bassin Oued Meskiana)
 « Loi de Gumbel ».

<i>Rang</i>	<i>Fréquence</i>	<i>Variable réduite de Gumbel</i>	<i>Meskiana</i>	<i>Rihia</i>	<i>Ain Dhalaa</i>
1	0.0192	1.374	13.0	13.5	10.0
2	0.0576	-1.048	17.0	15.5	12.5
3	0.0961	-0.851	17.1	18.0	16.4
4	0.1346	-0.695	18.1	20.0	18.0
5	0.1730	-0.562	18.7	20.0	18.7
6	0.2115	-0.440	19.0	22.0	18.8
7	0.2500	-0.326	20.0	22.2	20.3
8	0.2884	-0.217	20.2	24.6	21.8
9	0.3269	-0.111	21.0	26.5	22.0
10	0.3653	-0.007	21.5	27.8	22.6
11	0.4038	0.097	22.6	28.0	22.7
12	0.4423	0.203	23.0	28.0	23.3
13	0.4807	0.311	24.5	28.5	24.6
14	0.5192	0.422	25.2	29.5	24.6
15	0.5576	0.537	26.8	32.0	26.3
16	0.5961	0.659	27.6	32.0	27.5
17	0.6346	0.787	32.0	32.0	28.0
18	0.6730	0.926	32.4	33.0	28.0
19	0.7115	1.077	32.5	34.0	28.0
20	0.7500	1.245	34.5	35.1	30.0
21	0.7884	1.436	34.8	37.0	30.5
22	0.8269	1.660	36.4	38.0	38.8
23	0.8653	1.933	37.0	45.0	41.0
24	0.9038	2.29	44.0	45.8	42.0
25	0.9423	2.822	54.0	54.0	57.4
26	0.9807	3.937	58.2	66.0	57.4
<i>Pjmax</i>	/	/	28.11	31.07	27.35
δ	/	/	11.24	11.83	11.69
<i>C.V</i>	/	/	0.40	0.38	0.42

II.1.3 Le régime thermique (Température et leurs nuances) :

La température est le paramètre le plus important. Autrement dit le but de l'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, parce qu'elle permet d'évaluer le déficit de l'écoulement dans le bassin versant. Elle régit en interaction avec les autres facteurs météorologiques (insolation, vitesse du vent, précipitation). On notera que les observations de mesures thermométriques constituent un handicap sérieux dû au manque de stations. En fait, il existe des stations pour lesquelles on dispose des données de références caractérisant le bassin. Les données disponibles, malgré leur breveté, font ressortir des oscillations thermiques très accusées, en un climat semi aride réparti en deux saisons bien tranchées en été chaud et en hiver froid.

Ainsi que la station de *Tébessa* possède des relevés de températures, que nous avons pu mettre à jour à partir d'archives disponibles trouvées à la subdivision de *Tébessa*. Contrairement aux précipitations, les saisons thermiques semblent bien tranchées. La saison chaude s'étend de *Mai* à *Septembre*, mais pendant lesquels les températures mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle alors que la saison froide correspond à *Décembre*, *Janvier*, *Février*. Le maximum de température est atteint en *Juillet* et *Août* avec une moyenne de $27c^{\circ}$, alors que le minimum d'environ $-0,07c^{\circ}$ se situe en *Novembre* cette division de l'année en deux saisons thermiques, qui est mise en évidence par une détermination des mois humides et secs. Le régime des bassins connaît, toutefois, des nuances régionales qui peuvent être déterminée par les valeurs de températures moyennes, annuelles et mensuelles que par celles de l'amplitude thermique.

II.1.3.1 Etude des variations de températures:

a) Courbe des minimas (m) (Fig n=°19) :

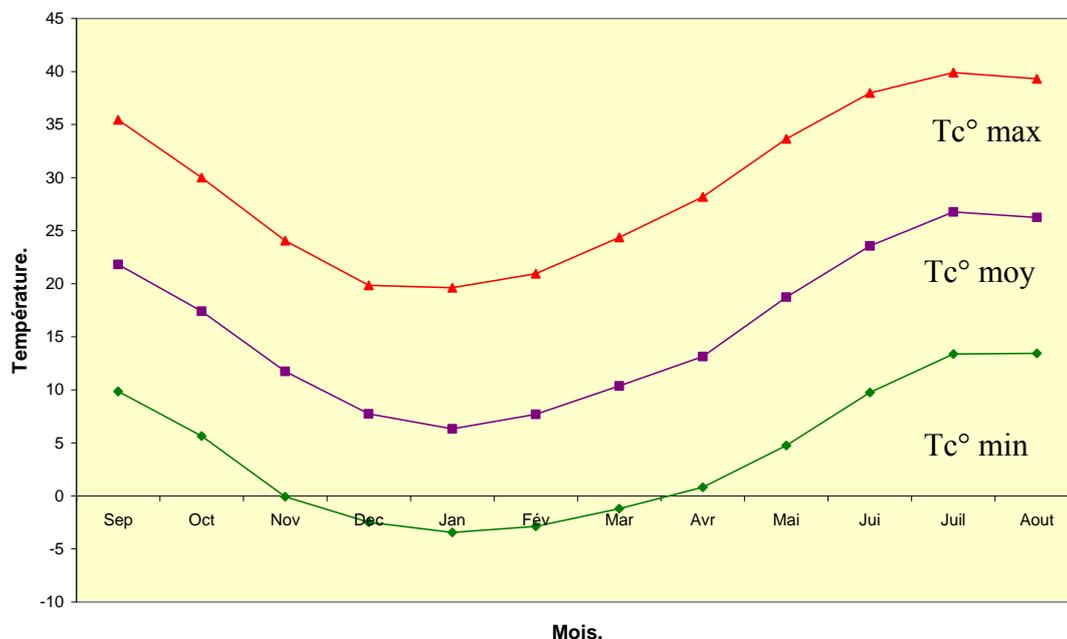
Au courant de l'année, les minimas passent de $-3,45c^{\circ}$ à $13,44c^{\circ}$, avec un minima absolu au mois de *Janvier*.

b) Courbe des maximas (M) (Fig n=°19) :

On observe un minima au mois de *Janvier* ($-3,45c^{\circ}$) et un maxima au mois de *Juillet* avec ($39,91c^{\circ}$).

Fig n=° 19

Température mensuelle station Tébessa.



II.1.3.2 Température moyenne :

On peut constater un minimum au mois de Janvier et un maximum au mois de *Juillet*. Du mois de *décembre* au mois de *Mars* les températures restent inférieures à $11c^{\circ}$. Donc le mois de Janvier est le plus froid tandis que le mois de *Juillet* est le plus chaud (Tableau n=°22). Un des points essentiels, qu'il faut retenir de cette étude, est la division de l'année en deux saisons thermiques:

*La saison chaude s'étend de *Mai* à *Octobre*, mais pendant les quels les températures moyennes sont supérieures à la moyenne annuelle qui est de $15c^{\circ}$, avec un maximum en *Juillet* ou *Août*, qui atteint la valeur de $26c^{\circ}$, alors que la saison froide correspond à *Novembre* jusqu'à *Avril*, avec un minimum en *Janvier* $-3,45c^{\circ}$.

*La diminution de *Nord* vers le *Sud* des températures pour le bassin est liée essentiellement à l'altitude, mais aussi à cause de l'effet de la continentalité dans la région des hautes plaines.

*L'amplitude thermique annuelle atteint $23c^{\circ}$, ce qui confirme la continentalité marquée de ce bassin. (Tableau n=°23).

Tableau n=°22

Estimation de la température moyenne, mensuelles
Pour la station de Tébessa.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Ans
T moy	21.82	17.41	11.73	7.74	6.33	7.68	10.37	13.13	18.75	23.56	26.78	26.25	15.96

Tableau n=°23

Régime thermique mensuel de la station de Tébessa
Et à l'altitude moyenne du bassin.

Mois	Tébessa			
	Tc° min (m).	Tc° max (M).	Amplit (M-m).	Tc° moy $\frac{M+m}{2}$
S	9.85	35.46	25.61	22.65
O	5.65	30.00	24.35	17.82
N	-0.06	24.06	24.12	12.00
D	-2.47	19.84	22.31	8.68
J	-3.45	19.62	23.07	8.08
F	-2.87	20.95	23.82	9.04
M	-1.20	24.37	25.57	11.58
A	0.81	28.19	27.38	14.5
M	4.76	33.66	28.91	19.21
J	9.76	37.97	28.21	23.86
J	13.38	39.91	26.53	26.64
A	13.44	39.33	25.89	26.38
T moy	3.96	29.45	25.49	16.70

II.1.3.3 Les autres paramètres climatiques (Facteurs climatiques) :

Les données d'observation des autres paramètres climatiques, sont fournies par la station météorologique de *Tébessa*.

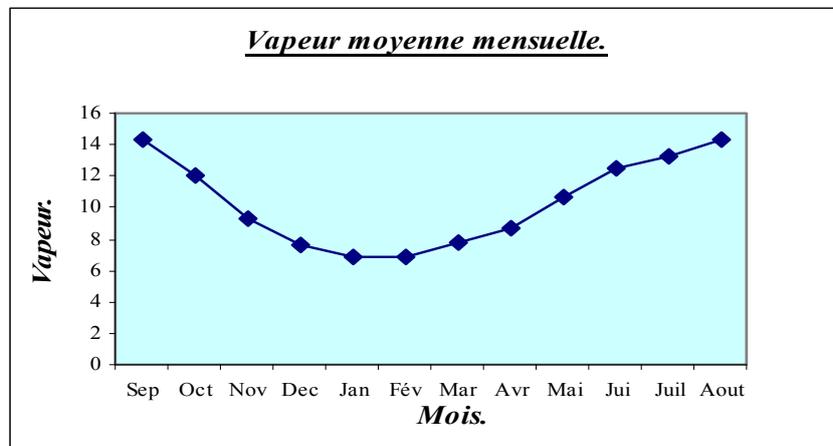
A) La neige :

A propos de la neige, les stations qui sont disponibles se limitent au nombre annuel de jour de chutes de neiges et la durée de l'enneigement au sol (série de *P. Seltzer*). Le nombre mensuel de jours où il a neigé (série *O.N.M*), globalement la durée de l'enneigement sera faible à l'échelle du bassin.

(Tableau n=°24) (Fig n=°20).

Fig n=° 20

Les facteurs climatiques.



B) La gelée :

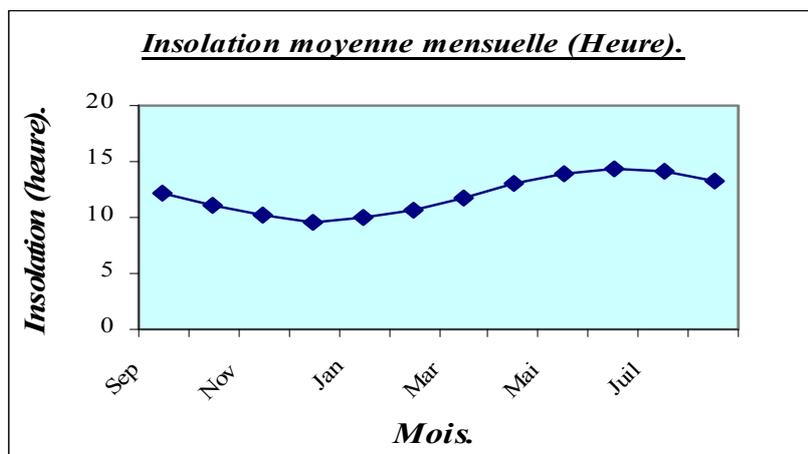
La gelée a une fréquence moyenne de *32 jours/ans*, avec un maximum au mois de *Janvier* environ de *13 jours/ans* et une absence totale de la gelée pour la période du mois d'*Avril* jusqu'au mois d'*Octobre*. (Tableau n=°24).

C) L'insolation :

La moyenne de l'insolation mensuelle effective est de *12 jours*, le point maximum est enregistré en *Juin* avec *14 jours* et le minimum environ de *9 jours* en *Décembre*. (Tableau n=°24) (Fig n=°20).

Fig n=° 20

Les facteurs climatiques.

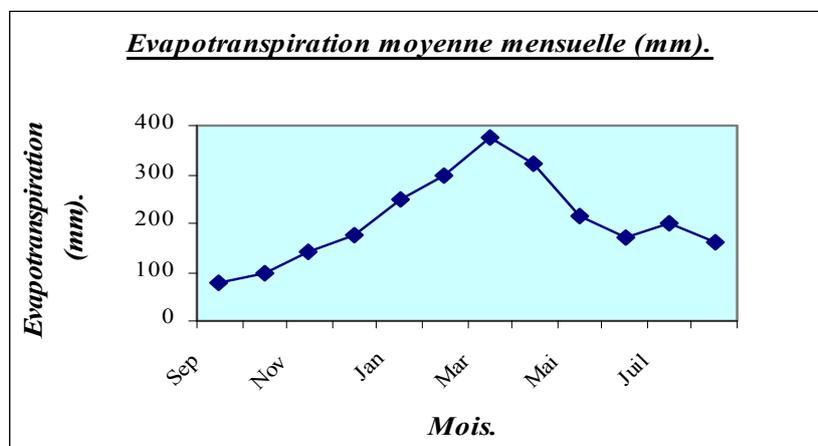


D) L'évaporation :

La mesure de l'évaporation sera faite par l'utilisation d'un évapomètre de type (B.A.C), elle atteint ses valeurs (chiffres) plafond pendant toute la saison chaude, la valeur maximale est de 374,10mm au mois de *Juillet*, par contre l'évaporation moyenne annuelle est de 206mm. (Tableau n=°24) (Fig n=°20).

Fig n=° 20

Les facteurs climatiques.

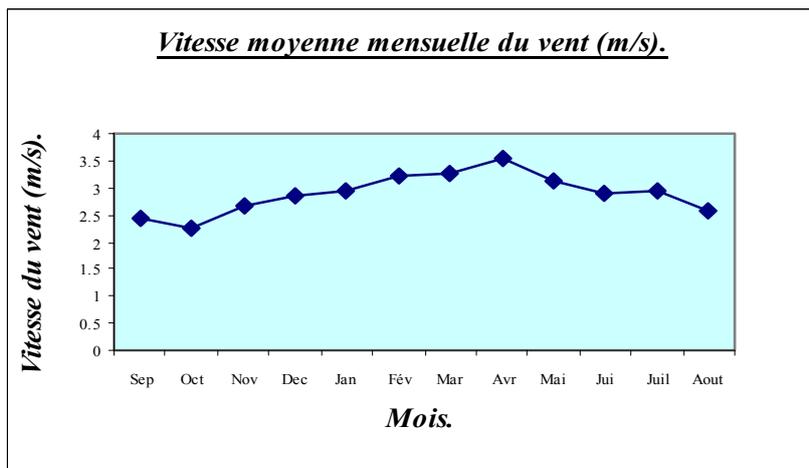


E) Le régime du vent :

Dans notre site d'étude (Bassin de la *Medjerda*) les vents qui sont dominants sont ceux provenant d'Ouest-Nord-Ouest de *Novembre* à *Avril* et du *Sud* plus significatifs de *Mai* à *Juillet*. Les vents sont actifs (fréquents) pendant la période hivernale, leurs vitesse moyenne maximale et de 6/10 m/s avec 27m/s au mois de *Février*. Ils sont relayés par les vents du *Sud* pendant toute la saison estivale, les vents chauds et secs provoquent un abaissement simultané de l'humidité atmosphérique et une augmentation brutale de la température ce qui indique une augmentation de l'évapotranspiration. (Tableau n=°24) (Fig n=°20).

Fig n=° 20

Les facteurs climatiques.

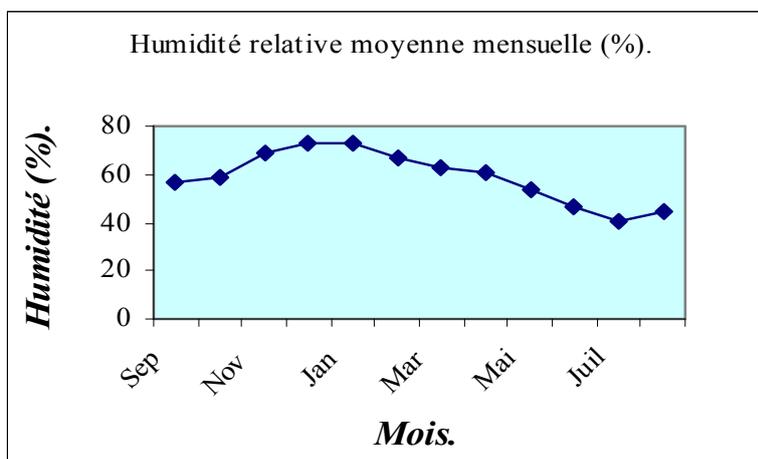


F) L'humidité relative :

L'humidité relative est le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau à l'aire humide et la pression de saturation, à la même température. Elle dépasse les 50% pendant 8 mois, avec un maximum 73,1% en saison hivernale alors qu'elle est inférieure à 50% pendant la saison estivale (Juin, Juillet, Août), avec un minimum en Juillet 40,33%. (Tableau n=°24) (Fig n=°20).

Fig n=° 20

Les facteurs climatiques.



II.1.3.4 Détermination des caractéristiques climatiques :

La caractérisation globale du climat doit être exprimée par des indices caractéristiques faisant appel à l'humidité et à la température.

A) Les indices climatiques :

a) L'indice d'aridité de Martonne :

Cet indice prend en compte les précipitations annuelles P et les températures annuelles moyennes T .

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad \text{Avec :}$$

P : précipitations annuelles moyennes (mm).

T : températures annuelles (°C).

La station de *Tébessa* : $I = 18,90$.

Pour *Tébessa* enregistre la valeur $18,90$ spécifique à un climat de type *semi-aride* (Fig n°21).

Fig n° 21

Diagramme ambrothermique station Tébessa.

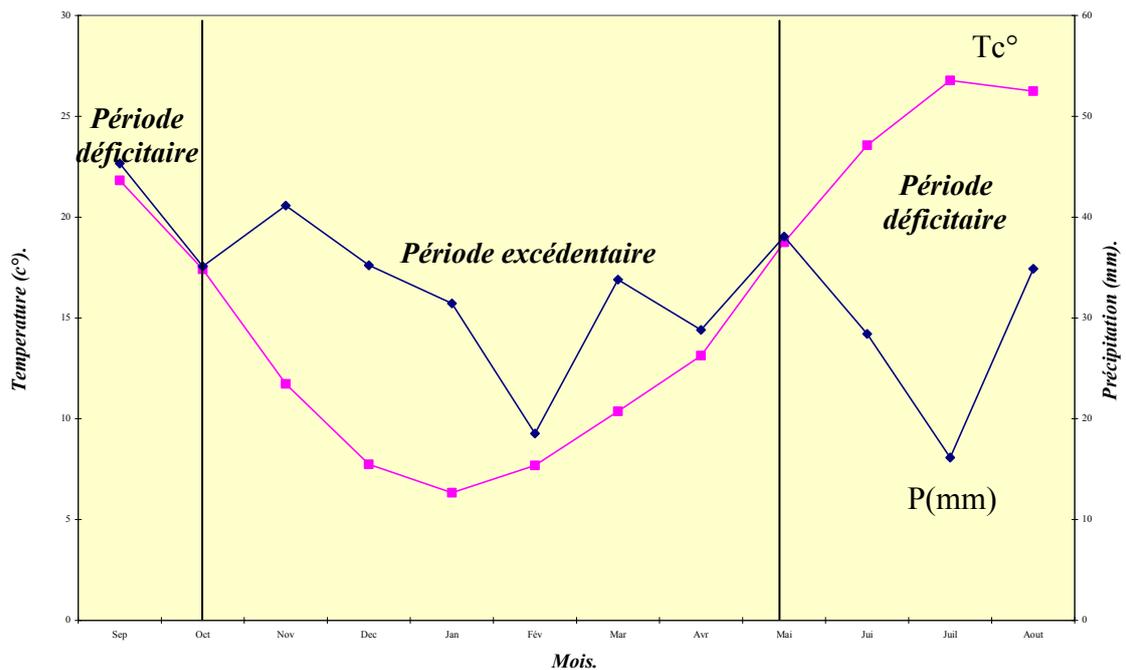


Tableau n=°24

Données d'observation des autres paramètres
Climatiques station Tébessa.

Insolation théorique (2I) moyenne mensuelle (heure)

<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>
12.27	11.16	10.17	9.65	9.92	10.76	11.83	12.95	13.88	14.36	14.13	13.33
368.13	345.84	305.10	299.25	307.39	301.22	366.76	388.39	430.35	430.65	438.17	413.24

Evapotranspiration moyenne mensuelle (mm).

<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>
214.58	170.18	200.99	163.01	76.54	96.31	140.53	176.01	247.52	298.15	374.10	320.48

Humidité relative moyenne mensuelle (%).

<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>
57.12	58.5	69.22	73.1	73.08	67.31	63.27	60.7	53.58	46.53	40.33	44.07

Vapeur moyenne mensuelle

<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>
14.28	12.08	9.33	7.63	6.91	6.82	7.8	8.70	10.67	12.50	13.19	14.38

Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s).

<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>
2.45	2.26	2.67	2.83	2.92	3.22	3.26	3.52	3.11	2.91	2.93	2.57

b) L'indice d'aridité mensuel :

Pour mieux préciser l'évolution des conditions climatiques au cours de l'année.

Martonne a proposé un indice mensuel ($I = 12P/T + 10$) avec :

P : précipitations mensuelles moyennes (mm).

T : températures mensuelles moyennes (c°).

Pour la station (Tébessa) nous aurons le (Tableau n=°25).

Tableau n=°25

Indice d'aridité mensuelle.

<i>I</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>
I	14.90	12.91	19.12	17.10	19.5	19.84	28.01	17.35	17.22	10.09	3.70	9.40

D'après la classification de **Martonne** on peut dire :

Au mois de *Juillet*, le climat est hyperaride

Au mois d'*Août*, le climat est désertique.

Au mois de *Janvier, Février, Avril, Mai, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre, Juin*, le climat est **semi-aride**. En fin, au mois *Mars*, on a un climat tempéré à drainage extérieur.

c) Calcul des coefficients pluviométriques :

Ces coefficients définis pour la première fois par « *Angot* » en 1895, s'expriment par la relation:

$$CP = \frac{365 \cdot P_i}{P \cdot n_i}$$

CP : renseigne sur le caractère plus ou moins pluvieux du mois considéré sur l'ensemble de l'année. (Tableau n=°26).

P : précipitations moyennes annuelles.

P_i : précipitations du mois de rang *i*.

N_i : nombre de jours du mois.

On peut écrire la formule précédente sous la forme :

$$CP = \frac{365}{n_i} \frac{P_i}{P} = K \frac{P_i}{P}$$

Tableau n=°26

Le coefficient pluviométrique.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<i>C_i</i>	0.94	0.91	1.11	0.79	0.85	1.04	1.49	1.08	0.88	0.37	0.89	1.25

Saison humide : *CP* *SH*= 7.27

Saison sèche : *CP* *SS*= 4.33

$$R = \frac{CP_{SS}}{CP_{SH}} = \frac{4,33}{7,27} = 0,6$$

Nous obtenons une valeur proche de l'unité, ce qui nous amène à dire qu'on est en présence d'un climat *semi continental*. Ce qui implique que l'influence de la mer est faible.

II.1.3.5 Le bilan climatique de la zone d'étude :

A) Evapotranspiration et déficit en écoulement :

L'évapotranspiration est un phénomène complexe regroupant à la fois des processus de transpiration physique de l'eau contenue dans le sol et des processus de transpiration correspondant à l'utilisation de l'eau atmosphérique et de l'eau du sol par les végétaux. On distingue :

*Une évapotranspiration potentielle *ETP*.

*Une évapotranspiration réelle *ETR*.

B) Estimation de l'ETP :

L'évaluation de l'évapotranspiration potentielle est une opération complexe. De nombreux chercheurs ont mené des travaux sur les questions ; leurs méthodes diffèrent les unes des autres en fonction des paramètres introduits dans l'évaluation. Certaines méthodes s'appliquent assez bien à nos régions, d'autres sont peu conformes. Nous essayerons d'utiliser celles qui nous paraissent les mieux adoptées.

a) Méthode de Turk :

En se basant sur des cases hypsométriques, implantées sur 258 bassins dans le monde. *Turk* à établi la relation suivante : (les résultats sont obtenus dans l'annexe n=°3).

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec :

P : précipitations moyennes annuelles.

L : pouvoir évaporant ($L = 300 + 25T + 0,05T^2$).

T : températures moyennes annuelles en c° .

b) Méthode de Thornthwaite :

La méthode de *Thornthwaite* a été établie en se basant sur de nombreuses expériences, remarque que cette méthode est inégalement valable selon les zones climatiques. L'*ETP* au niveau de cette formule sera calculé en fonction de la température à condition de considérer des surfaces suffisamment étendues et des pas de temps assez longs. (Tableau n=°27) (Annexe n=° 3).

$$ETP = 1,6 \left(10 \frac{t}{I} \right)^a$$

ETP : évapotranspiration potentielle, mensuelle en cm pour 1 mois avec durée d'ensoleillement de 12 heures.

t : température moyenne mensuelle en c° pour le mois considéré.

I : indice thermique annuel égal à la somme des 12 indices mensuels.

i : indice thermique mensuel tiré d'abaque

a : indice calculé à partir de la formule suivante :

$$a = \frac{1,6}{100} I + 0,5$$

c) Méthode de Blanney-Cridle :

Cette formulation s'effectue en deux temps : le premier concerne uniquement le terme climatique de l'*ETP*, tandis que le second introduit les coefficients culturaux pour obtenir à l'*ETP* de culture, d'après (*Blanney-Cridle*) (Annexe n=°3). L'*ETP* est calculé selon la formule suivante :

$$ETP = K.F$$

K : coefficient cultural qui varie entre 0,50 et 1,20 pour différentes cultures et diverses Zones climatiques.

F : force évaporant qui dépend de la température moyenne mensuelle et du rapport d'éclairement h/h (%).

P : rapport de la durée de l'écoulement mensuelle en %

t : température moyenne mensuelle en ($^{\circ}$).

d) Méthode de Coutagne :

Le déficit d'écoulement équivalent de l'évapotranspiration réelle est donné par l'expression :

$$ETR = P - \lambda p^2$$

P : précipitation moyenne annuelle de la station en (m).

λ : indice lié à la température.

T : température moyenne annuelle en $^{\circ}$ ($T=15,96^{\circ}$)

e) Méthode de Wunot :

Le diagramme de *Wunot* modifié par *Coutagne* donne le déficit d'écoulement que l'on peut assimiler à l'*Est*, en fonction de la température moyenne et des précipitations annuelles.

f) Méthode de Verdeil :

P. Verdeil établi un abaque pour le calcul du déficit d'écoulement en *Algérie*, cet abaque est applicable jusqu'à 600mm de précipitation.

Formule de Turk :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Comparaison entre les formules :

Les valeurs de l'évapotranspiration réelle et potentielle obtenue par les différentes méthodes sont présentées dans le (Tableau n=°27).

Tableau n=°27

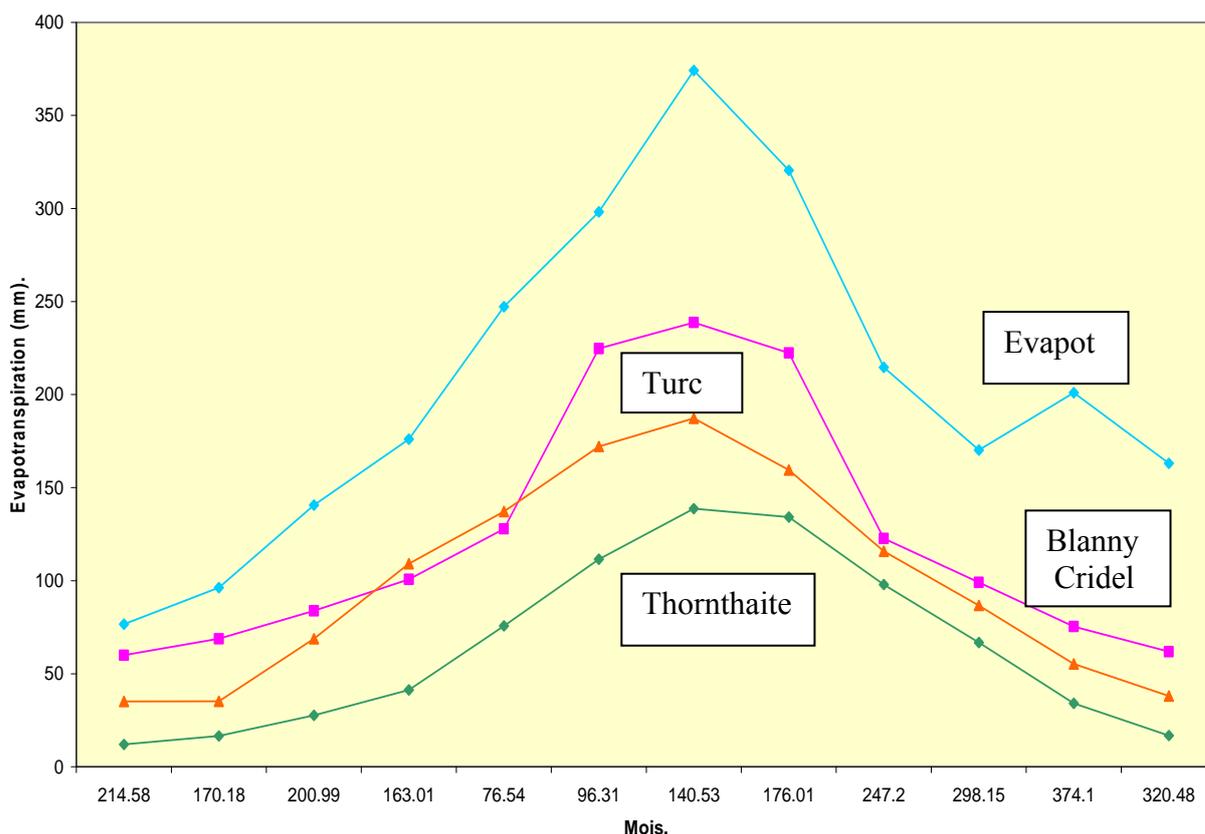
Les valeurs de l'évapotranspiration réelle et potentiel.

Méthode	P%	ETP	ETR
Turk	96,05	1199,84	371,64
Blanny-Cridel	100	1485,4	386,91
Thornthwaite	86,28	773,04	333,86
Coutagne	87,23	/	337,51
Wundt	89,32	/	345,59
Verdeil	102,70	/	397,38

L'ETR varie entre 330 et 400 mm, les valeurs les plus élevées sont données par la méthode de **Verdeil**, **Blanny-Cridel** et aussi par celle de **Turk**. D'après les résultats obtenus, on estime que la méthode de **Thornthwaite** donne des valeurs proches de la réalité, ce qui va nous amener au calcul du bilan en utilisant les résultats donnés par **Thornthwaite**. Pour la station : l'ETR annuelle est de 333,86 mm soit 86,28% des précipitations, la RFU atteint son maximum au cours des mois de *Janviers, Février et Mars, Novembre, Décembre, Avril*. L'excédent qui est de 16,88 mm apparaît sur trois mois *Janvier, Février et Mars*. (Fig n=°22).

Fig n=° 22

Courbes d'évapotranspirations mensuelles station Tébessa.



C) Bilan Hydrologique :

L'équation du bilan d'après « **Thornthwaite** » exprimant l'égalité des pertes et des gains qui est définie comme suit :

$$P = ETR + R + I.$$

P : précipitations moyennes annuelles en (mm).
 ETR : évapotranspiration réelle annuelle en (mm).
 R : lame ruisselée en (mm).
 I : lame infiltrée en (mm).

a) Ruissellement de surface :

Le ruissellement est l'écoulement instantané et temporaire des eaux sur un versant, à la suite d'une averse d'après la formule de (Tixeront-Berkaloff) , peut être estimé selon la formule suivante :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2} .$$

R : ruissellement en (mm).
 P : précipitations moyennes annuelles en (mm).
 ETP : évapotranspiration potentielle en (mm).

$$R = 32,31 \text{ mm.}$$

b) L'infiltration :

L'infiltration représente la quantité d'eau qui pénètre dans le sol et le sous-sol pour alimenter les aquifères. Le paramètre est difficile à évaluer car, il échappe aux mesures directes, grâce à l'équation du bilan hydrique on peut déduire les infiltrations :

$$\begin{aligned}
 P &= ETR + R + I. \\
 I &= P - (ETR + R).
 \end{aligned}$$

I : infiltration en (mm).
 P : précipitations annuelles en (mm). R : ruissellement de surface en (mm).
 ETR : évapotranspiration réelle en (mm).

$$I = 20,74 \text{ mm.}$$

II.2 Hydrologie :

II.2.1 Le réseau hydrométrique et les données d'observation des débits :

Le comportement hydrologique d'un cours d'eau est lié à la diversité des facteurs physico géographiques analysés dans les chapitres précédents, et dont la dominance a trait, comme on l'a vu aux facteurs climatiques. En ce qui concerne l'étude des débits, nous nous sommes basés sur les données de la station d'El Aouinet et celle d'Ouenza. En ce qui concerne la station de Meskiana elle a été abandonnée après des années courtes de fonctionnement, les hauteurs d'eau étaient relevés au moyenne d'un liminigraphe, les débits instantanés étaient levés à l'aide d'un déversoir.

II.2.1.1 Choix de l'année hydrologique :

Le choix des limites de ce cadre temporel de base est délicat car il faut tenir compte de la combinaison des principaux termes du cycle annuel de l'eau : les précipitations, l'évapotranspiration et l'écoulement. Toutefois, en Algérie, l'année hydrologique adoptée par les services de l'hydraulique correspond à l'année climatique définie précédemment (*Septembre Août*). Une année hydrologique comptée de *Novembre à Octobre* semble plus convenable au niveau de nos sous bassins.

Cette année hydrologique est assez bien adoptée au régime thermique qui se traduit par une saison froide de *Novembre à Avril* et par une saison chaude de *Mai à Octobre*. C'est plutôt un découpage annuel de façon globale. Il en est de même pour l'écoulement de surface, car les précipitations de *Septembre* et *Octobre* ne provoquent pas efficacement le ruissellement, non seulement en raison de l'évapotranspiration encore élevée en cette période mais aussi de la dessiccation profonde des sols se traduisant par une forte capacité de rétention capillaire. (Fig n=°23).

II.2.2 Débits moyens annuels :

En notera que tous les types d'écoulement sont intégrés par l'écoulement pluvial concentré et qui s'enchaînent dans le temps et dans l'espace. Il traduit le comportement hydrologique du bassin versant de la *Medjerda* selon l'observation du volume global de l'eau qui s'écoule à l'exutoire. Nous n'effectuerons pas une extension des données hydrométriques (maximisation intronisée que de l'information au sens de *P. Dubreuil (1974)* car il semble préférable de baser notre analyse sur des données réellement observées et non théoriquement extrapolées, d'autant plus que l'étendue des échantillons et la forte irrégularité du régime hydrologique des bassins ne justifient guère une telle opération. (Fig n=°24).

II.2.2.1 Variations des débits annuels moyens bruts (m³/s) :

La série de données hydrométriques à la station de *Meskiana* est trop courte et l'absence d'une station hydrométrique, à partir des données climatiques disponibles et certains paramètres de forme, nous conduisent à utiliser des formules empiriques qui permettent d'évaluer l'écoulement moyen annuel. L'analyse des résultats est présentée dans le (*Tableau n=°28*). Nous remarquons qu'il y'a un écart très important entre les formules, et celle de « *Coutagne* ».

$$\begin{aligned} Le &= (0.164 - 0.00145V_s)P^2 \\ Q &= \frac{Le.S.10^{-3}}{31536} \end{aligned}$$

Le : la lame d'eau annuelle écoulée en *mm*.

Q : le débit moyen annuel en *l/s*.

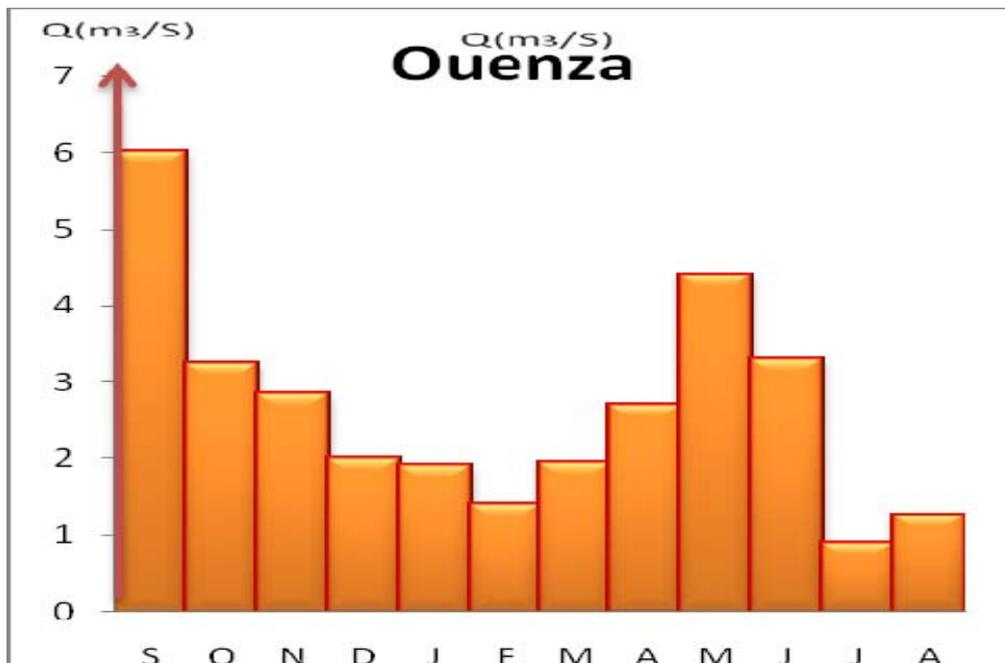
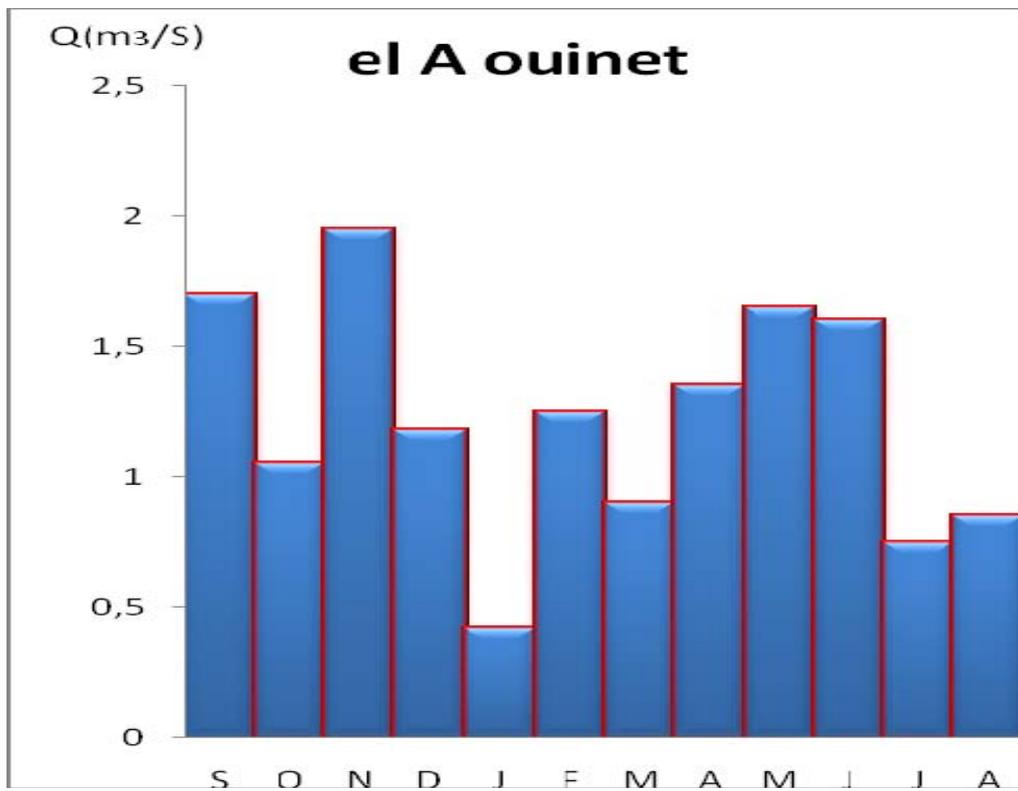
S : superficie du bassin versant en *km²*.

P : la pluie moyenne annuelle en *m*.

Cette formule a donnée des valeurs plus proches de la réalité, le débit estimé pour les deux bassins selon la formule de *Goutagne* sont respectivement de *2.96 m³/s* et *1.23 m³/s*.

Fig n=° 24

Les variations mensuelles des débits moyens.



II.2.2 Variations des débits annuels moyens spécifiques (l/s/km²) :

Afin de mieux cerner la variation de l'écoulement dans les bassins, nous utiliserons les modules spécifiques. L'abondance spécifique des bassins varie d'une part en fonction de la distribution des précipitations et aussi en fonction des caractéristiques physiographiques de chaque bassin, à savoir la lithologie, le couvert végétal. C'est donc un élément purement géographique. Par ailleurs, le bilan hydrologique suppose l'unification des différentes unités utilisées dans ce bilan, l'unité adéquate la plus utilisée est la lame d'eau en millimètre selon la formule suivante :

$$E \text{ (mm)} = \frac{Q_{cm^3/s} - 31.54.10^3}{S(km^2)}$$

E : la lame d'eau annuelle écoulée.

S : la superficie du bassin.

Q : le débit absolu.

Tableau n=°28

La lame moyenne annuelle écoulée et l'apport moyen annuelle (Estimation d'après les formules empiriques).

<i>Formule</i>			<i>Mellegue Amont</i>		<i>Meskiana</i>	
			<i>Le (mm)</i>	<i>A (hm³)</i>	<i>Le (mm)</i>	<i>A(hm³)</i>
<i>A.N.R.H</i>	$Le = 0.915.P^{2.684} S^{-0.158} 10^3$ $A = Le. S. 10^{-3}$	<i>P(mm)</i> <i>S(km²)</i>	76.55	116.04	69.78	129.37
<i>Samie</i>	$Le = P^2(293 - 2.2\sqrt{S})$ $A = Le. S. 10^{-3}$	<i>P(mm)</i> <i>S(km²)</i>	12.60	19.10	16.24	30.11
<i>Coutagne</i>	$Le(0.164 - 0.00145V_s)P^2$ $A = Le. S. 10^{-3}$	<i>P(mm)</i> <i>S(km²)</i>	53.19	80.64	48.49	89.90
<i>Mallet Gautier</i>	$Le = 0.6P(1 - 10^{-0.36} P^2) 10^3$ $A = Le. S. 10^{-3}$	<i>P(mm)</i> <i>S(km²)</i>	20.69	31.23	12.68	23.50
<i>Algirienne</i>	$Le = P(1 - 10 - KP^2) 10^3$ $A = Le. S. 10^{-3}$	<i>P(mm)</i> <i>S(km²)</i>	22.21	33.67	24.37	45.18

A) *Les modules spécifiques et absolus :*

Vu que les débits moyens annuels dans le bassin de la *Medjerda* se caractérisent par des nuances spatiales remarquables (Tableau n=°29).

Tableau n=°29

Les modules absolus et spécifiques.

<i>Oued</i>	<i>Station</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>Débit Absolu (m³/s)</i>	<i>Débit Spécifique l/s/km²</i>	<i>Lame Ecoulée (mm)</i>	<i>Lame Précipitée (mm)</i>
<i>Meskiana</i>	<i>El Aouinet</i>	1854	1.23	0.66	48.49	374.6
<i>Mellegue</i>	<i>Ouenza</i>	1516	2.96	1.95	53.19	381.7

L'Oued Mellegue se caractérise par une variation spatiale de débits spécifiques 2 l/s/km^2 , il passe au niveau du bassin *Meskiana* à 1 l/s/km^2 . Ceci s'explique par les vents chauds et secs d'une direction *Ouest-Nord-Ouest* qui provoquent un abaissement de l'humidité et une augmentation sensible et brutale de la température, ce qui indique une augmentation de l'évapotranspiration. Il est à noter que les valeurs des débits annuels absolus sont des valeurs estimées par la formule de *Gautagne* ; ($2.96 \text{ m}^3/\text{s}$) à la station de *Ouenza* et de $1.23 \text{ m}^3/\text{s}$ à la station d'*El Aouinet*. Ceci s'explique par la diminution progressive de l'écoulement du *Nord* au *Sud* et qui concorde avec les différentes caractéristiques climatiques et physico géographiques.

B) Bilan moyen annuel et déficit d'écoulement :

Le coefficient d'écoulement (*C.E*) c'est le rapport entre la lame d'eau écoulée et la lame d'eau précipitée. Il reflète l'interaction des divers facteurs physiques. Il influe sur l'écoulement et sert à comparer des bassins d'étendues différentes. D'après les résultats constatés, on trouve que le coefficient d'écoulement est élevé (*plus de 13%*), ceci s'explique par la dégradation du couvert végétal et la nature lithologique qui favorise l'écoulement dans les secteurs du (*Mellegue Amont*). En revanche, le bassin de (*Meskiana*) présente un coefficient qui passe *12%*.

a) La lame d'eau écoulée :

Dans le bassin d'Oued *Mellegue Amont* la lame d'eau dépasse les *53 mm*, mais au niveau du bassin de *Meskiana* la lame d'eau enregistre *48 mm*. Cette lame d'eau écoulée est plus faible par rapport à la hauteur pluviométrique moyenne annuelle du bassin ce qui veut dire qu'il ya une forte évapotranspiration dans ce bassin.

b) Le déficit d'écoulement :

L'étude du déficit montre la différence entre la hauteur d'eau reçue par un bassin en une période considérée et l'écoulement dans l'Oued de ce bassin pendant cette même période. On peut conclure aussi qu'il permet d'apprécier les pertes d'eau (*Tableau n=°30*). Le déficit d'écoulement oscille au niveau du bassin de *Mellegue* et de *328.51 mm* et à *Meskiana* de *326.11 mm*. Les variations entre les sous bassin mettent bien en valeur le rôle déterminant des températures et par conséquent l'évaporation.

Tableau n=°30

Le bilan hydrologique moyen.

<i>Bassin</i>	<i>Station</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>Bilan hydrologique</i>			
			<i>P(mm)</i>	<i>Q(mm)</i>	<i>E(mm)</i>	<i>C.E(%)</i>
<i>Meskiana</i>	<i>El Aouinet</i>	<i>1854</i>	<i>374.6</i>	<i>48.49</i>	<i>326.11</i>	<i>12.94</i>
<i>Mellegue</i>	<i>Ouenza</i>	<i>1516</i>	<i>381.7</i>	<i>53.19</i>	<i>328.51</i>	<i>13.93</i>

II.2.3 Débits moyens mensuels et saisonniers :

L'analyse des débits moyens mensuels permet de mettre en évidence les régimes des cours d'eau et leurs variations *inter-annuelles* ou *inter-saisonnières* et parmi les régimes les plus répandus et qui peuvent traduire les divers critères, c'est celui des coefficients mensuels des débits (*C.M.D*).

II.2.3.1 Coefficient mensuel de débits :

Les coefficients mensuels, pris pour l'unité, ont l'avantage de permettre la comparaison des variations saisonnières. Les (*C.M.D*) inférieures à l'unité correspondent aux mois de basses eaux et les (*C.M.D*) supérieures à l'unité représentent les mois de hautes eaux (*Tableau n°31*). Il y a une très grande irrégularité de l'écoulement dans les deux bassins de la **Medjerda (Meskiana et Mellegue Amont)**. A titre d'exemple, l'hydraulicité de 1973/1974 à **Ouenza (Mellegue Amont)** est très forte avec un $Ch = 3.67$, par contre, elle est modérée à **Meskiana** $Ch = 1.52$ (Ch : Coefficient d'hydraulicité).

Remarque que l'année de faible hydraulicité est celle de 1993/1994 avec un $Ch = 0.16$ qui correspond à un débit de $0.47 \text{ m}^3/\text{s}$. Le bilan de l'hydraulicité de l'**Oued Meskiana** est équilibré, (8) années sur (12) sont inférieures à la moyenne, l'année à forte hydraulicité est celle de 1976/1977 avec un $Ch = 2.13$ correspondant à un débit de $2.62 \text{ m}^3/\text{s}$, alors que les années 1974/1975, 1983/1984, 1984/1985 sont des années de faible hydraulicité et qui ont enregistré un $Ch = 0.48$ correspondant à un débit très faible $0.59 \text{ m}^3/\text{s}$. En fin, l'**Oued Mellegue Amont** a connu 34 ans dont l'hydraulicité est inférieure à la moyenne la plus faible a été atteinte en 1993/1994 avec un $Ch = 0.16$ correspondant à un débit de $0.47 \text{ m}^3/\text{s}$ et l'année la plus forte en hydraulicité est celle de 1973/1974 avec un $Ch = 3.67$ correspondant à un débit de $10.87 \text{ m}^3/\text{s}$.

II.2.3.2 Coefficient de variation :

L'irrégularité mensuelle et saisonnière des débits ressort parfaitement des valeurs calculées du (*CV*) pour les différentes stations et pour les différents mois de l'année. Il apparaît en effet que l'écoulement mensuel est extrêmement variable. La variabilité *inter-mensuelle* des débits est accentuée dans l'ensemble. Contrairement aux précipitations, la plus forte variabilité de l'écoulement fluvial concerne la période de saison froide ou de hautes eaux, ceci s'explique par l'importance et la fréquence élevée des crues en saison froide (*Tableau n°31*). D'une manière générale, les ressources en eau superficielle dans le bassin de **Meskiana** et le bassin de **Mellegue Amont** sont soumises à de très fortes variations *inter-annuelles* et saisonnières. Le régime d'écoulement est donc variable car dépendant du facteur climatique et du milieu physique qui correspond au bassin. Le régime d'écoulement est bien exprimé par la méthode géographique qui analyse l'évaluation des débits journaliers d'une année hydrologique réelle.

Par contre la méthode de *C.M.D* est basée sur le débit moyen mensuel, qui ne reflète pas la réalité de l'écoulement dans les différents Oueds. Le régime saisonnier de **Oued Meskiana** et **Oued Mellegue** qui est essentiellement pluvial, se fait sous forme de crue et il y'a une nette adaptation du régime hydrologique au régime pluviométrique.

Tableau n=°31

Débits moyens annuels, coefficient de l'hydraulicité,
Coefficient de variation.

Année	Ouenza			El Aouinet		
	Qmoy	Ch	C.V	Qmoy	Ch	C.V
70-71	0.9	0.30	0.72	/	/	/
71-72	2.81	0.95	1.25	/	/	/
72-73	5.68	1.92	1.62	/	/	/
73-74	10.87	3.67	0.18	0.49	0.39	1.77
74-75	2.35	0.79	1.83	1.08	0.87	1.73
75-76	2.92	0.98	1.16	1.80	1.46	0.83
76-77	2.95	0.99	1.33	2.62	2.13	0.97
77-78	1.51	0.51	1.89	1.87	1.52	0.96
78-79	1.83	0.62	2.14	0.86	0.69	1.90
79-80	3.15	1.06	2.46	1.22	0.99	2.13
80-81	1.23	0.41	0.04	0.89	0.72	1.81
81-82	2.68	0.91	2.15	1.55	1.26	1.97
82-83	0.00	0.00	0.00	1.09	0.88	1.35
83-84	1.46	0.49	2.06	0.60	0.48	1.65
84-85	2.39	0.81	1.17	0.70	0.57	1.51
85-86	1.30	0.44	1.83	/	/	/
86-87	2.06	0.69	1.21	/	/	/
87-88	3.06	1.03	1.62	/	/	/
88-89	2.42	0.82	1.58	/	/	/
89-90	5.80	1.96	1.27	/	/	/
90-91	5.27	1.78	1.20	/	/	/
91-92	1.59	0.54	1.42	/	/	/
92-93	1.12	0.38	1.12	/	/	/
93-94	0.47	0.16	1.37	/	/	/
94-95	2.03	0.68	2.56	/	/	/
95-96	9.89	3.34	1.97	/	/	/
96-97	0.55	0.18	1.24	/	/	/
97-98	2.34	0.79	1.30	/	/	/
98-99	2.66	0.89	1.49	/	/	/
99-00	4.73	1.59	2.01	/	/	/
00-01	1.50	0.51	1.39	/	/	/
01-02	2.41	0.81	1.01	/	/	/
02-03	4.14	1.39	1.26	/	/	/
03-04	4.69	1.58	1.67	/	/	/

II.2.4 Ajustement à une loi de Galton :

Pour mieux apprécier le phénomène d'irrégularité, il est nécessaire de faire une analyse statistique des apports liquides, et pour appréhender la place dynamique du régime hydrologique on utilisera la loi de « **Galton** » et la loi de « **Gumbel** » pour essayer de les ajuster à notre échantillon, on choisit pour ajuster les modules annuels de **l'oued Mellegue** et **Meskiana** en référence à la loi de **Galton**. (Tableau n=°32).

La loi de « *Galton* » est représentée par la formule suivante :

$$U = a \log(Q - Q_0) + b .$$

U : variable transformée qui s'apparente à la variable réduite de *Gauss*.

Q : variable d'origine.

Q_0 : paramètre de position.

Le graphique d'ajustement confirme l'adaptation de cette loi à la distribution statistique des débits annuels dans notre région. (*Fig n=°25*), (*Tableau n=°32*). Nous avons calculé pour l'ensemble des stations, les modules ayant une durée de récurrence de 2, 5, 20, 50 et 100 ans.

Fig n=° 25a Ajustement graphique des débits moyens annuels à une loi de Galton.

(Station Ouenza) Melle gue Amont

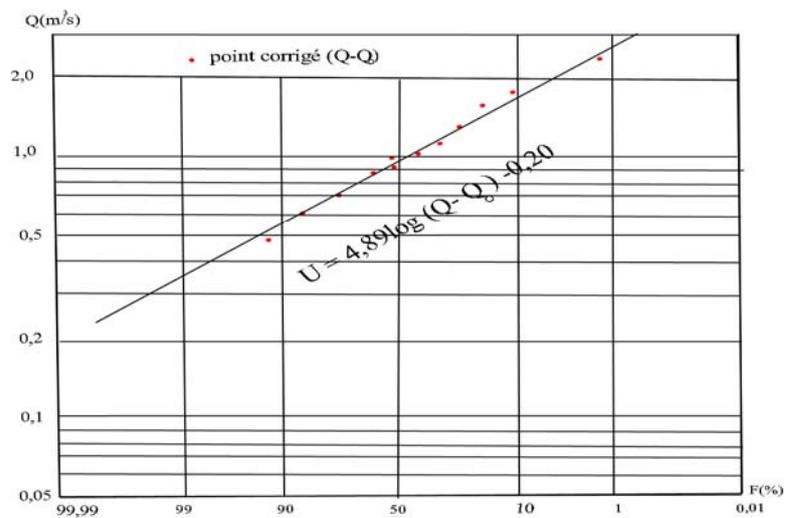
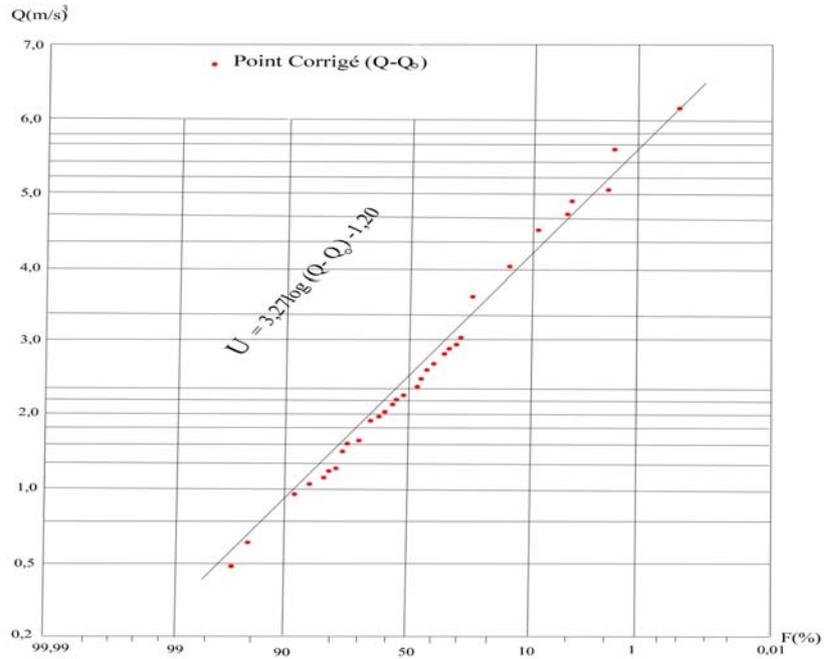


Fig n=° 25 b

Ajustement des débits journaliers max

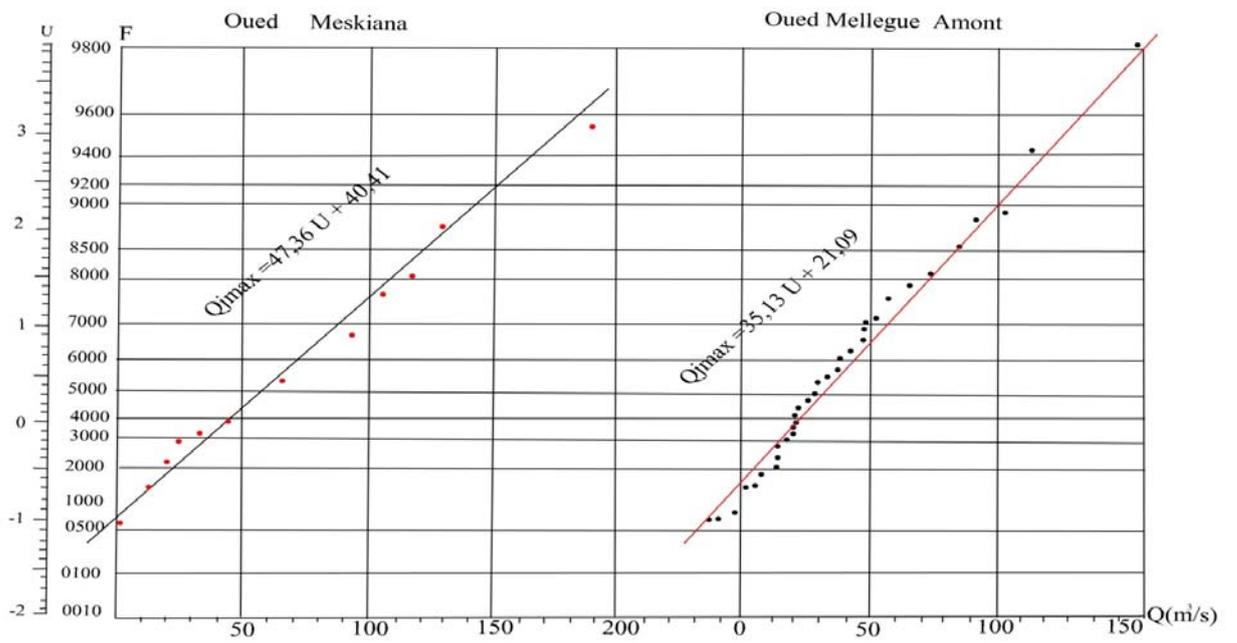


Tableau n=°32a

Fréquence expérimentale des débits moyens annuels.

<i>Station Ouenza</i>				<i>Station El Aouinet</i>			
<i>Rang</i>	<i>Débit m³/s</i>	<i>Année</i>	<i>Fréquence $F' = \frac{F - n - 0.5}{N}$</i>	<i>Rang</i>	<i>Débit m³/s</i>	<i>Année</i>	<i>Fréquence $F' = \frac{F - n - 0.5}{N}$</i>
1	10.87	73/74	0.0147	1	2.62	76/77	0.0416
2	9.89	95/96	0.0441	2	1.87	77/78	0.1250
3	5.80	89/90	0.0735	3	1.80	75/76	0.2083
4	5.68	72/73	0.1029	4	1.55	81/82	0.2916
5	5.27	90/91	0.1323	5	1.22	79/80	0.3750
6	4.73	99/00	0.1617	6	1.09	82/83	0.4583
7	4.69	03/04	0.1911	7	1.08	74/75	0.5416
8	4.14	02/03	0.2205	8	0.89	80/81	0.6250
9	3.15	79/80	0.2500	9	0.86	78/79	0.7083
10	3.06	87/88	0.2794	10	0.70	84/85	0.7916
11	2.95	76/77	0.3088	11	0.60	83/84	0.8750
12	2.92	75/76	0.3382	12	0.49	73/74	0.9583
13	2.81	71/72	0.3676				
14	2.68	81/82	0.3970				
15	2.66	98/99	0.4264				
16	2.42	88/89	0.4558				
17	2.41	01/02	0.4852				
18	2.39	84/85	0.5147				
19	2.35	74/75	0.5441				
20	2.34	97/98	0.5735				
21	2.06	86/87	0.6029				
22	2.03	94/95	0.6323				
23	1.83	78/79	0.6617				
24	1.59	91/92	0.6911				
25	1.51	77/78	0.7205				
26	1.50	00/01	0.7500				
27	1.46	83/84	0.7794				
28	1.30	85/86	0.8088				
29	1.23	80/81	0.8382				
30	1.12	92/93	0.8676				
31	0.9	70/71	0.8970				
32	0.55	96/97	0.9264				
33	0.47	93/92	0.9558				
34	0.00	82/83	0.9852				

Tableau n°32b

Fréquences expérimentales des débits maximaux instantanés.

Station Ouenza				Station El Aouinet			
Rang	Q max m³/s	Variable Réduite U	Fréquence $F' = \frac{F - n - 0.5}{N}$	Rang	Q max m³/s	Variable Réduite U	Fréquence $F' = \frac{F - n - 0.5}{N}$
1	15.64	-1.440	0.0147	1	29.64	-1.156	0.0416
2	18.07	-1.138	0.0441	2	66.50	-0.732	0.1250
3	26.18	-0.959	0.0725	3	120.2	-0.450	0.2083
4	40.98	-0.821	0.1029	4	130.6	-0.208	0.2916
5	76.06	-0.704	0.1323	5	152.35	0.019	0.3750
6	77.18	-0.599	0.1617	6	157.52	0.248	0.4583
7	78.80	-0.503	0.1911	7	163.93	0.489	0.5416
8	79.09	-0.413	0.2205	8	198.5	0.755	0.6250
9	85.32	-0.326	0.2500	9	202.0	1.064	0.7083
10	88.06	-0.243	0.2794	10	215.0	1.452	0.7916
11	95.06	-0.161	0.3088	11	241.4	2.020	0.8750
12	104.00	-0.081	0.3382	12	255.7	3.158	0.9583
13	105.21	-0.001	0.3676				
14	120.65	0.079	0.3970				
15	130.93	0.160	0.4264				
16	131.33	0.242	0.4558				
17	135.97	0.324	0.4852				
18	140.71	0.409	0.5147				
19	142.00	0.497	0.5441				
20	149.33	0.586	0.5735				
21	155.16	0.681	0.6029				
22	156.08	0.780	0.6323				
23	157.66	0.884	0.6617				
24	174.00	0.996	0.6911				
25	178.48	1.117	0.7205				
26	193.00	1.248	0.7500				
27	202.28	1.390	0.7794				
28	211.00	1.551	0.8088				
29	247.00	1.737	0.8382				
30	261.40	1.951	0.8676				
31	273.26	2.216	0.8970				
32	281.00	2.277	0.9264				
33	318.60	3.101	0.9558				
34	335.29	4.199	0.9852				

Tableau n=°32c

Fréquences expérimentales des débits mensuels minimaux.

<i>Station Ouenza</i>				<i>Station El Aouinet</i>			
<i>Rang</i>	<i>Q mens Minimum m³/s</i>	<i>Variable Réduite U</i>	<i>Fréquence $F' = \frac{F - n - 0.5}{N}$</i>	<i>Rang</i>	<i>Q mens Minimum m³/s</i>	<i>Variable Réduite U</i>	<i>Fréquence $F' = \frac{F - n - 0.5}{N}$</i>
1	0.00	-3.563	0.0147	1	0.01	-0.0136	0.0416
2	0.00	-0.017	0.0441	2	0.02	-0.4365	0.1250
3	0.00	-0.337	0.0735	3	0.04	-0.7462	0.2083
4	0.00	-0.351	0.1029	4	0.05	-0.8703	0.2916
5	0.00	-0.423	0.1323	5	0.06	-0.8877	0.3750
6	0.01	-0.491	0.1617	6	0.07	-1.0088	0.4583
7	0.01	-0.647	0.1911	7	0.08	-1.0179	0.5416
8	0.02	-0.693	0.2205	8	0.08	-1.0505	0.6250
9	0.02	-0.736	0.2500	9	0.14	-1.0542	0.7083
10	0.02	-0.739	0.2794	10	0.23	-1.1413	0.7916
11	0.02	-0.768	0.3088	11	0.48	-1.1452	0.8750
12	0.02	-0.782	0.3382	12	0.53	-1.2594	0.9583
13	0.03	-0.916	0.3676				
14	0.03	-0.347	0.3970				
15	0.03	1.025	0.4264				
16	0.03	1.136	0.4558				
17	0.03	1.153	0.4852				
18	0.04	1.175	0.5147				
19	0.04	1.176	0.5441				
20	0.04	1.189	0.5735				
21	0.04	1.195	0.6029				
22	0.05	1.211	0.6323				
23	0.06	1.215	0.6617				
24	0.07	1.219	0.6911				
25	0.07	1.224	0.7205				
26	0.07	1.238	0.7500				
27	0.07	1.257	0.7794				
28	0.09	1.294	0.8088				
29	0.10	1.299	0.8382				
30	0.11	1.361	0.8676				
31	0.12	1.391	0.8970				
32	0.14	1.508	0.9264				
33	0.15	1.523	0.9558				
34	0.29	1.714	0.9852				

Tableau n=°33

Les débits moyens annuels et durées de récurrence.

Oued	P Galtan	Année T=100 F=0.99 U=2.3	T=50 F=0.98 U=2.05	T=20 F=0.95 U=1.65	Sèche T=10an F=0.90 U=1.28	Modul T=2 F=0.5 U=0.0	Année T=10 F=0.1 U=1.2	T=20 F=0.05 U=1.6	T=50 F=0.02 U=2.05	Humide T=100 F=0.01 U=2.32
Melle gue	a=3.27 b=-1.20 Q0=0	0.08	0.10	0.13	0.17	0.42	1.06	1.37	1.82	2.20
Mesk iana	a=4.89 b=-0.20 Q0=0	0.30	0.35	0.42	0.50	0.91	1.66	1.97	2.39	2.71

L'apport annuel moyen de l'ensemble du bassin de **Mellegue Amont**, calculé d'après les observations hydrométriques à la station d'*Ouenza* s'élève à 69.53 hm^3 . Ce débit n'est par contre que de 38.70 hm^3 dans le bassin de **Meskiana** et de cette étude est complétée par une estimation empirique de l'apport moyen annuel. Il est estimé à 80.64 hm^3 dans le bassin de **Mellegue Amont** et de 89.90 hm^3 à **Meskiana** en utilisant la formule de « **Gautagne** » donc plus de 15% de l'apport du bassin de **Mellegue** et **Meskiana** sont perdus par évaporation et infiltration, ceci résulte des conditions climatiques, lithologiques, et physico géographiques, qui caractérisent le bassin de **Meskiana** et **Mellegue Amont**.

II.2.5 Etude des débits extrêmes :

L'étude des crues permet de mettre en évidence la réaction du bassin versant pendant un pas de temps réduit à une averse ou séquence pluvieuse donnée Cette réaction ou réponse du bassin est fonction des caractères propres des précipitations (*hauteur, intensité et durée*). On se limitera dans l'étude des crues, à leurs caractères généraux tels que leur genèse, leur puissance, leur fréquence en précisant par ailleurs, le potentiel hydrologique énorme qu'elles représentent. L'étude des étiages, phénomènes moins brutaux dans leur apparition, permet de mettre en valeur la forte décroissance des débits en phase de tarissement et surtout de préciser les restitutions des nappes aquifères à l'écoulement fluvial. Ils seront envisagés du point de vue de leur genèse et leur évolution dans le temps. D'un point de vue économique, la détermination des débits maximum probables d'un cours d'eau est évidente en raison des effets destructifs bien connus de ces événements hydrologiques. Lorsqu'on projette la construction d'un ouvrage hydraulique il faut déterminer le maximum probable de la crue auquel l'ouvrage devra faire face.

II.2.5.1 Les formules empiriques faisant intervenir les précipitations et le temps de concentration :

L'étude des crues des oueds de l'Algérie reste un domaine inconnu, seules quelques indications très ponctuelles sont données dans les annuaires hydrologiques *Algériens*. C'est pour cela nous présentons les formules suivantes :

a) Formule de Turrazza :

Cette formule permet d'estimer directement les débits maxima des crues à partir des intensités maximales pour une durée de temps égale au temps de concentration. Sa formule est la suivante :

$$Q_{;qx} = \frac{1}{3.6} C_e \frac{P_{tc}}{T_c} . S .$$

$$Q_{;qx} = \frac{1}{3.6} C_e . I_p . S .$$

C_e : coefficient d'écoulement instantané.

I_p : intensité de la pluie maximale d'une durée égale au temps de concentration.

t_c : lame d'eau correspondant au temps de concentration.

T_c : temps de concentration.

S : surface du bassin versant. (Tableau n=°34).

Tableau n=°34

Débits de pointe calculée par la formule de Turrazza.

Fréquence %	Période de retour	C_e	I mm/h		P_{tc}		Q_{max}	
			(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0.1	10	0.70	3.3	3.2	48.50	53.10	451.68	460.4
0.02	50	0.75	3.4	3.3	50.9	55.6	595.5	588.61
0.01	100	0.80	3.7	3.5	54.8	57.9	661.9	670.50
0.001	1000	0.90	4.1	3.7	59.3	61.5	880.47	896.75

(1) : Oued Mellegue Amont.

(2) : Oued Meskiana.

b) Formule de Giandotti : La formule est comme suit :

$$Q_{;qx} = \frac{C.S.h.\sqrt{H_{;oy} - H_{;in}}}{4\sqrt{S} + 1.5L}$$

Q_{max} : débit max de crue en (m^3/s).

S : superficie du bassin versant en (km^2).

H_{moy} : altitude moyenne en (m).

H_{min} : altitude minimale en (m).

C : coefficient topographique variant de (66 à 166).

L : longueur de talweg principale en (km).

H : hauteur de pluie de différentes fréquences pour un temps qui est égal au temps de Concentration (m). (Tableau n=°35).

Tableau n=°35

Débit de pointe (formule Giandotti).

Fréquence %	0.001	0.01	0.02	0.1
Période de retour.	1000	100	50	10
Qmax (m³/s) Mellegue.	669.91	581.36	551.42	461.74
Qmax (m³/s) Meskiana.	737.54	629.80	593.42	484.27

c) Formule de Samie (rationnelle) : On utilise cette formule pour déterminer les débits moyens journalier max telsque :

$$Q_{j:qx} = \frac{P_{j:qx} \cdot R \cdot S \cdot K_a \cdot 10^3}{86400}$$

K_a : coefficient d'amortissement de la crue

R : coefficient global de ruissellement de la crue qui tient compte de la structure du sol et de la saturation du sol par la pluie.

S : surface du bassin versant (Tableau n=°36).

Tableau n=°36

Débits moyens journaliers maximums (formule de Samie).

Fréquence %	C.C R	Pjmax		Superficie		Qjmax	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0.1	0.55	35.18	40.32	1854	1516	299.3	280.5
0.02	0.57	42.23	48.76	1854	1516	372.4	351.6
0.01	0.67	44.57	51.58	1854	1516	462.1	437.1
0.001	0.82	51.53	59.92	1854	1516	653.7	621.6

(1) : Oued Meskiana.

(2) : Oued Mellegue Amont.

d) Formule de Fuller :

$$Q_p \left(\frac{M^3}{s} \right) = Q_{j:qx} \left(1 + \left(\frac{2.66}{S^{0.3}} \right) \right)$$

S : superficie de bassin versant (km²).

Q_{jmax} : débit journalier maximum de fréquence voulue.

Q_p : débit de pointe (débit instantané) (Tableau n=°37).

Tableau n=°37

Débit de pointe (Formule de Fuller).

Fréquence %	<i>Q_{jmax}</i>		<i>Q_p (m³/s)</i>	
	(1)	(2)	(1)	(2)
0.1	210.9	398.7	269.9	514.3
0.02	250.5	429.5	320.64	554.05
0.01	319.8	440.9	409.34	568.7
0.001	320.5	465.2	410.24	588.4

(1) : Oued *Meskiana*.

(2) : Oued *Mellegue Amont*.

Les trois formules : *Turrazza*, *Giondotti*, *Fuller* donnent des résultats assez rapprochés. Nous pensons que les valeurs calculées à partir de la formule de Fuller sont plus proches de la réalité du terrain c'est des valeurs qui semblent plus logiques d'après les données de l'A.N.R.H.

II.2.5.2 Les variations spatio-temporelles des débits maximums :

D'après les résultats que nous avons obtenus (Tableau n=°38) ; nous constatons que les valeurs des débits journaliers et les valeurs des débits instantanés maximum, ont une distribution annuelle variable. D'après les résultats, on remarque que les plus fortes crues n'ont pas été observées simultanément la même année : **Oued *Mellegue Amont* (Ouenza)** $Q_{jmax} = 88.00 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1986 et $Q_{max} = 335.29 \text{ m}^3/\text{s}$ en 2003. Remarque qu'à **Oued *Meskiana* (El Aouinet)** $Q_{jmax} = 194.00 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1975 et $Q_{max} = 255.70$ en 1981. Les relevés horaires et journaliers des débits de crues aux stations hydrométriques de *Ouenza* et *El Aouinet*, nous ont permis d'avoir une idée sur l'évolution de ces crues et sur la réaction de la structure hydrologique des deux bassins (*Mellegue Amont* et *Meskiana*).

Tableau n=°38

Les débits de crues journaliers et instantanées

Année	Oued Mellegue Amont			Oued Meskiana		
	Q _{max}	Q _{jmax}	Q _{max} /Q _{jmax}	Q _{max}	Q _{jmax}	Q _{max} /Q _{jmax}
70-71	76.06	11.29	6.73	/	/	/
71-72	135.97	23.78	5.72	/	/	/
72-73	131.33	12.01	10.93	/	/	/
73-74	15.64	9.80	1.59	29.64	2.81	10.54
74-75	149.33	36.92	4.04	198.50	13.53	14.67
75-76	140.71	19.12	7.36	215.00	194.00	1.11
76-77	318.60	151.41	2.10	241.40	120.58	2.01
77-78	105.21	51.08	2.06	130.60	19.04	6.86
78-79	79.09	18.28	4.33	157.52	18.64	8.45
79-80	95.06	81.96	1.16	152.35	115.70	1.32
80-81	77.18	67.36	1.14	202.00	101.90	1.98
81-82	78.80	11.78	6.69	255.70	116.00	2.20
82-83	104.0	70.61	1.47	163.93	61.0	2.69
83-84	18.07	2.15	8.40	66.50	11.53	5.77
84-85	174.0	71.40	2.43	120.20	38.16	3.15
85-86	40.98	10.41	4.09	/	/	/
86-87	261.40	88.00	2.97	/	/	/
87-88	120.65	12.04	10.02	/	/	/
88-89	202.28	12.89	15.63	/	/	/
89-90	130.93	41.60	3.15	/	/	/
90-91	281.00	42.98	6.54	/	/	/
91-92	26.18	2.65	9.88	/	/	/
92-93	85.32	16.65	5.12	/	/	/
93-94	142.00	13.43	10.57	/	/	/
94-95	193.00	11.49	16.79	/	/	/
95-96	211.00	21.90	9.63	/	/	/
96-97	247.00	56.20	4.39	/	/	/
97-98	157.66	12.63	12.48	/	/	/
98-99	88.06	33.06	2.66	/	/	/
99-2000	273.26	40.49	6.75	/	/	/
2000-01	156.08	22.24	7.02	/	/	/
01-02	178.48	30.30	5.89	/	/	/
02-03	155.16	32.12	4.83	/	/	/
03-04	335.29	56.40	5.94	/	/	/

A) Les principales crues des deux bassins :

D'après les résultats constatés dans le (Tableau n=°39), on remarque que le bassin d'Oued *Mellegue Amont* et *Oued Meskiana* cannaient plusieurs crues au début de l'année hydrologique au cours du mois de *Septembre* et aussi du mois de *Mai*.

Tableau n=°39

Caractéristiques des principales crues des deux bassins
(Mellegue et Meskiana).

Oued	Date du Maximum	Pluie moy annuel (mm)	Pluie moy mensuel	Q_{moy} Annuel (m³/s)	Q_{moy} Mensuel (m³/s)	Q_{jmax} (m³/s)	Q_{max} Instantané (m³/s)
Mellegue Amont	18-09-76	407.1	252.28	2.96	3.44	56.40	335.29
Meskiana	30-05-81	434.2	232.46	1.23	10.0	194.0	255.70

B) Puissance des crues :

Plusieurs critères peuvent caractériser la puissance d'une crue : sa cote maximale, son débit journalier maximal, son volume et son coefficient « E » de « Meyer-Coutagne » paré qui constitue un bon élément d'approche dans le cadre d'une analyse comparative de crues entre des bassins de tailles différentes.

$$E = Q / S^{1/2}$$

Q : débit maximal instantané (m³/s).
S : surface réceptrice du bassin.

Mais cet indice est peu pertinent, alors que le calcul de la lame d'eau écouler nous donne un ordre de grandeur réel (Tableau n=°40).

Tableau n=°40

La puissance des crues.

Oued	Date du maximum	Q_{max} (m³/s)	Q spécifique l/s/km²	S (km²)	Coefficient (A)
Mellegue	18-09-76	335.29	221.17	1516	8.61
Meskiana	30-05-81	255.70	137.92	1854	5.93

Q_{max} : le débit maximal instantané en m³/s.
S : la surface réceptrice du bassin.

Autrement dit, d'après le coefficient de crue « E » on constate que la crue de **Mellegue Amont** est la plus forte (8.61) et la plus faible celle de **Meskiana** (5.93).

C) La récurrence des débits de crues :

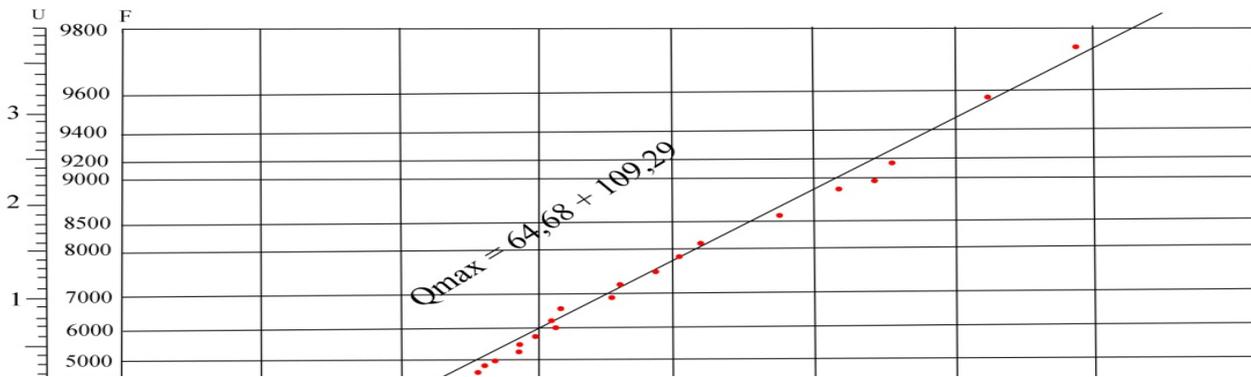
Il est très important d'estimer les fréquences des débits instantanés et journaliers maximums annuels pour le dimensionnement des ouvrages hydrotechniques qui peuvent être des ouvrages de protection, d'emmagasinement ou d'évacuation. (Tableau n=°41) (Fig n=°26).

Parmi les lois utilisées pour la distribution statistique celle de « Gumbel ».

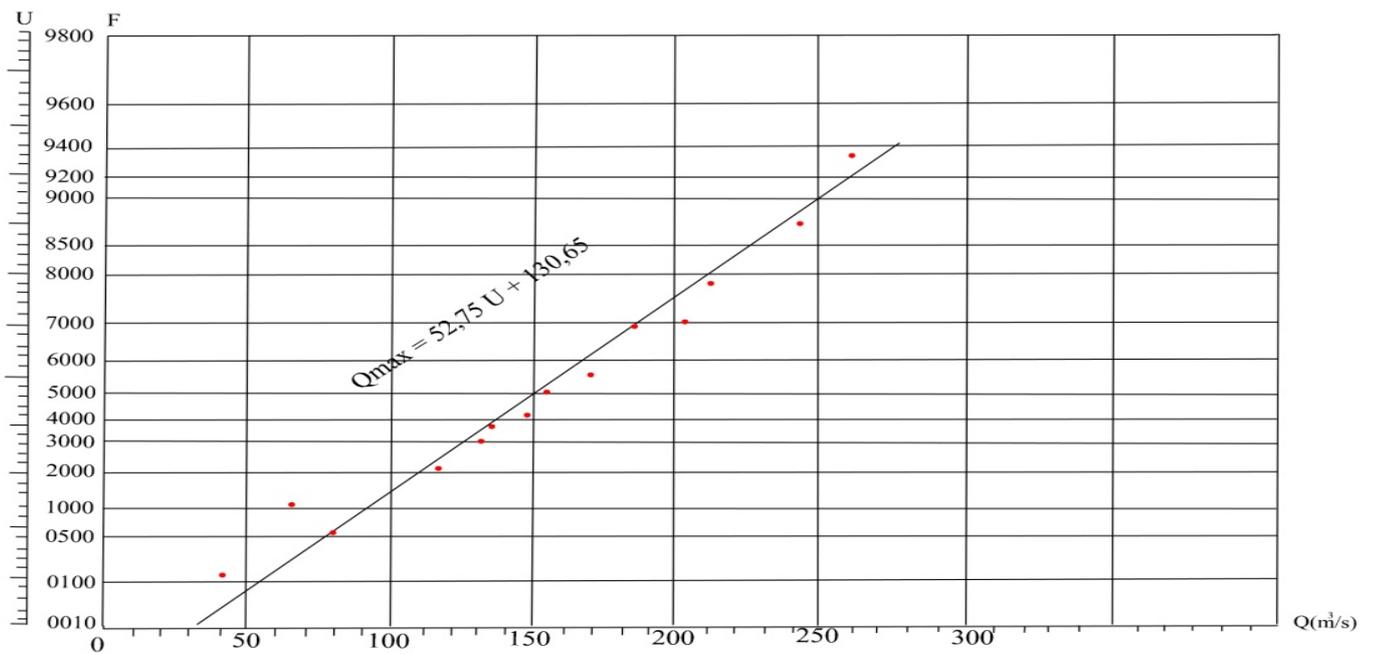
$$F(Q) = e^{-e^{-a(q-q_0)}}$$

Fig n=° 26 Ajustement des débits instantanés max annuels

Mellegue Amont.



Meskiana.



En adoptant « Q » comme représentation de variable.

Q_0 : paramètre de position.

$$Q_s = Q_m - \left(0.577 - \frac{I}{a} \right)$$

$\frac{I}{a}$: Paramètre d'échelle.

$$\frac{I}{a} = 0.780.S$$

Q_m et Q_s : sont respectivement la moyenne et l'écart type des échantillons.

Cette formule est fréquemment utilisée pour rendre compte de la distribution des valeurs extrêmes en hauteur des eaux autrement dit la distribution statistique des Q_{max} et Q_{jmax} du bassin, s'adopte bien à ce type de loi. En ce qui concerne la détermination des quantités, celle-ci peut se faire soit par l'équation de la droite de « *Gumbel* » l'équation et comme suit :

$$U = (Q - Q_0)$$

Tableau n°41

Les débits instantanés maximaux annuels, les débits Journaliers maximaux annuels et durées de récurrence.

Oued	U	F	Période de retour (ans)	Q_{max} (m^3/s)	Q_{max} l/s/km ²	Q_{jmax} (m^3/s)	Q_{jmax} l/s/km ²
Mellegue $Q_{max}=64.68U+109.29$ $Q_{jmax}=35.19U+21.09$	0.3665	80	2	132.99	87.72	33.98	22.41
	2.2504	90	10	254.84	168.10	100.28	66.14
	2.9702	95	20	301.40	198.81	125.61	82.85
	3.9019	98	80	361.66	238.56	158.39	104.48
	4.6001	99	100	406.82	268.35	182.96	120.67
Meskiana $Q_{max}=52.75U+130.65$ $Q_{jmax}=47.36U+40.41$	0.3665	80	2	149.98	80.89	57.76	31.15
	2.2504	90	10	249.35	134.49	146.98	79.28
	2.9702	95	20	287.32	154.97	181.07	97.66
	3.9019	98	80	336.47	181.48	225.20	121.47
	4.6001	99	100	373.30	201.36	258.27	139.30

D) Les crues biennales :

A l'Oued **Mellegue Amont**, on enregistre les plus faibles valeurs ($Q_{max} = 132.99 m^3/s$) ($Q_{jmax} = 33.98 m^3/s$) d'un bassin de taille ($1516 km^2$) contrairement, les valeurs les plus fortes sont enregistrées sur l'Oued **Meskiana** ($Q_{max} = 149.98 m^3/s$) ($Q_{jmax} = 57.76 m^3/s$) qui est dû à la grande extension de l'aire de drainage ($1854 km^2$). Les crues biennales exprimées en valeur spécifique, montrent de nettes différences dans le comportement des bassins, les valeurs spécifiques les plus faibles sont observées sur l'ensemble du bassin de **Meskiana** ($Q_{max} = 80.89 l/s/km^2$) ceci est lié à l'atténuation des pentes de l'amont à l'aval, la diminution des précipitations et la perméabilité importante des formations alluvionnaires traversées.

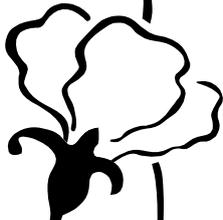
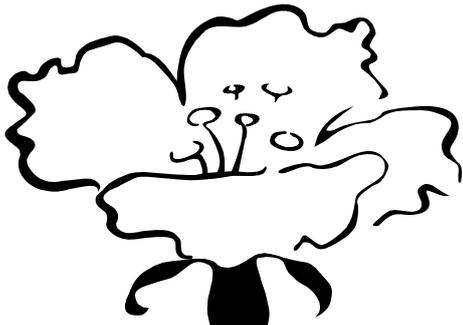
L'Oued Mellegue se distingue par des valeurs moyennement élevées ($Q_{max} = 87.72 \text{ l/s/km}^2$), ($Q_{jmax} = 22.41 \text{ l/s/km}^2$), mais la dénudation des terrains, la forme du bassin et sa situation favorisent cette puissance de crues. En conclusion, on retiendra que la puissance des crues est en fonction de la taille du bassin et de son comportement hydrologique, notamment la lithologie, la déclivité, le couvert végétal qui joue un rôle important par son impact sur le régime des Oued. Cet excès d'eau en période de crue, s'oppose nettement à la grande pénurie de la période d'étiage d'où l'importance du barrage de « **Batoum** » qui permettra la mobilisation et l'exploitation de ce potentiel hydraulique.

II.2.5.3 Les étiages :

Les étiages représentent un problème délicat à analyser en raison des perturbations du régime naturel des cours d'eau très conséquentes en été et des difficultés de mesures inhérentes au phénomène lui-même : les jaugeages en période d'étiage nécessitent une grande précision et les résultats sont souvent entachés d'erreurs. Dans un bassin comme de la *Medjerda*, où l'écoulement connaît des formes extrêmes, l'étude des étiages mérite d'être abordée, car ces derniers constituent un frein à la croissance économique dans les différents secteurs d'utilisation. Leur intérêt est de permettre d'apprécier les réserves hydrologiques souterraines du bassin qui fournissent l'eau aux Oueds par l'intermédiaire des sources, ils traduisent donc fidèlement la capacité de tel ou de tel bassin. Les étiages qui se différencient des basses eaux par des faibles fréquences et des durées écourtées peuvent être appréhendés par plusieurs types d'expression numériques : débits moyens minimaux, débits journaliers minimaux, débits caractéristiques d'étiages (*DCE*) et le rapport entre les débits minimaux et module.

Conclusion:

Les ressources en eau de surface doivent être mobilisées pour les différents besoins en revanche et en raison des méthodes inadaptées actuellement utilisées. L'étude hydrologique du bassin versant *Meskiana-Mellegue Amont* basée sur le traitement statistique des données hydrométriques, mettra en lumière les aspects fondamentaux de l'écoulement et l'évaluation des apports liquides. L'interprétation statistique et graphique des données nous a permis de saisir les variations spatiales de l'écoulement superficiel en liaison avec les données climatiques et physiographiques du bassin.

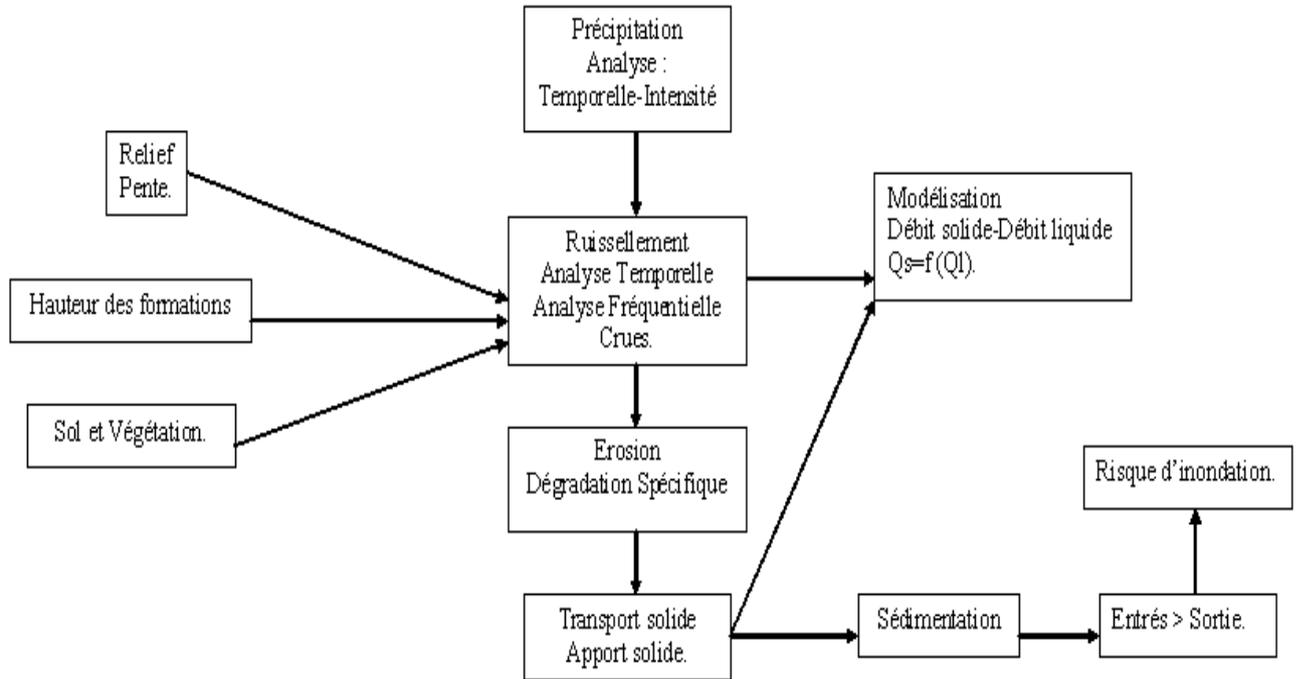


Chapitre III :

Modélisation des écoulements et perspective de prévention contre le risque d'inondation.

Dans un troisième chapitre, nous tenterons d'établir quelques modèles analytiques et descriptifs *débits liquides-débits solides*, basés sur une approche statistique. Ces modèles préciseront l'interrelation entre les différents paramètres hydrologiques. On notera aussi la gestion du risque d'inondation et les perspectives de prévention dans le bassin de **Meskiana- Mellegue Amont** et réserver des propositions d'aménagement, qui conviennent le mieux à notre terrain.

Schéma synthétique de la méthodologie d'approche utilisé.



III.1 Erosion et transport solide en suspension :

En raison de son climat *semi-aride*, de la présence de relief abrupt et de la pauvreté de la végétation, la *Medjerda (Mellegue Amont et Meskiana)* est l'une des régions les plus vulnérables à l'érosion des sols. En effet, le bassin de la *Medjerda* offre des conditions très favorables surtout à la mobilisation et au transport des matériaux, parce que des précipitations agressives s'abattent sur un ensemble morphologique très sensible à l'érosion, aux pentes assez fortes, les collines argileuses ou marneuses sont très peu protégées par le couvert végétal. L'ampleur de l'alluvionnement et l'exhaussement du fond des barrages par dépôts successifs des sédiments ramenés, par les cours d'eau, ont suscité l'intérêt d'un grand nombre de chercheurs qui ont tenté d'expliquer les mécanismes complexes du transport solide et de quantifier les volumes des sédiments transportés.

III.1.1 L'origine du transport solide :

D'une manière globale, l'érosion des sols correspond au « *détachement* » et au « *transport* » des particules de sol, par différents agents (*gravité, eau, vent, glace*) de leur emplacement d'origine à un endroit de « *dépôt* » à l'aval. Nous nous intéressons dans cette étude plus particulièrement à l'érosion hydrique, qui est un phénomène largement répandu et dont les conséquences peuvent entraîner des pertes de terre irréversibles et une diminution des capacités de stockage des barrages.

A) La pente et le gradient longueur :

Plus la pente est raide, plus l'érosion du sol est vive sur les pentes longues que les pentes courtes. La vitesse d'écoulement de l'eau augmente sur les espaces tendus. La pente du sol peut augmenter dans le cas où la longueur de la pente double. La forme de la pente, aussi à son importance, une pente concave ou creuse, beaucoup de sol, se colmatent quand les particules de sol dévalent la pente entraînée par le ruissellement. Ce phénomène diminue encore la quantité d'eau que le sol peut absorber et augmente la vitesse de ruissellement aggravant d'autant l'érosion.

B) La pluie :

Les gouttes de pluie sont des véritables masses d'eau animées d'une énergie cinétique qui heurtent violemment la surface du sol en provoquant sous l'effet splash la dispersion et la dislocation des colloïdes et des agrégats et aussi le colmatage des pores qui provoque l'imperméabilité des terrains. Autrement dit, l'érosion de pluie dépend de la hauteur de pluie, l'intensité et aussi la fréquence.

C) Le couvert végétal :

La végétation exerce une protection mécanique du sol. Les gouttes de pluie rencontreront d'abord les cires qui brisent leur force vive. Le couvert est très dégradé, pratiquement inexistant surtout dans les zones marneuses et argileuses, et la superficie cultivable est située sur les versants menacés par l'érosion.

D) L'influence anthropique :

L'homme détruisait la végétation naturelle pour cultiver le sol sur les pentes, l'érosion du sol se développe et par conséquent le sol perd sa fertilité, sa cohésion, les constituants sont entraînés par les éléments atmosphériques, l'eau et le vent.

III.1.2 L'analyse morpho-dynamique :

Les éléments mobilisés sur les versants finissent par être pris en charge par des agents qui les évacuent vers des aires de sédimentation marines ou continentales. Cette fonction de transport est essentielle, car elle évite l'engorgement du relief sous les produits de son attaque, à plus ou moins long terme.

III.1.2.1 La dynamique des versants :

Les modes de transport assurent l'évacuation des matériaux fournis par les versants. Sans leur intervention, la fossilisation des affleurements rocheux sous leurs débris finirait par stopper les attaques de la météorisation et de la végétation. Les éléments mobilisés sur les versants finissent par être pris en charge par des agents qui les évacuent vers des aires de sédimentation marines ou continentales. Cette fonction de transport est essentielle, car elle évite l'engorgement du relief sous les produits de son attaque, à plus ou moins long terme. Ces agents concernent donc, indirectement, des espaces étendus, puis qu'ils coordonnent et contrôlent l'activité des processus élémentaires de l'érosion sur les versants. Mais ils exercent aussi des actions spécifiques, d'ablation et d'accumulation, souvent beaucoup plus localisées, qui expriment leur intervention propre dans le façonnement du relief.

III.1.2.2 La dynamique pluviale :

A) L'érosion élémentaire (splash) :

On la considère comme une forme d'érosion ou bien le point de départ de tous les matériaux du sol. Toute forme d'érosion qui affecte les particules du sol sous l'action directe des gouttes de pluies, entraîne la destruction de ces différents assemblages et la dispersion des colloïdes minéraux. En général ce type d'érosion affecte les sols qui sont, soit à une faible densité du couvert végétal, soit une faible minéralogie.

B) Le ruissellement élémentaire :

Le ruissellement élémentaire consiste en un écoulement d'eau de pluie ou de fusion, nivales ou glaciaires, plus ou moins durable et rapide, à la surface des versants. On le qualifie d'élémentaire en raison, à la fois, de son développement sur des espaces restreints du caractère intermittent de son activité. Le ruissellement élémentaire est concentré ou diffus. Le premier se caractérise par un écoulement linéaire de l'eau. Dans le second, celle-ci se partage en une multitude de filets sinueux, anastomosés et changeants au cours de son activité et d'une période d'activité à l'autre. Lorsque ces filets se multiplient et s'étalent au point de fusionner, l'écoulement prend la forme d'une mince pellicule d'eau ruisselante. L'activité du ruissellement élémentaire intéresse toutes les régions du globe. Seules varient, dans de fortes proportions, sa fréquence et l'importance relative de ses diverses modalités.

C) L'érosion en nappe :

C'est le transport des particules (*éléments*) fines qui vont descendre un peu plus bas en provoquant le colmatage des pores et réduire l'infiltration, et par conséquent, la formation d'une lame d'eau qui se met en mouvement entraînant les éléments fine, en provoquant une issue ou découpage de la couche supérieure. Après la décomposition de la lame d'eau en filet, suit la dénivellation qui sera décomposée en plusieurs filets d'eau, alors on passe au phénomène d'érosion à griffe localisée.

D) L'érosion par écoulement :

Comme les ruissellements élémentaires, les eaux courantes se concentrent linéairement ou s'étalent en surface. Elles se différencient, d'autre part, selon la durée de leur activité, qui peut être pérenne, intermittente ou spasmodique. Ces différents critères permettent de distinguer les fleuves et les rivières, les torrents et les oueds, puis les grands ruissellements diffus de piémont.

E) L'érosion de type bad lands :

Ce type d'érosion affecte les terrains argileux et marneux qui sont plus sensibles à l'action érosive de l'eau parce que ces derniers sont riches en colloïdes non floкулés, certains contenant des sels spécialement de la soude, sont instables et l'ensemble donne l'aspect d'un relief.

III.1.3 Quantification de l'érosion hydrique :

Il existe plusieurs formules permettant la quantification de l'érosion hydrique, nous ne citerons que celles qui impliquent des paramètres physiques représentatifs.

A) Formule de Fournier (1960) :

$$Ds = 91.8(P^2 / p) - 737.6$$

Ds : apport solide spécifique (*t/km²/an*).

P² : précipitations moyennes mensuelles du mois le plus pluvieux (*mm*).

P : précipitations annuelles (*mm*).

S : superficie du bassin versant (*km²*). (*Tableau n=°42*).

Tableau n=°42

Estimation de l'érosion dans le bassin de Medjerda
(Mellegue Amont et Meskiana)
par la formule de Fournier.

<i>Bassin</i>	<i>P mens (mm)</i>	<i>P ans (mm)</i>	<i>H(m)</i>	<i>S(km²)</i>	<i>E t/km²/ans</i>
<i>Mellegue</i>	73.25	381.7	1054	1516	550.35
<i>Meskiana</i>	60.53	374.6	870	1878	160.20

B) Formule de Tixeront (1960) :

Cette formule est basée sur les données recueillies dans 32 bassins algériens et 9 bassins Tunisiens sur une durée comprise entre 2 et 22 ans.

$$A = 92.E^{0.21} \quad (\text{Pour les régions Est Algérien.})$$

A : apport solide spécifique en $t/km^2/ans$.
 E : écoulement en (mm). (Tableau n=°43).

Tableau n=°43

Estimation de l'érosion dans le bassin de la Medjerda
(Mellegue Amont et Meskiana).
Par la formule de Tixeront.

Bassin	Lame d'eau écoulée (mm)		A t/km²/ans
Mellegue Amont	<i>P(mm)</i>	<i>R(mm)</i>	212.2
	381.7	53.19	
Meskiana	<i>P(mm)</i>	<i>R(mm)</i>	207.51
	374.6	48.49	

C) Formule de Sogreah :

Basée sur les données de 30 bassins Algériens, de superficie comprise entre 100 et 300 km^2 , soumis à une pluviométrie annuelle comprise entre 200 et 1000 mm.

$$A = \alpha.E^{0.15}$$

Avec :

A : apport solide spécifique ($t/km^2/ans$).
 α : coefficient dépendant de la perméabilité du sol varie entre 85 et 3200.
 R : ruissellement annuel (mm). (Tableau n=°44).

Tableau n=°44

Estimation de l'érosion dans le bassin de la Medjerda
(Mellegue Amont et Meskiana)
Par la formule de Sogreah.

Bassin	Lame d'eau écoulée		A t/km²/ans
Mellegue Amont	<i>P (mm)</i>	<i>R (mm)</i>	136.12
	381.7	53.19	
Meskiana	<i>P (mm)</i>	<i>R (mm)</i>	134.25
	374.6	48.49	

D) Formule de l'A.N.R.H :

$$Ds = 44.9Ct + 73.2(P^2 / P) - 1442.8$$

Ds : perte de terre ($t/km^2/ans$)

S : surface (km^2)

P : précipitation moyenne annuelle (mm). (Tableau n°45).

Tableau n°45

Estimation de l'érosion dans le bassin de la Medjerda
(Mellegue Amont et Meskiana)
Par la formule de l'A.N.R.H.

<i>Bassin</i>	<i>P moy (mm)</i>	<i>S (km²)</i>	<i>Ds t/km²/ans</i>
<i>Mellegue Amont</i>	381.7	1516	883.15
<i>Meskiana</i>	374.6	1878	322.86

Comparaison entre les formules :

D'après les résultats constatés par les différentes formules : On remarque des écarts importants qui apparaissent et qui s'expliquent par des approches différentes utilisées par chaque auteur. Nous pensons que ces formules surestiment ou sous-estiment l'importance de l'érosion où de nombreux facteurs propres aux bassins sont négligés notamment le couvert végétal et son extension, la localisation des formations érodables, la topographie. C'est pour cette raison que nous tenterons de faire une estimation du transport solide (*sédiments en suspension*) en se basant sur les données d'observations disponibles.

III.2 Modélisation

Pour trouver exactement la dynamique et le fonctionnement d'un système complexe, il est nécessaire de connaître les différentes variables du milieu physique tels que la température, humidité, vent, pression, vitesse de l'écoulement, mais il est difficile d'établir une structure de couplage entre ces variables c'est pour cette raison qu'il existe une méthode qui a pour objet l'exploitation de données et la recherche d'un modèle reliant les différents paramètres du milieu. Autrement dit le principale but à atteindre dans notre étude est de réaliser une liaison entre les paramètres hydro climatiques (écoulement et transport solide en suspension) utilisant une approche mathématique.

Une démarche générale à suivre pour cela, comportera les étapes suivantes :

- 1) Collecte des données contribuant au phénomène à étudier.
- 2) Traitement statistique et informatique de ces données.
- 3) Représentation par modèle adéquat de l'information par lien entre les variables causes (*débits liquides*) et les variables conséquences (*débits solides en suspension*).
- 4) Etude du régime des débits liquides du cours d'eau par une analyse fréquentielle.

- 5) Estimation de la masse des sédiments en suspension transportés, par la combinaison des modèles représentatifs et la courbe de fréquence cumulée des débits liquides.

III.2.1 Recueil et traitement des données :

A la lumière de notre étude deux critères qui sont nécessaires pour donner l'explication de l'effet d'érosion et aussi pour établir une relation empirique entre les facteurs contribuant aux phénomènes.

- a) Un échantillon représentatif de couples de valeurs (*débits liquides*) – (*débits solides en suspensions*) pour l'établissement d'un modèle expliquant lien entre variables causes et variables conséquences, la taille de l'échantillon doit être suffisamment large.
- b) Pour l'étude du régime des débits liquides (*variables causes*) du cours d'eau, la période des observations des débits doit être aussi longue que possible.

III.2.1.1 Homogénéité et stationnarité :

Le test de « *Man-Whitney* » pour l'homogénéité et la stationnarité consiste à partager la série en deux sous échantillons de taille représentative P et q (avec $P \leq q$). Les échantillons fusionnés de taille ($N = P + q$) et rangés dans l'ordre croissant. Le test de ($M.W$) considère les quantités.

$$\begin{aligned} V &= R - P(P+1) \div 2 \quad . \\ W &= P \cdot q - V. \end{aligned}$$

Avec : R : somme des rangs des éléments du premier échantillon (*taille*) pris dans la série fusionnée.

V et W : sont calculés à partir de R , P et q .

W peut se calculer à partir de la même manière pour l'échantillon 2 suivant l'échantillon 1.

La statistique U du test de ($M.W$) définie par le min (V, W) quand $N > 20$ et $P \cdot q > 3$. Et sous l'hypothèse nulle que les deux échantillons ne dérivent de la même population. V est approximativement distribué selon une loi de Gauss de moyenne.

$$U = P \cdot q / 2.$$

Et de variance :

$$\text{Var}(U) = [P \cdot q / N (N-1)] [N^3 - N - \sum T].$$

Avec :

$$T = (j^3 - j) / 12.$$

« j » est le nombre d'observations ayant le même rang.

La somme $\sum T$ s'effectue pour les deux échantillons. Pour un test à un niveau de signification α , la quantité :

$$|U| = \left| U - \bar{U} / \sqrt{\text{Var}(U)} \right|.$$

Est comparée à la variable réduite normale $U\alpha/2$ correspond à une probabilité au dépassement $\alpha/2$. Si $|U| < U\alpha/2$ alors le test d'homogénéité à $\alpha\%$ du niveau de signification est accepté.

III.2.1.2 Indépendance et stationnarité :

Le test de « *Wold et Wilforvitz* » pour l'indépendance et la stationnarité :
Soit un échantillon de taille $N(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$. Le test de (*W-W*) considère la statistique R définis par :

$$R = \sum X_i \cdot X_{i+1} + X_i \cdot X$$

Dans ce cas, si les éléments de l'échantillon sont indépendants alors R suit une distribution normale de moyenne et de variance représentative.

$$\bar{R} = \frac{(S_1^2 - S_2)}{N-1}$$

$$Var(R) = \frac{(S_2^2 - S_4)}{N-1} - R^2 + \frac{S_1^4 + 4S_1^2 \cdot S + 4S_1 \cdot S_3 + S_2^2 - 2S_4}{(N-1)(N-2)}$$

Avec :

$$S_4 \approx \sum (X_i X)$$

La quantité :

$$U = \frac{R - \bar{R}}{\sqrt{Var(R)}}$$

Pour tester l'hypothèse d'indépendance au niveau α , en comparant $|U|$ avec la variable normale réduite $U\alpha/2$ correspondant à la probabilité de dépassement $\alpha/2$. Si $|U| < U\alpha/2$ implique l'hypothèse d'indépendance qui est accepté à des niveaux de signification.

III.2.2 Elaboration d'un modèle :

La relation qui existe entre plusieurs variables caractérisant le phénomène étudié est une représentation mathématique d'un phénomène physique qui permet de simuler son fonctionnement pour faire des estimations ou des prévisions dans notre cas, nous proposons un modèle statistique dont on cherchera à estimer les paramètres à partir des échantillons. On peut définir notre système comme suit :

*Une entrée : cause (*débit liquide*) (Ql).

*Une sortie : effet ou conséquence (*débit solide en suspension*) (Qs).

$$(Qs) = F(Ql)$$

III.2.2.1 Estimation des paramètres du modèle :

En pratique avant de procéder à l'estimation, il est intéressant de vérifier si le modèle proposé est linéaire, linéarisable ou non. En effet, un modèle est linéaire s'il peut s'écrire sous la forme :

$$Y = A \cdot X + B \dots \dots \dots (1)$$

Un modèle est linéarisable s'il peut être ramené à la forme (1) par un changement de variable. En général, pour les modèles linéaires ou linéarisables, la méthode des moindres carrés est la plus utilisée pour l'estimation des paramètres.

III.2.2.2 La méthode des moindres carrés :

La méthode des moindres carrés est un outil mathématique permettant de faire une approximation des données par une fonction analytique c'est-à-dire de trouver une droite qui approche un ensemble de points. En appliquant la définition nous pouvons montrer que la droite des moindres carrés approche l'ensemble des couples de points.

Où les constantes A et B sont données par :

$$A = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum (X - \bar{X})^2} \quad B = \bar{Y} - A\bar{X}$$

III.2.2.3 Validité du modèle :

Plusieurs paramètres permettent de valider le modèle:

- *Le coefficient de corrélation, qui, en effet, plus cette valeur est supérieure à 0.75, plus l'ajustement est bon.
- * Test de « Fischer » : on peut tester l'adéquation du modèle avec un risque si la variable de « Fischer-Snedecor ».

$$F = \frac{R^2(N-2)}{1-R^2}$$

$V1 = 1$ et $V2 = (N-2)$ degré de liberté est supérieur à $F\alpha (1, N-2)$ c'est-à-dire $F > F\alpha (1, N-2)$:

Erreur type d'estimation : la mesure de dispersion des points par rapport à la droite de régression s'appelle erreur type d'estimation de Y sur X cette mesure est exprimée par la quantité.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{N}}$$

III.2.3 Etude de régime des débits liquides :

Il est souvent utile d'interpréter des observations d'un événement hydrologique par une représentation graphique c'est-à-dire une méthode statistique basée sur l'analyse de la fréquence. Dans notre cas, on interprète l'événement hydrologique (*en terme de probabilité d'apparition*) (*débits moyens journaliers*) c'est-à-dire déterminer le nombre de jours ou le pourcentage de temps pendant lequel le débit du cours d'eau s'est maintenu au dessus d'une valeur déterminée (*courbe des débits classés*).

III.2.3.1 Courbe des débits classés :

Si on enregistre, chaque jour, dans une station de jaugeage le débit moyen journalier, au terme de l'année on obtient une série de valeurs qui représente le classement chronologique des débits moyens journaliers. Cependant pour l'étude statistique des débits, on classe les valeurs par ordre décroissant ou croissant la courbe qu'on obtient (*courbe des débits classés*). Si on considère la courbe des débits classés par valeurs décroissantes le premier point représentera le débit maximum de l'année Q_0 le dernier point correspond au débit le plus faible de l'étiage q_0 point quelconque (M) de la courbe, sera tel que son ordonnée « q » sera la valeur de débit journalier « q » atteint ou dépassé pendant le nombre de jours « j » correspondant à son abscisse.

III.2.3.2 Répartition de la statistique d'observation en classes :

En général le nombre de classes est donné par la formule suivante :

$$K = \langle \log_2(N) \rangle + 1$$

N : taille de l'échantillon.

$\langle X \rangle$ partie entière de X .

L'intervalle de classe est donné par la formule suivante:

$$H = \max(X_1) - \min(X_2) / K$$

On classe les débits X_i observés par groupe (*classe*) tous les débits compris entre X_i et $X_i + H$ leur nombre est n_i on obtient ainsi K classe, de même largeur H et d'effectif différent F_i avec : $F_i = n_i / N$ probabilité pour qu'un débit soit constaté entre (X_i) et $(X_i + H)$. On visualise la représentation en moyen d'un histogramme (*Tableau n=°46*).

Tableau n=°46

Tableau de fréquences.

Classe	effectif	fréquence	Fréq cumulées
$(X_1; X_2)$	n_1	f_1	F_1
$(X_2; X_3)$	n_2	f_2	F_2
$X_K; X_{K+1}$	n_k	f_k	F_K

III.2.3.3 Courbe de fréquences des débits :

On pourra tracer, en joignant les milieux des côtes supérieurs des rectangles, une ligne polygonale dite « *polygonale de fréquence* » même chose, si on présente les fréquences cumulées Fi au lieu de fi on aura la polygone de fréquence cumulée. On peut estimer par un lissage la courbe de fréquences cumulées dont la surface sur ce dernier doit être égale à la surface sous l'histogramme cumulatif.

Remarque : La courbe de fréquences cumulées des débits moyens journaliers est la courbe des débits classés.

III.2.4 Estimation des apports solides en suspension :

L'estimation de la masse des sédiments en suspension se fait en plusieurs étapes :

- a) Calculer débits liquides atteints ou dépassés Q_l correspondant à la médiane de chaque intervalle de fréquence.
- b) Pour chaque débit Q_l on calcule le débit solide en suspension Q_s , en utilisant le modèle statistique :

$$Q_{s_i} = f(Q_l).$$

- c) Evaluer les débits moyens journaliers du transport solide en suspension par :

$$Q_s = Q_{s_i} (F_{i+1} - F_i).$$

III.2.5 Evolution des débits solides en fonction des débits liquides :

La mobilisation des matériaux solides sur les bassins versants et leur transport éventuel par les cours d'eau, représentent deux phénomènes. Remarque que le débit solide moyen des sédiments en suspension qui transitent sur une section d'écoulement moyen est calculé par le produit de la concentration moyenne des sédiments C_s , par le débit liquide moyen Q_l .

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^N C}{N}.$$

Avec : N : nombre de relevé par jour.

C : concentration de chaque prélèvement.

$$Q_s = \bar{C} \cdot Q_l.$$

Q_s : Débit solide moyen journalier en kg/s.

\bar{C} : Concentration moyenne journalière calculée en g/l.

Q_l : Débit liquide moyenne journalier en m³/s.

- La série disponible sur les relevés des débits liquides est sous forme de fichiers donnant les débits moyens journaliers sur une période d'observation de 12 ans (1973-1984) (*Station El Aouinet*) et 32 ans (1972-2003) (*Station Ouenza*).

III.2.5.1 Estimation des paramètres du modèle :

La détermination des paramètres du modèle a été abordée de la façon suivante :

- Les relations sont établies entre débit solide moyen journalier et débit liquide moyen journalier, c'est-à-dire une relation au pas de temps journaliers.

- Le traitement informatique des débits solides moyens en suspension par utilisation du logiciel (H.F.A) [Hydrological Frequency Analysis](Annexe 4,5), n'a pas donné de bons résultats concernant le test de *MAN-WITHNEY* et le test de *WOLD* et *WILFORVITZ* pour le choix des échantillons représentatifs et cela est dû peut être aux fortes fluctuations qui caractérisent les écoulements de domaines *semi-arides* ou aux valeurs données par *l'A.N.R.H* qui représentent une source officielle pour les données pluviométriques et hydrométriques ce qui va être prouvé par l'écartement de la majorité des valeurs données par *l'A.N.R.H*, donc la sélection des deux échantillons a été choisie en écartant les valeurs douteuses.

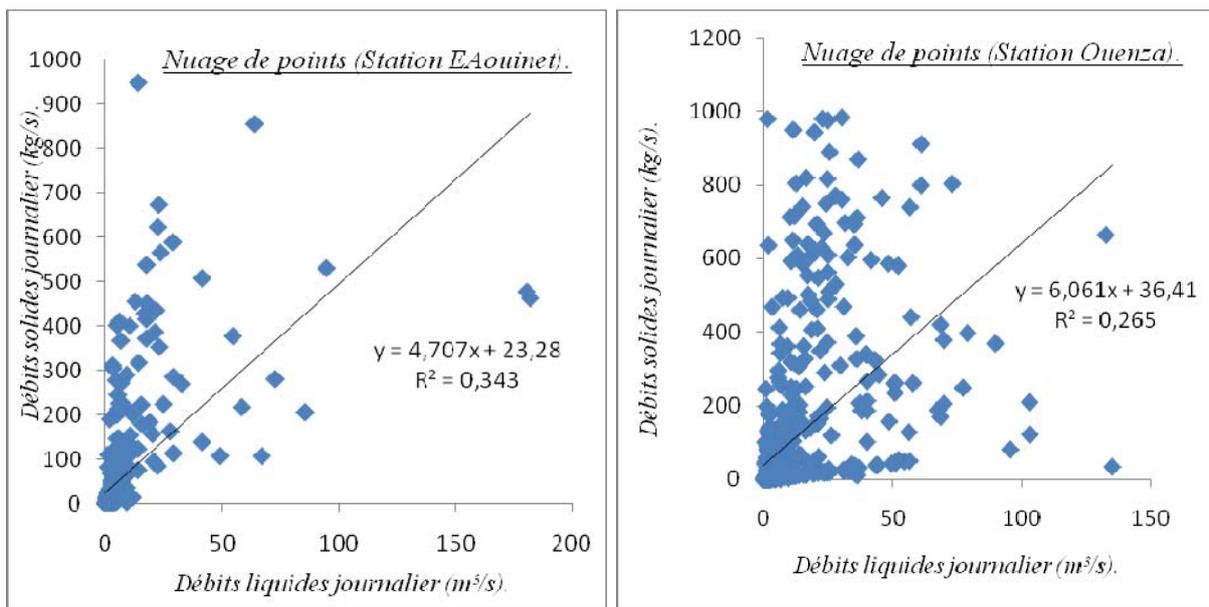
Les calculs des différentes formes de régression ont permis de conclure, que la forme polynomial est la plus acceptable, que ce soit à l'échelle annuelle, journalière ou saisonnière (Fig n=°27) .On pose donc le modèle polynomial suivant :

$$Y = AX^2 + BX + C .$$

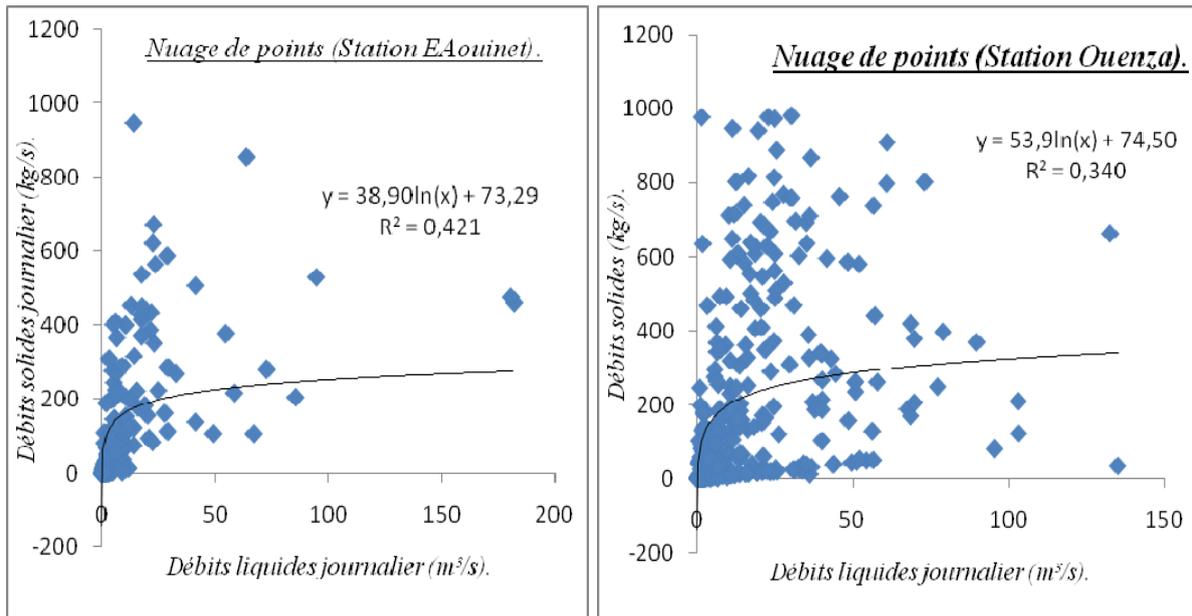
Fig n=° 27

Type de régression/Courbe de tendance.

Régression linéaire.



Régression logarithmique.



L'échelle journalière :

L'équation de régression polynomiale est comme suit :

$$Q_s = A Q_L^2 + B Q_L + C$$

Q_s : Débit solide en suspension moyen journalier en kg/s.

Q_L : Débit liquide moyen journalier en m³/s. (Tableau n°47).

Tableau n°47

Résultats de corrélation (échelle journalière).

Station	Ouenza	El Aouinet
Paramètres du modèle	$A = 0.030$	$A = -0.016$
	$B = 0.958$	$B = 6.793$
	$C = 7.286$	$C = 4.937$
Coefficient de corrélation	$R = 0.93$	$R = 0.94$

Le modèle déduit est de la forme :

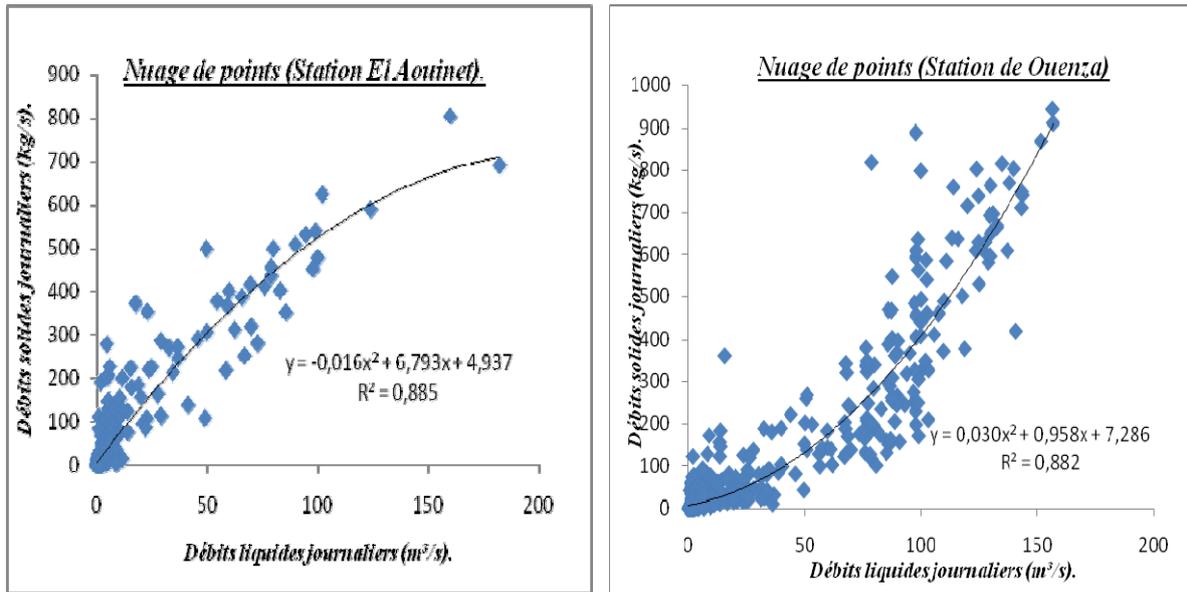
$$Q_s = -0.016 Q_L^2 + 6.793 Q_L + 4.937 \quad (\text{El Aouinet}).$$

$$Q_s = 0.030 Q_L^2 + 0.958 Q_L + 7.286 \quad (\text{Ouenza}).$$

Le tracé de la courbe d'ajustement représente dans la (Fig n°28).

Fig n=°28

Relation débits solides-débits liquides (journaliers) bassin versant Meskiana-Mellegue Amont.



K : le nombre de classe. $K = (\log N) + 1$, le log est à base 2.
 N : taille de l'échantillon (El Aouinet N=515 , Ouenza N= 640).

El Aouinet : K= 9.01.
 Ouenza : K=9.32.

E(I) : L'intervalle de classe.

$$E(I) = (Q_{MAX} - Q_{MIN}) / K .$$

Tableau n=°48 Estimation de la charge des sediments en suspension (échelle journalier).

Station Ouenza:

E(I)	Ql (m³/s)	Qs (kg/s)	Ql.E(I)/100	Qs.E(I)/100
0.99	7483.47	1687246.14	7409	1670373
0.99	5141.6	798014.46	5090	790034
0.99	2282.54	158493.63	2260	156909
0.99	615.25	11952.67	609.1	11833
0.29	170.35	1041.06	49.4	302
0.08	75	247.89	6	20
0.03	31.85	68.23	0.95	2
0.02	22.96	45.10	0.45	0.9
0.01	13.19	25.14	0.13	0.1
0.01	5.50	13.46	0.055	0.1
			154.25m³/s	26294.74kg/s

Station El Aouinet :

<i>E(I)</i>	<i>Ql (m³/s)</i>	<i>Qs (kg/s)</i>	<i>Ql.E(I)/100</i>	<i>Qs.E(I)/100</i>
0.33	3033.7	126640.51	1001.12	41791.37
0.013	305.07	588.20	3.965	7.65
0.003	95.39	507.33	0.29	1.53
0.001	37.57	237.57	0.04	0.24
0.0003	20.95	140.23	0.01	0.04
0.0002	11.27	79.46	0.002	0.02
0.0001	8.01	58.32	0.001	0.006
0.00006	4.60	35.85	0.0001	0.002
0.00008	2.30	20.48	0.0002	0.001
			10.06 (m³/s)	418.01 (kg/s)

L'échelle Annuelle :

La relation trouvée est comme suit :

$$Q_s = AQ_L^2 + BQ_L + C.$$

Q_s : Débit solide en suspension moyen annuel en kg/s.

Q_L : Débit liquide moyen annuel en m³/s. (Tableau n=°48).

Tableau n=°49

Résultats de corrélation (échelle annuel).

<i>Station</i>	<i>Ouenza</i>	<i>El Aouinet</i>
<i>Paramètres du modèle</i>	<i>A=0.354</i> <i>B=25.376</i> <i>C=89.206</i>	<i>A=74.922</i> <i>B=-155.79</i> <i>C=241.26</i>
<i>Coefficient de corrélation</i>	<i>R=0.58</i>	<i>R=0.89</i>
<i>Coefficient de détermination</i>	<i>R²=76%</i>	<i>R²=78.7%</i>
<i>Ficher Calculé</i>	<i>F=38.76</i>	<i>F=36.95</i>

D'où le modèle déduit est de la forme :

$$Q_s = 74.922Q_L^2 - 155.79Q_L + 241.26 \quad (\text{El Aouinet}).$$

$$Q_s = 0.354Q_L^2 + 25.376Q_L + 89.206 \quad (\text{Ouenza}).$$

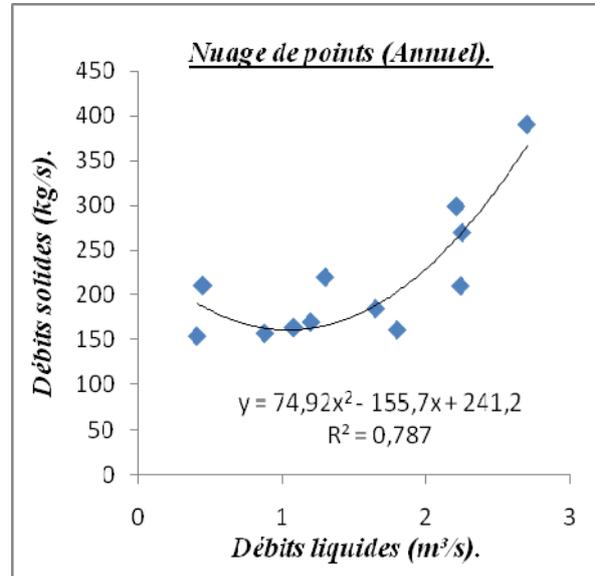
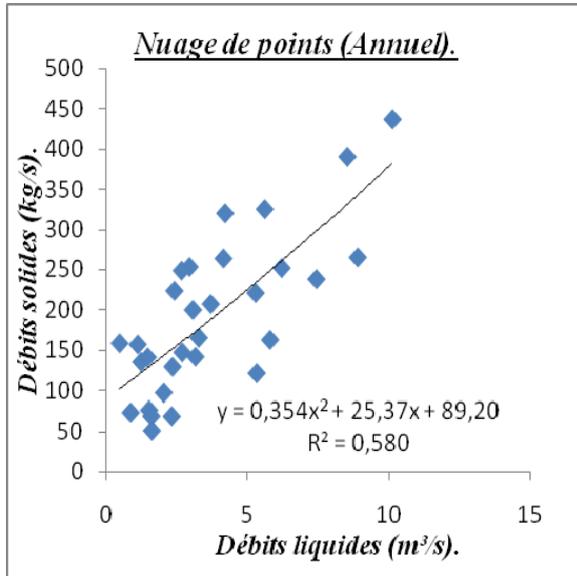
Le tracé de la courbe d'ajustement représente dans la (Fig n=°29).

Fig n=° 29

Relation débits solides-débits liquides (Annuel) bassin versant Meskiana-Mellegue Amont.

(Station Ouenza)

(Station El Aouinet).

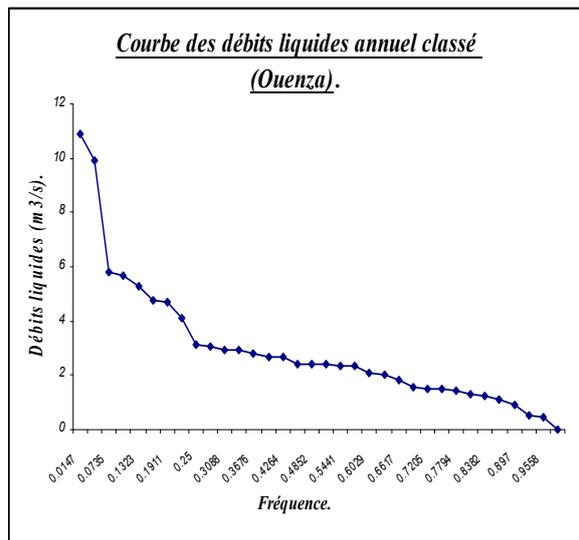
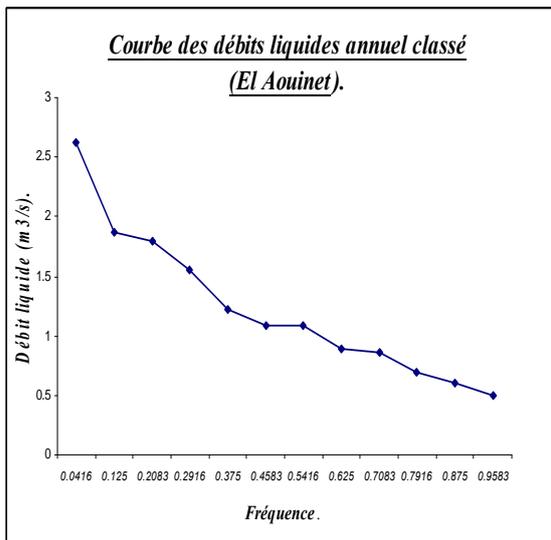


III.2.5.2 Réalisation des courbes des débits classés :

En se basant sur les données des débits liquides moyens journaliers observés durant la période 1972-2003 et 1973-1984 (Fig n=°30) (Annexe 7).

Fig n=°30

Courbes des débits liquides annuel classé.



III.2.5.3 Evolution des apports solides en suspension :

Les résultats de la masse du sédiment en suspension transportée dans le cours d'eau d'Oued *Meskiana* et *Oued Mellegue Amont* à la station d'*El Aouinet* et *Ouenza* sont représenté dans le (Tableau n=°50).

Avec :

K : le nombre de classe.

$$K = (\log N) + 1, \text{ le log est à base 2.}$$

N : taille de l'échantillon (12, 32).

El Aouinet : $K = 4.58$.

Ouenza : $K = 5.91$.

$E(I)$: L'intervalle de classe.

$$E(I) = (Q_{MAX} - Q_{MIN}) / K .$$

Tableau n=°50 Estimation de la charge des sédiments en suspension (échelle annuel).

Station El Aouinet :

$E(I)$	$Ql \text{ (m}^3\text{/s)}$	$Qs \text{ (kg/s)}$	$Ql.E(I)/100$	$Qs.E(I)/100$
0.10	7.19	2994.30	0.72	299.43
0.12	5.66	1759.66	0.68	211.16
0.05	3.58	643.77	0.18	32.19
0.11	1.74	197.02	0.19	21.68
			0.02 m³/s	5.64 kg/s

Station Ouenza :

$E(I)$	$Ql \text{ (m}^3\text{/s)}$	$Qs \text{ (kg/s)}$	$Ql.E(I)/100$	$Qs.E(I)/100$
0.66	41.16	1734.09	27.17	1144.50
0.27	26.19	996.90	7.07	269.17
0.18	17.31	634.66	3.12	114.24
0.10	13.03	480.02	1.30	48.00
0.13	9.05	347.89	1.18	45.23
0.17	5.13	228.72	0.87	38.89
			0.41 m³/s	16.60 kg/s

Apport solide en suspension annuel :

$Qs \text{ (Annuel Ouenza)} = Qs \times 3.154 \times 10^7 = 16.60 \times 3.154 \times 10^7 = \mathbf{0.53 \times 10^6 \text{ T/ans.}}$

$Qs \text{ (Annuel El Aouinet)} = Qs \times 3.154 \times 10^7 = 5.64 \times 3.154 \times 10^7 = \mathbf{0.18 \times 10^6 \text{ T/ans.}}$

Dégradation spécifique :

$$Ds (Ouenza) = Qs (\text{Annuel})/\text{Surface} = 0.53 \times 10^6 / 1516 = \mathbf{349.60} \text{ T/Km}^2/\text{ans.}$$

$$Ds (El Aouinet) = Qs (\text{Annuel})/\text{Surface} = 0.18 \times 10^6 / 1878 = \mathbf{95.86} \text{ T/Km}^2/\text{ans.}$$

Concentration moyenne journalière :

$$Ql (\text{Annuel Ouenza}) = Ql \times 3.154 \times 10^7 = 0.41 \times 3.154 \times 10^7 = \mathbf{12.93} \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ans.}$$

$$Ql (\text{Annuel El Aouinet}) = Ql \times 3.154 \times 10^7 = 0.02 \times 3.154 \times 10^7 = \mathbf{0.65} \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ans.}$$

$$C(\text{Ouenza}) = Qs (\text{Annuel Ouenza}) / Ql (\text{Annuel Ouenza}).$$
$$= 0.53 \times 10^6 / 12.93 \times 10^6 = \mathbf{40.99} \text{ g/l.}$$

$$C (\text{El Aouinet}) = Qs (\text{Annuel El Aouinet}) / Ql (\text{Annuel El Aouinet}).$$
$$= 0.18 \times 10^6 / 0.65 \times 10^6 = \mathbf{276.9} \text{ g/l.}$$

L'échelle Saisonnière :

Pour l'estimation des apports solides à l'échelle saisonnière, on a établi des relations entre débits liquides moyens journaliers et débits solides moyens journaliers, et aussi de tracer les courbes des débits des classes saisonnières (Fig n=°31) (Annexe 6) (Tableau n=°51). Les équations de régression linéaire sont de la forme suivante :

$$Qs = A Ql^2 + B Ql + C.$$

Tableau n=°51

Relation saisonnière (débits liquides-débits solides).

	<i>Ouenza</i>		<i>El Aouinet</i>	
	<i>S. Humide</i>	<i>S. Séche</i>	<i>S. Humide</i>	<i>S. Séche</i>
<i>Nombre de couples</i>	29	28	12	13
<i>Coefficient de corrélation</i>	<i>R= 0.78</i>	<i>R= 0.79</i>	<i>R= 0.85</i>	<i>R= 0.91</i>
<i>A</i>	0.395	0.3674	24.91	5.3936
<i>B</i>	9.652	15.45	-57.859	43.737
<i>C</i>	200.39	136.39	248.61	108.16
<i>Ql (m³/s)</i>	1.77	1.50	0.11	0.10
<i>Qs (kg/s)</i>	84.18	70.73	15.66	9.50

Les modèles sont les suivantes :

Saison Humide :

$$Qs (\text{Ouenza}) = 0.395 Ql^2 + 9.652 Ql + 200.39.$$

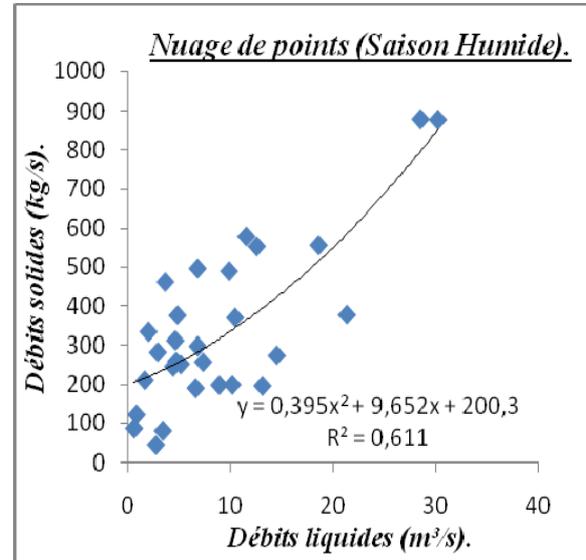
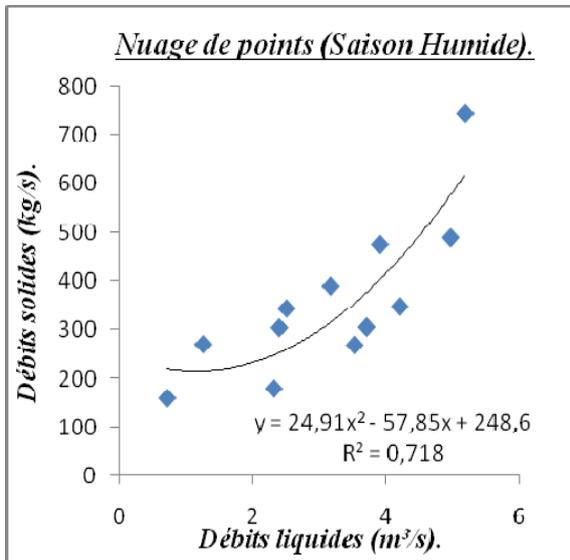
$$Qs (\text{El Aouinet}) = 24.91 Ql^2 - 57.859 Ql + 248.61.$$

Fig n=°31

Relation débits solides-débits liquides (Saisonnier) bassin versant Meskiana-Mellegue Amont.

(Station El Aouinet)

(Station Ouenza).



Saison Sèche :

Q_s (Ouenza) = $0.367 Q_l^2 + 15.45 Q_l + 136.39$.

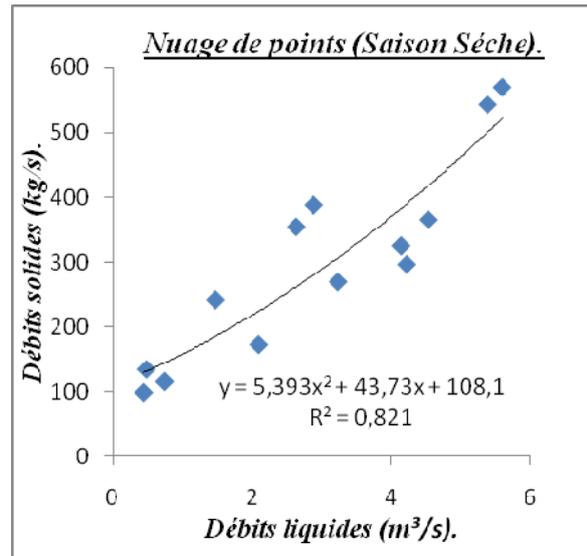
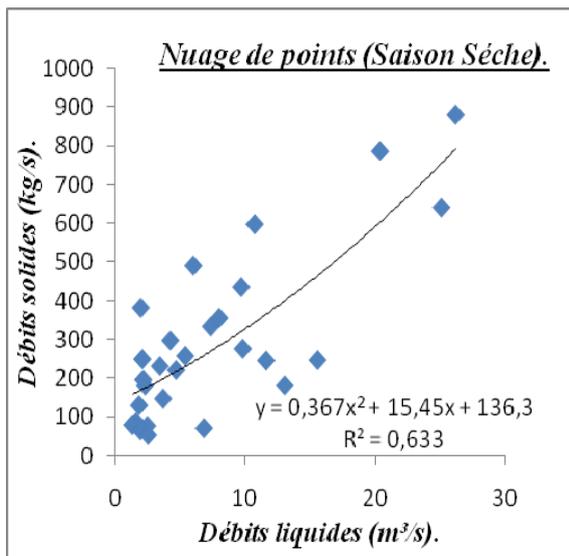
Q_s (El Aouinet) = $5.393 Q_l^2 + 43.737 Q_l + 108.16$.

Fig n=°31

Relation débits solides-débits liquides (Saisonnier) bassin versant Meskiana-Mellegue Amont.

(Station Ouenza).

(Station El Aouinet).



Apport solide en suspension :

Saison Humide :

$$Qs \text{ (Ouenza)} = 84.18 \times 3.154 \times 10^7 = 2.65 \times 10^6 \text{ T/ans.}$$

$$Qs \text{ (El Aouinet)} = 15.66 \times 3.154 \times 10^7 = 0.50 \times 10^6 \text{ T/ans.}$$

Saison Sèche :

$$Qs \text{ (Ouenza)} = 70.73 \times 3.154 \times 10^7 = 2.23 \times 10^6 \text{ T/ans.}$$

$$Qs \text{ (El Aouinet)} = 9.50 \times 3.154 \times 10^7 = 0.30 \times 10^6 \text{ T/ans.}$$

Dégradation spécifique :

$$Ds = Qs \text{ (Annuel Ouenza)} / \text{Surface} = 0.51 \times 10^6 / 1516 = 336.42 \text{ T/Km}^2/\text{ans.}$$

$$Ds = Qs \text{ (Annuel El Aouinet)} / \text{Surface} = 0.16 \times 10^6 / 1878 = 85.20 \text{ T/Km}^2/\text{an}$$

Les résultats de la dégradation spécifique constatée sont résumés dans le (Tableau n=°52).

Tableau n=°52

Dégradations spécifiques trouvées par différentes méthodes.

<i>Méthodes</i>	<i>Dégradation spécifique T/Km²/ans</i>	
	<i>Ouenza</i>	<i>El Aouinet</i>
<i>Modèle à l'échelle annuelle</i>	349.60	95.86
<i>Modèle à l'échelle saisonnière</i>	336.42	85.20
<i>Fournier</i>	550.35	160.20
<i>A.N.R.H</i>	883.15	322.86
<i>Tixeront</i>	212.2	207.51
<i>Sogreah</i>	136.12	134.25

Après avoir étudié la variation des débits solides en fonction des débits liquides à différentes échelles (*Annuels, saisonniers, journaliers*), on peut dire que le coefficient de corrélation à l'échelle annuelle est significatif soit pour *Ouenza* ou *El Aouinet* ($R = 0.79$, $R = 0.89$). Remarque à l'échelle saisonnière, la valeur du coefficient de corrélation est le même soit pour la saison Humide ou la saison Sèche. Donc, on peut dire que la relation entre le débit solide et le débit liquide reste toujours significative. Par contre l'évaluation de la quantité des sédiments en suspension par l'emploi du modèle établi à différentes échelles donne des valeurs de dégradation spécifiques presque les mêmes, remarque que pour le modèle des débits liquides-débits solides journaliers a donné des valeurs surestimées. En effet, les valeurs trouvées par le modèle (Tableau n=°52) sont proches à celles trouvées par les formules de *Fournier* et aussi de *Tixeront* pour la station de *Ouenza*, par contre à la station d'*El Aouinet* le modèle est proche de celle de *Fournier* et de *Sogreah*, mais la formule de l'*A.N.R.H* a donné des valeurs surestimée.

III.3 Risque d'inondation :

Depuis les deux dernières décennies, on constate un regain d'intérêt pour l'analyse des inondations, lequel s'explique largement par les préoccupations des milieux scientifiques et des gouvernements faces aux changements climatiques. Autrement, dit la géographie n'est pas la seule discipline à s'intéresser aux impacts de ces changements sur les environnements fluviaux et les sociétés en général, elle y participe activement, par la production de travaux innovants qui s'appuient sur diverses approches méthodologiques. La nécessité de combiner différentes approches méthodologiques et disciplinaires s'explique par la complexité des phénomènes étudiés qui exigent de prendre en compte l'ensemble des facteurs physiques et humains dans une perspective large.

Il devient en effet difficile de considérer uniquement les éléments physiques et climatiques, sans considérer les modifications anthropiques générées par les activités, humaines, lesquelles activités d'ailleurs, ont considérablement transformé, dans bien des cas, les régimes hydrologiques et les environnements fluviaux au cours des siècles. Dans le contexte des différentes études réalisées récemment en géographie, et dans des disciplines connexes, il nous est apparu intéressant de porter un regard sur les travaux touchant le thème des inondations.

III.3.1 L'organisation du risque d'inondation:

L'inondation est un phénomène spatial, qui peut s'étendre sur de vastes territoires géographiques, résultant de l'alternance des hautes et basses eaux d'une rivière. De fait, la gestion de ce risque s'organise également de façon cyclique, autour de trois temps principaux :

Avant, Pendant et Après. Avant l'inondation, les processus naturels sont abordés de façon rationnelle, dépassionnée et déconnectée des questions d'évaluation financière. Les outils de modélisation, mis au point pendant cette phase, permettent de tester les capacités de réaction des services d'intervention, d'évaluer l'impact des aménagements de protection...C'est avant l'inondation, quand le temps ne constitue pas une contrainte majeure, dont les moyens d'action peuvent et doivent être évalués pour améliorer l'efficacité des décisions. Le temps le plus marquant, à différents chefs, est évidemment l'inondation en elle-même, autrement dit, la catastrophe, où chaque instant et chaque décision comptent car des biens et des personnes sont en jeu. Une des préoccupations majeures est alors de connaître l'ampleur de l'événement pour permettre le dimensionnement et le déploiement des moyens d'action.

Après l'inondation, le problème principal est de tirer des enseignements et des conclusions, de mesurer l'impact essentiellement en termes financiers et sociaux. Les moyens mis en œuvre et leurs interventions sont évalués pour améliorer les actions futures.

III.3.2 Le risque d'inondation et ses composants :

Une inondation est la submersion plus ou moins rapide d'une zone, avec des hauteurs d'eau variables, elle est due à une augmentation du débit d'un cours d'eau provoquée par des pluies importantes et durables et peut être aggravée à la sortie de l'hiver par la fonte des neiges.

III.3.2.1 Comment se manifeste ?

Elle peut se traduire par :

- Un débordement du cours d'eau, une remontée de la nappe phréatique, une stagnation des eaux pluviales (*inondations de plaine*).
- Des crues torrentielles (*quand la pente est plus forte, en zone montagneuse, ou à l'aval immédiat de reliefs marqués*). Ces crues sont particulièrement dangereuses et les délais de prévision souvent très courts, laissent très peu de temps pour réagir.
- Un ruissellement en secteur urbain, lorsque l'imperméabilisation des sols et la conception de l'urbanisation et des réseaux d'assainissement font obstacle à l'écoulement normal des pluies intenses (*orages*).
- Une inondation consécutive à des orages importants.

III.3.2.2 L'aléa :

Ce mot d'origine latine qui signifie « *coup de dé* » peut, se définir comme un « *hasard favorable ou non, un risque d'incident défavorable d'inconvénients* ». Autrement dit, l'aléa est une probabilité d'occurrence, utilement complétée par une dimension spatio-temporelle.

III.3.2.3 Les enjeux :

Les enjeux intègrent les « *Personnes, Biens, Activités, Moyens, Patrimoine* susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel ». Par conséquent, cela suppose d'en établir un inventaire quantitatif et qualitatif. Par ailleurs le bassin *d'Oued Mellegue - Meskiana* est exposé au phénomène de l'érosion hydrique et surtout au risque d'inondation.

En effet le 12/10/2006 la région d'Ouenza subit de fortes chutes de pluie 31.4 mm pendant 25 minutes, soit d'intensité importante de 1.3 mm à la minute, cette pluie a provoqué des dégâts :

- *Dégâts humains* : (3 morts), un mort entraîné dans son véhicule par de forts écoulements sur la route barrée entre Ouenza et El Aouinet.
- *Dégâts matériels* : 9 maisons endommagées par de fortes inondations et quelques centaines d'autres légèrement menacées par divers dégâts et même des traces de crues passant par toutes les rues de la ville causant l'endommagement du mobilier urbain.

III.3.3 Principes généraux du traitement du risque d'inondation :

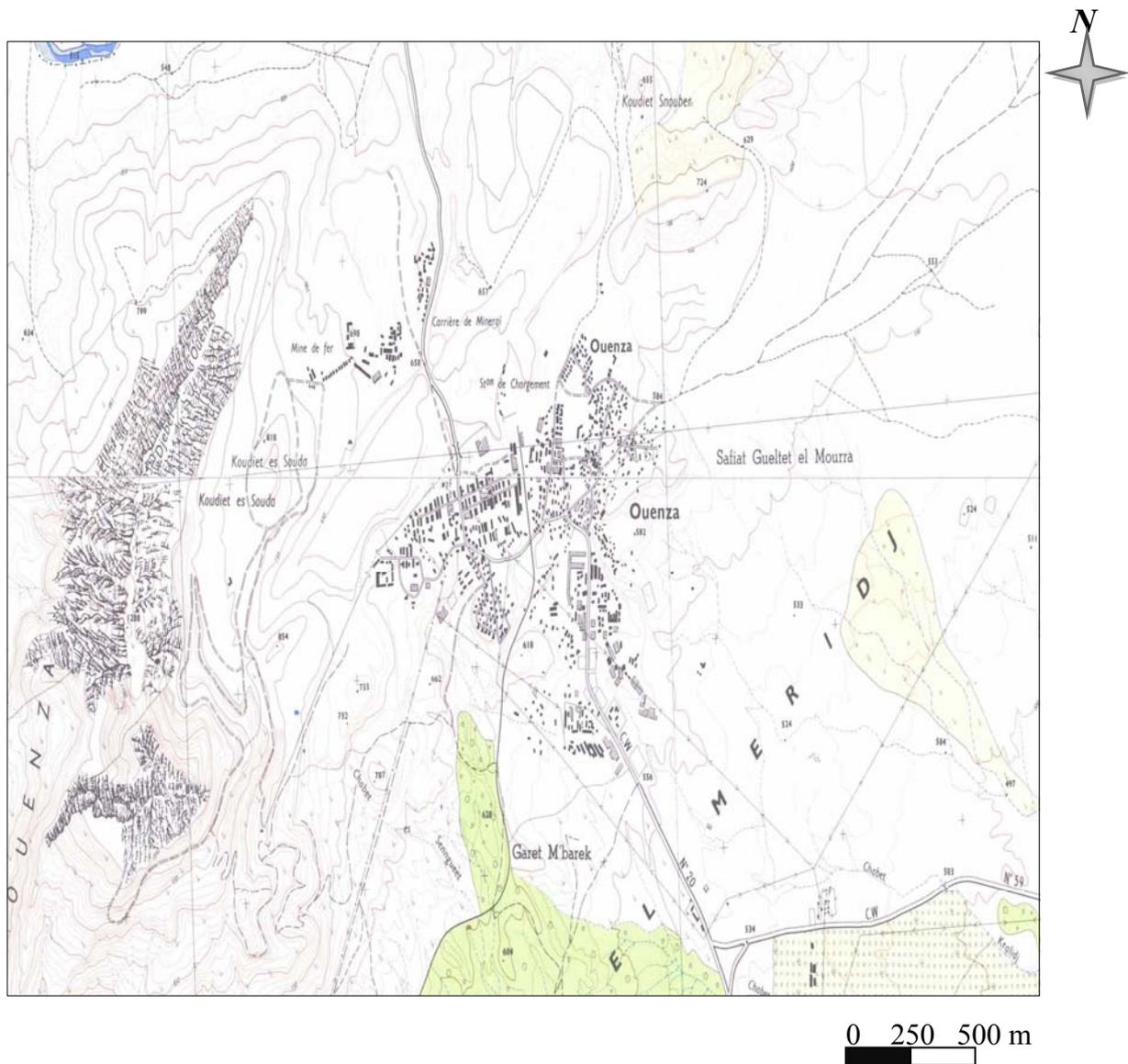
Traverser par plusieurs *Chaâbat*, la Ville d'Ouenza qui se trouve à l'aval d'Oued *Mellegue Amont* est sujette à de nombreuses inondations, surtout lors des averses généralement estivales et automnales. Aussi la ville de d'El Aouinet n'est pas moins à l'abri des inondations.

III.3.3.1 Localisation de la ville d'Ouenza :

La zone d'étude appartient au grand bassin la *Medjerda*, cette zone est encadrée par deux grands *Oueds El Kseub* au *Sud-Est* et *Mellegue Amont* au *Nord-Est*. Elle se situe entre les parallèles $8^{\circ}.4$ et $8^{\circ}.17$, et les méridiens $35^{\circ}.52$ et 30° (Fig n=°32).

Fig=°32

Carte de situation de la ville d'Ouenza (1/25.000)



III.3.3.2 Genèse des inondations :

L'agglomération de la ville de *Ouenza* est implantée sur les premières pentes du *Djebel Ouenza*, à des altitudes variant entre 550 m et 750 m . Le reste du relief est peu accidenté, descendant en pente douce vers *Oued El Kseub*. Sur le plan relief, *Ouenza* connaît deux catégories :

- Ancienne cité coloniale (*le noyau de la ville*) se trouve dans les hauteurs de *Djebel Ouenza* en aval de la mine. Le noyau sur l'axe de la route d'*El Meridj* qui s'étend des piémonts de *Djebel Ouenza* vers la plaine jusqu'à la limite d'*Oued El Kseub*.
- D'autres cités à l'Est, si l'ancien bourg n'ont pas connu de problèmes d'inondation du fait de sa position élevée, les nouvelles extensions jusqu'au limite du périmètre urbain sont souvent sujettes à des inondations. La situation est d'autant plus critique pour les constructions se trouvant en bordure des Oueds ou dans les zones plates qui étaient, naturellement des zones d'épandage des eaux des crues.

III.3.3.3 Géologie de la zone d'étude (ville Ouenza) :

La ville de *Ouenza* se trouve sur le plan géologique dans un milieu à faciès du complexe triasique formé de roches très caractérisées par leur richesse en fer qui sont des marnes bariolées, du *gypse* et *cargneules*. Le *trias* affleure en surface sous forme de dômes ou îlots et il est en contact anormal avec les formations géologiques les plus récentes. La zone d'*Ouenza* est très connue par son exploitation minière (*Fer* et *Phosphate*).

III.3.3.4 Caractéristiques physiques du sous bassin versant Oued Mourra :

a) Morphométrie des bassins versants :

Pour les besoins de l'étude, le périmètre d'impact a été scindé à Oued Mourra distincte relativement aux cours d'eau et suivant la configuration de zone inondable. La délimitation du bassin est faite comme suit :

Oued Mourra : Cette zone hydrologique couvre la partie *Nord* et *Nord-est* de la ville. Elle est drainée par *Chaâbat Guellet El Mourra* qui déverse leurs eaux dans *Oued El Mourra* juste à proximité de la *RN 56* menant vers *El Meridj*. De passage, les eaux drainées se déversent dans le périmètre urbain (Tableau n=°53).

Tableau n=° 53

caractéristiques morpho métriques.

<i>Paramètre</i>	<i>Unité</i>	<i>Symbole</i>	<i>I (Oued El Mourra)</i>
<i>Surface</i>	<i>Km²</i>	<i>S</i>	9.26
<i>Périmètre</i>	<i>Km</i>	<i>P</i>	15.74
<i>Indice de compacité</i>	<i>/</i>	<i>Kc</i>	1.46
<i>Longueur du rectangle équivalent</i>	<i>Km</i>	<i>L</i>	6.44
<i>Largeur du rectangle équivalent</i>	<i>Km</i>	<i>L</i>	1.43
<i>Longueur du thalweg principal</i>	<i>Km</i>	<i>I</i>	5.7
<i>Altitude :</i>			
<i>Moyenne</i>	<i>m</i>	<i>H_{moy}</i>	599.5
<i>Maximale</i>	<i>m</i>	<i>H_{max}</i>	724
<i>Minimale</i>	<i>m</i>	<i>H_{min}</i>	475
<i>fréquence 5%</i>	<i>m</i>	<i>H_{5%}</i>	713
<i>fréquence 50 %</i>	<i>m</i>	<i>H_{50%}</i>	663
<i>fréquence 95%</i>	<i>m</i>	<i>H_{95%}</i>	565
<i>Dénivelée = H_{5%} - H_{95%} = D</i>	<i>m</i>	<i>D</i>	148
<i>Indice de pente globale = D/L = Ig</i>	<i>m/Km</i>	<i>Ig</i>	23
<i>Indice de pente moyenne D_s = Ig S^{1/2}</i>	<i>/</i>	<i>D_s</i>	0.70
<i>Classe de relief</i>	<i>m</i>	<i>/</i>	<i>modéré</i>
<i>Rapport de longueur</i>		<i>RL</i>	1.17
<i>Rapport de confluence</i>	<i>/</i>	<i>Rc</i>	1.97
<i>Densité de drainage</i>	<i>/</i>	<i>Dd</i>	2.79
<i>Coefficient de torrentialité.</i>	<i>Km/km²</i>	<i>Ct</i>	8.44

III.3.3.5 Etude du climat :

Au site considéré, le bassin versant est dominé par un climat de type *semi aride* frais continental. Hiver très rigoureux en été très chaud.

a) Températures :

Les températures se caractérisent par une amplitude thermique accentuée entre le jour et la nuit. Le mois le plus froid est *janvier* avec une moyenne mensuelle de $6.33\text{ }^{\circ}\text{C}$ et le mois le plus chaud est *juillet* avec une moyenne mensuelle de $26.78\text{ }^{\circ}\text{C}$. La température moyenne annuelle est de $15.9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Le Tableau n=°54 donne la moyenne thermique annuelle et mensuelle ($^{\circ}\text{C}$).

Tableau n=° 54 moyenne thermique annuelle.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
T_{moy}	21.82	17.41	11.73	7.74	6.33	7.68	10.37	13.13	18.75	23.56	26.78	26.25	15.96

(Station de Tébessa : Atlas des températures et des évapotranspirations ANRH).

b) Les vents:

Dans la région les vents dominants sont de direction *Sud-Ouest*. L'intensité maximale à la station de *Tébessa* est observée durant les mois d'*Automne*. La vitesse moyenne annuelle des vents est plutôt modérée avec une valeur voisinant 2.6 m/s . (Tableau n=°55).

Tableau n=° 55 Moyenne mensuelle du vent en m/s.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
U (m/s)	2.45	2.26	2.67	2.83	2.92	3.22	3.26	3.52	3.11	2.91	2.93	2.57	2.60
N^{bre} de jour du vent	3	3	5	6	6	7	6	7	5	4	6	5	63

Le sous bassin versant Oued Mourra est situé dans une région peu arrosée. Dans la région, il existe une station pluviométrique du nom *Ouenza*. Elle est située à 4 km au Nord du chef lieu de la commune. Les données de cette station ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). Les caractéristiques de cette dernière sont portées dans le tableau suivant :

Station	Code	Coordonnées		
		X	Y	Z
Ouenza	<i>12-04-01</i>	989,375	312,625	496,000

c) Pluie moyenne annuelle :

La pluie annuelle moyenne dans la région d'étude est comprise entre 400 et 450 mm .La répartition des pluies moyennes mensuelles à la station d'Ouenza représentée dans le chapitre II qui traduit clairement les variations saisonnières et leurs distributions à l'échelle annuelle. Pour généraliser la pluie sur l'ensemble de bassin versant, nous avons appliqué la relation de P. SELTZER :

$$P_{B-v} = P_{SR} + 0.45 A.$$

P_{B-v} = pluie moyenne annuelle sur l'ensemble du bassin versant.

P_{SR} = pluie moyenne annuelle à la station de référence.

A = Différence d'altitude = Altitude moyenne du bassin versant – Altitude de la station de référence.

Tableau n=°56 Répartition des pluies mensuelles moyennes sur les bassins versants.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Pluie (mm) sur le bassin versant I	34,5	20,7	26,9	18,8	24,1	26,6	37,8	32,2	43,1	23,7	9,2	18,2	316

c) Irrégularité des pluies annuelles :

L'expression de la loi log - normale est la suivante :

$$P\% = \frac{P}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(Cv^2 + 1)}}$$

P % : pluie annuelle de fréquence voulue en mm.

P: pluie moyenne annuelle en mm.

Cv : coefficient de variation

U : variable de gauss.

Tableau n=°57 Pluies annuelles probable au dépassement

Bassins versants	Fréquence	Variable de GAUSS	P annuelle du Bassin versant (mm)
I	0.90	-1.28	196.0
	0.80	-0.84	226.6
	0.70	-0.52	252.0
	0.60	-0.25	275.0
	0.50	0	299.2

d) Pluie journalière maximale :

Pour pouvoir déterminer les pluies journalières maximales au niveau du bassin versant, nous avons multiplié les valeurs des pluies journalières maximales de la station d'Ouenza par le rapport des moyennes annuelles.

Tableau n° 58 Pluies journalières maximales pour les probabilités au non dépassement.

<i>bassins versants</i>	<i>Fréquence</i>	<i>Période de retour en ans</i>	<i>Variable de GAUSS</i>	<i>P_{jmax} (mm) Bassin versant</i>
I	0.90	10	1.28	58.5
	0.95	20	0.84	63.9
	0.98	50	0.52	70.0
	0.99	100	0.25	74.1
	0.999	1000	0	85.4

e) Pluie de courte durée et temps de concentration.

Pour passer de la pluie journalière (24 heures) à la pluie de courte durée, nous avons appliqué la relation Intensité - Durée - Fréquence par référence à la station de Tébessa étant donné que cette dernière est considérée comme représentative de la région. La relation se présente comme suite:

$$\frac{P_t}{P_{jmax}} = a * t^b$$

P_t : pluie correspondante à un pas de temps *t*(heure).

P_{jmax} : pluie journalière maximale en *mm*.

a et b : paramètres climatiques.

La relation obtenue est la suivante:

$$P_t / P_{jmax} = 0,497 * t^{0,209}$$

Dans notre cas P_t correspond à la pluie de durée égale au temps de concentration T_c. Pour l'estimation du temps de concentration, nous avons appliqué trois formules empiriques souvent utilisées:

Formule de KIRPICH

$$T_c = 0,945x (L^{1,155} / D^{0,385}) \text{ [heure].}$$

I : longueur de thalweg principal en (Km).

D : Dénivelée en (m).

Formule de SOKOLOVSKY

$$t_c = \frac{L}{3.6 \times V} [\text{Heure}]. \quad \text{Avec :}$$

I : longueur du thalweg principale en *km*.

V : vitesse de ruissellement en *m/s*. Elle varie de 1.0 à 2.5 *m/s* selon la longueur du cours d'eau et le relief.

Le relief du bassin versant I est modéré, on prend une vitesse moyenne de 1.0 *m/s*.

Formule de GIONDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}} [\text{Heure}].$$

L : longueur du thalweg principal en (*Km*).

H_{moy} : Altitude moyenne du sous bassin versant en (*m*)

H_{min} : Altitude minimal du sous bassin versant en (*m*)

S : Superficie du sous bassin versant en (*Km*²).

Tableau n=°59 Temps de concentration en heures pour les bassins versants

Formules	Bassin versant I
KIRRICH	1.14
SOKOLOVSKY	0.79
GIONDOTTI	2.20

Les trois (03) formules donnent des valeurs différentes. Par mesure de sécurité, nous prenons en considération le temps de concentration estimé par la formule de **KIRPICH** qui est la plus conseillée pour les petits bassins.

Tableau n=°60 Pluies de durée égale au temps de concentration pour différentes fréquences

bassin versants	périodes de retour	Fréquence	Pj % mm	P_{tc} mm	intensité mm/h
I	10ans	0.90	58.46	29.86	26.2
	20ans	0.95	63.89	32.63	28.6
	50 ans	0.98	70.00	35.75	31.4
	100 ans	0.99	74.10	37.85	33.2
	1000 ans	0.999	85.45	43.65	38.3

f) Estimation des débits maximums des crues des bassins versants :

La recherche de bassin versant ayant des caractéristiques similaires dans la région et disposant de stations hydrométriques avec mesure de débits instantanés n'a pas été concluante. Pour évaluer les débits max, on a donc utilisé les formules empiriques qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques du bassin versant.

Formule de TURRAZA

$$Q\% = p_{tc\%} * s * c / 3,6 * t_c$$

Q % : débit de crue de période de retour voulue (en m³/s)

t_c : temps de concentration du bassin versant

p_{tc} %: pluie de durée t_c et de période de retour voulue

C : coefficient de ruissellement du bassin versant.

$$C = (10 \text{ ans}) = 0.5$$

$$C = (100 \text{ ans}) = 0.7$$

$$C = (1000 \text{ ans}) = 0.8$$

Formule de SOKOLOVSKY

$$Q\% = 0,28 P_{tc} \% . S . C . F / t_c \text{ [m}^3 \text{/s]}$$

F: coefficient de la forme de l'hydro gramme.

$$F = \frac{12}{4 + 3\gamma}$$

Avec : $\gamma = 2$ pour les petit cours d'eau

Tableau n=°61

Débits différentes fréquences.

<i>Sous bassin versant</i>	<i>Période de retour An</i>	<i>Fréquence %</i>	<i>P_{jmax} mm</i>	<i>P_{tc} mm</i>	<i>Débit selon la formule TURRAZA m³ /s</i>	<i>Débit selon SOKOLOVSKY M³ /s</i>
I	10	10	58.4	29.86	33.7	41.0
	100	1	74.1	37.85	59.8	72.3
	1000	0,1	85.4	43.65	78.8	95.3

La formule de TURRAZA donne des valeurs de débits max légèrement inférieures comparativement à celles obtenues par la formule de SOKOLOVSKY. Par mesure de sécurité, les valeurs des débits max adoptées sont celles obtenues par la formule de SOKOLOVSKY.

III.3.4 Comprendre le risque pour le maîtriser :

Les sciences de la terre sont aujourd'hui suffisamment développées pour expliquer le mécanisme ; de la plupart des catastrophes naturelles. Cela permet de prendre des mesures de précaution renforcée : constructions aux normes antisismiques ou à l'épreuve des vents violents régularisation des cours d'eau par des barrages, des digues, abattage des arbres dans les forêts le long des couloirs, mais parfois la seule mesure de précaution réellement efficace est d'interdire la construction dans certaines zones. Mais ces mesures de précaution sont coûteuses et gênantes.

Souvent, les populations hésitent à engager des dépenses ou à renoncer à des terrains constructibles pour prévenir une catastrophe qui peut très bien ne jamais se produire : c'est le propre du risque d'être aléatoire, c.à.d. affaire de hasard. Le rôle de la science est donc aussi d'évaluer la probabilité du risque et de déterminer.

Quelque régions ont besoin d'une protection particulière et d'autres sont peu exposées au risque. Encore faut-il ensuite, qu'il ait la volonté et les moyens financiers pour engager les mesures de prévention et les imposer aux citoyens.

III.3.5 Identification des zones inondables :

Pour limiter les régions qui sont exposées au risque d'inondation on suit la méthode suivante :

En premier lieu on répartit la vallée tout le long de l'Oued en zones homogènes selon : la pente, la largeur de l'Oued (*lit majeur*) et aussi la profondeur de l'Oued. En suite on trace des profils en travers pour un ravin (Oued Mourra) (Ville Ouenza) (*Fig n=°33-34*) et un autre pour (Oued *Mellegue Amont*) pour une inondation (*Fig n=°35*) en 1976 avec un débit de $318.60 \text{ m}^3/\text{s}$ et une hauteur de 300 cm de cette dernière, puis on détermine les surfaces des sections inondables par une enquête sur terrain on effectue une comparaison par rapport à la surface des sections théoriques par l'usage du programme de (*Canal P*), pour calculer un coefficient qui relie entre la section inondable en réalité et la section inondable théorique à partir de là, on délimite les zones inondables selon la valeur du débit estimé. Cette méthode nous permet de faire une étude préalable pour délimiter les zones inondables dans un espace urbain ou rural en s'appuyant sur les précipitations, connaissant les débits (*inondation*) et aussi la topographie de l'espace sans oublier l'enquête du terrain. Cette méthode permet d'estimer les dégâts matériels et humains pour éviter le risque d'inondation dans un temps bien déterminé. Cette méthode reste toujours une estimation pour un zonage des secteurs inondables (*Fig n=°36*).

$$P_{jmax} \rightarrow Q_{max} \rightarrow \text{Zone inondable.}$$

Largueur du talweg : $l = 11\text{m}$.

Hauteur d'eau : $H = 0.321\text{m}$

Section : $S_1 = 116 \text{ m}^2$.

Pente : $\alpha = 0.3$.

Débit max : $Q_{max} = 318.60 \text{ m}^3/\text{s}$.

Forme de l'Oued : Trapézoïdal

Section : $S_2 = 19.08 \text{ m}^2$.

$$\text{Coefficient : } \frac{S_1}{S_2} = 6.08.$$

- Crues Décennale (Q10) :

$H = 0,312 \text{ m}$.

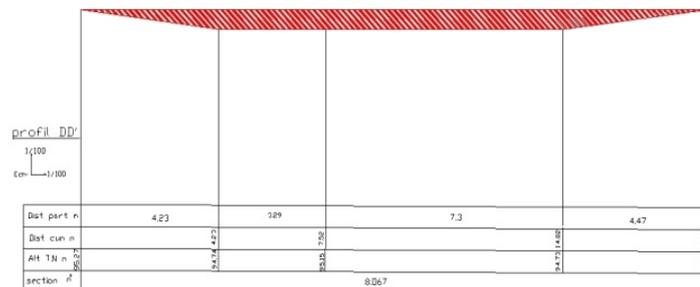
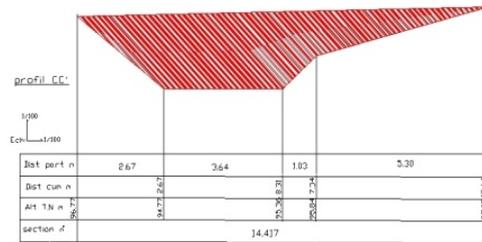
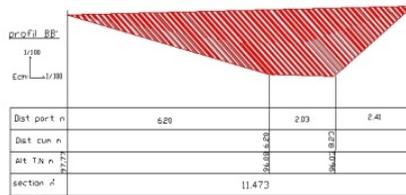
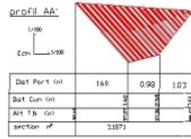
$S = 18,42. 6, 08 = 111.99\text{m}^2$.

- Crues Centennale (Q100) :

$H = 0,368 \text{ m}$.

$S = 22,65.6.08 = 137.71$.

Fig n° 34 Profils en travers (Oued Mourra)



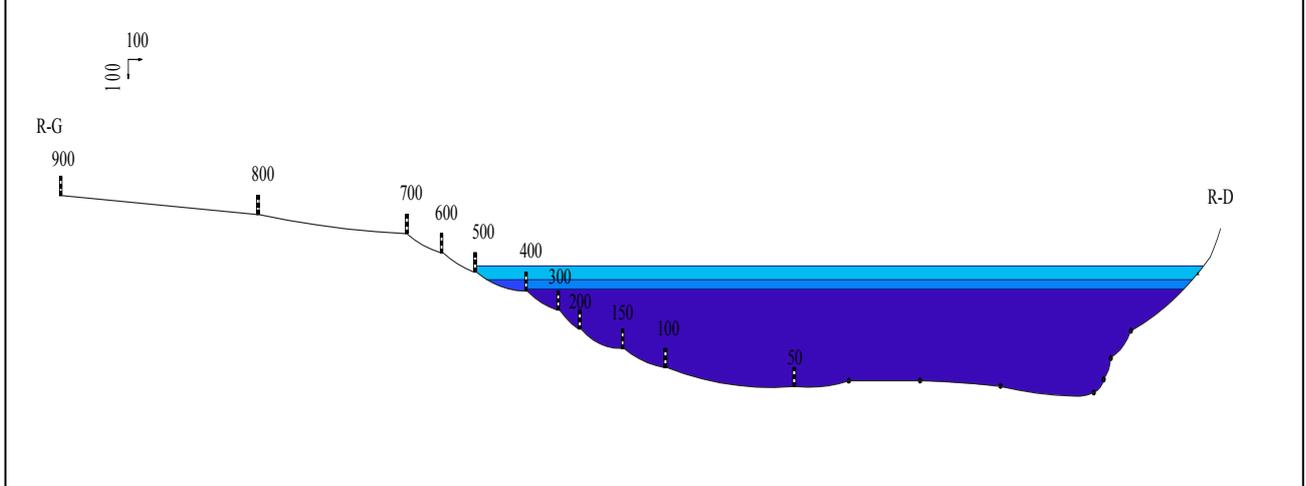
- Crues Millénaire (Q1000) :

$$H = 0,435 \text{ m.}$$

$$S = 28,09 \cdot 6,08 = 170,78 \text{ m}^2$$

Fig n° 35 :

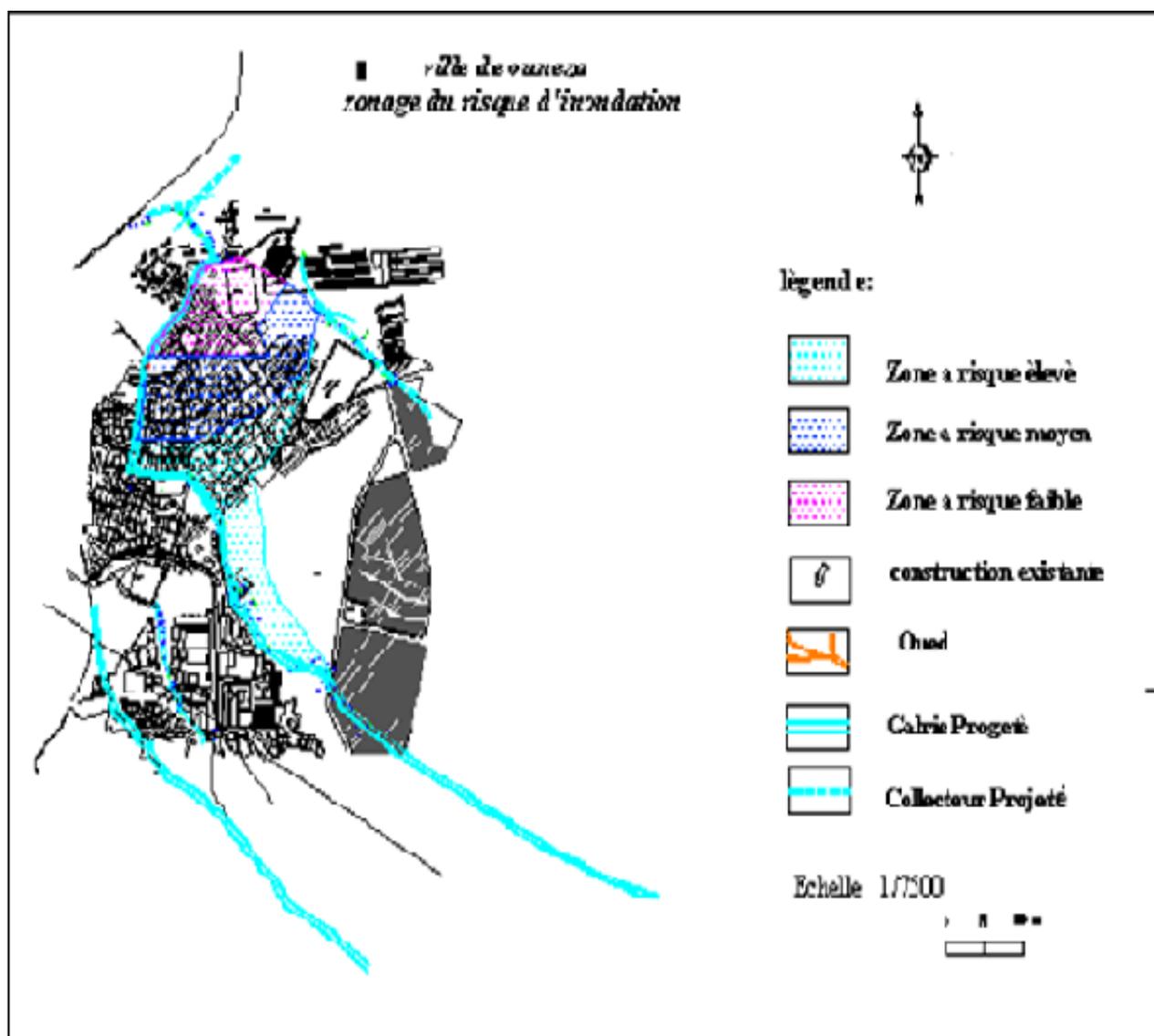
Profil en travers (Exutoire d'Oued Mellegue Amont).



Interprétation de la carte (Fig n=°36) :

La ville d'Ouenza (ancienne ville minière) est caractérisée par un relief en majorité plat dans lesquels s'élèvent un ensemble de massifs *calcaires* et *marno-calcaire*. Les différents éléments qui constituent le milieu physique de la ville offrent des conditions plus sensible à l'écoulement, qui donne des traits physiques particuliers, une dynamique fluvial et dynamique des versant très actives.

A partir de l'hydrologie, topographie de la ville d'Ouenza et sur la base du constat sur terrain avec des renseignements recueillis auprès des responsables de l'hydraulique ainsi que des autorités locales, on a essayé d'établir une carte des zones à risque d'inondation dans la ville d'Ouenza.



La carte dressée fait ressortir trois zones :

1/ Zone à risque élevé :

Cette zone couvre les quartiers *El Bayada* et les nouvelles cités situées aux Sud-Est de *Ferphos*. Une partie d'*Oued Mourra* correspondant à la partie centrale qui draine pratiquement un bassin en majorité urbanisé, la largeur du lit de l'Oued est variable : profond à son début et évasé à la limite du périmètre.

Dans cette partie l'affluent constitue un lieu de dépôt et de détrit, c'est un lieu propice à la dégradation de l'hygiène, on peut dire que la zone rouge est une zone de débordement.

2/ Zone à risque moyen :

Elle se concrétise dans la partie centrale de la cité d'*El Bayada*. Dans cette zone les risques d'inondation peuvent provenir des débordements.

3/ Zone protégée :

Cette zone se trouve au début de l'Oued Mourra et qui englobe une petite partie de la cité d'*El Bayada*. Vu la pente et le débit probable existant la zone n'est pas touchée par l'inondation.

III.3.6 Gestion du risque d'inondation:

La gestion du risque d'inondation relève de l'autorité de plusieurs services de l'état. Pour chacun d'entre eux, leurs missions ont beaucoup évolué au fil des différents textes législatifs et réglementaires. La présentation se limite cependant à un aperçu rapide de la situation actuelle des différents acteurs et des textes législatifs en vigueur, du fait de leur étendue.

III.3.6.1 La prévision :

Le processus amont fondé sur la modélisation des phénomènes et l'observation régulière de variables représentatives. Sans entrer dans une description exhaustive des domaines retenir l'intervention des services d'annonce de crues de la navigation et de météo. La prévision d'événements hydrologiques graves relève d'une part de l'annonce de crues et d'autre part de la météorologie à qui revient la tâche d'anticiper l'événement météorologique grave, capable de provoquer des débits très importants.

III.3.6.2 Les préventions :

Tous les services impliqués à un moment ou à un autre dans la gestion de l'événement sont concernés par le retour d'expérience. Toutes les informations recueillies pendant la crise doivent être capitalisées dans des documents et des bases de données synthétiques, mais dans notre cas cette expérience est absente. Autrement dit le risque d'inondation occupe une place importante dans les plans de prévention des risques (*PPR*) et les plans d'organisation des secours.

a) Mesures modérées :

Le PPR s'impose aux communes, qui sont responsables de l'urbanisme et l'établissent des plans d'occupation des sols (POS) mais ils ne vont pas jusqu'à interdire de construire dans toutes les zones exposées au risque seules les plus exposées sont inconstructibles. Dans les autres zones inondables (la majorité) il est permis de construire mais à certaines conditions la commune doit réaliser des aménagements de protection (*digues*) les installations dangereuses (*usine de produits toxiques*) est interdite certaines normes de construction sont exigées (*servitudes*).

b) Une politique contestée :

Exposition des personnes à un risque limité mais réel : La recherche de l'équilibre entre la sécurité et le besoin de terrain pour construire est difficile à trouver. Politique critiquée à chaque grande inondation, faut-il renoncer à toute construction en zone menacée, même par une crue millénaire, au non du principe de précaution. La prévention des inondations est matière à débats, elle impose des choix entre différentes façons d'aménager l'environnement.

III.3.6.3 Les propositions et les aménagements adoptés :

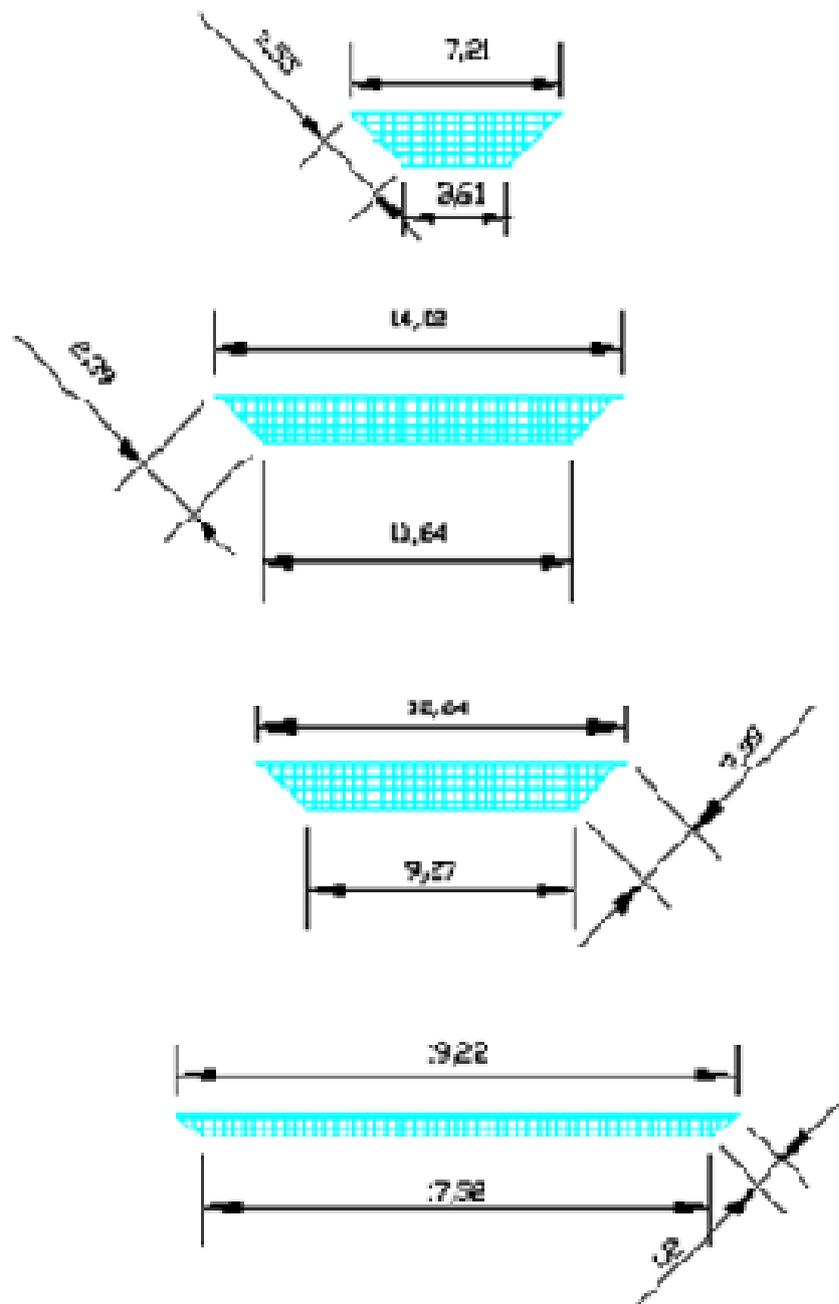
La diversité des définitions proposées dans la littérature montre combien qu'il est difficile d'obtenir un consensus sur un problème impliquant des éléments naturels ou non. On peut cependant noter que différents termes sont récurrents dans les diverses définitions et doivent être pris en compte (*Fig n=°37*).

Que faire ?

Les aménagements qui ont été réalisés pour certains usages, sont aujourd'hui tombés en désuétude. Certains contribuent à altérer le bon fonctionnement de cours d'eau. Par contre les choix opérés dans l'aménagement du territoire ont également une responsabilité sur l'état défavorable des cours d'eau : modification de l'occupation du sol dans les bassins versant, augmentation de la taille des parcelles agricoles avec disparition des freins à l'écoulement des eaux et à l'érosion des sols, drainage des fonds de vallées, urbanisation des lits majeurs et parmi les principales conséquences:

- Perturbation des équilibres faunistiques et floristiques et l'appauvrissement des Écosystèmes aquatiques.
- Modification du transit des eaux accentuant les impacts des inondations et les apports polluants.
- Les coulées de boues et une érosion des sols accrues entraînant des apports de sédiments dans les cours d'eau, leur envasement et la baisse de leurs capacités d'autoépuration.

Anénagement proposé sur le lit de Oued Mourra.



Les aspects hydrauliques et biologiques doivent précéder tout programme d'action et aider à le définir de façon à allier les exigences environnementales du milieu aquatique et les usages développés sur le bassin versant. Autrement dit ; les travaux de restauration sont souvent traumatisants pour les écosystèmes aquatiques. A Partir de là, le traitement structurel doivent être donc plus efficaces et plus réactifs aux enjeux, aux avancées de la connaissance technique et au retour d'expériences, alors on peut dire qu'on a réduit l'aléa (fig n=°38).

Schéma synthétique de l'étude d'inondation

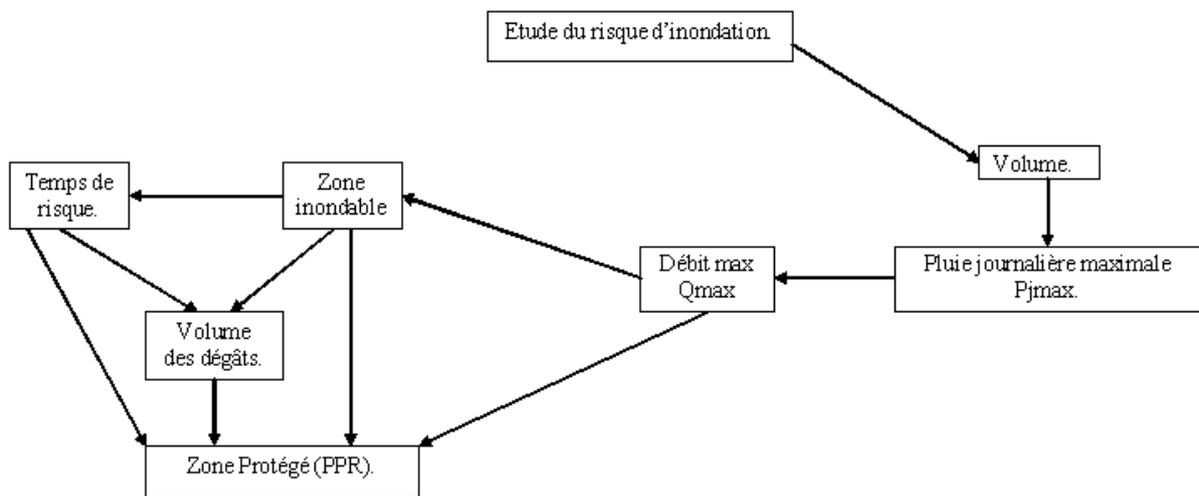
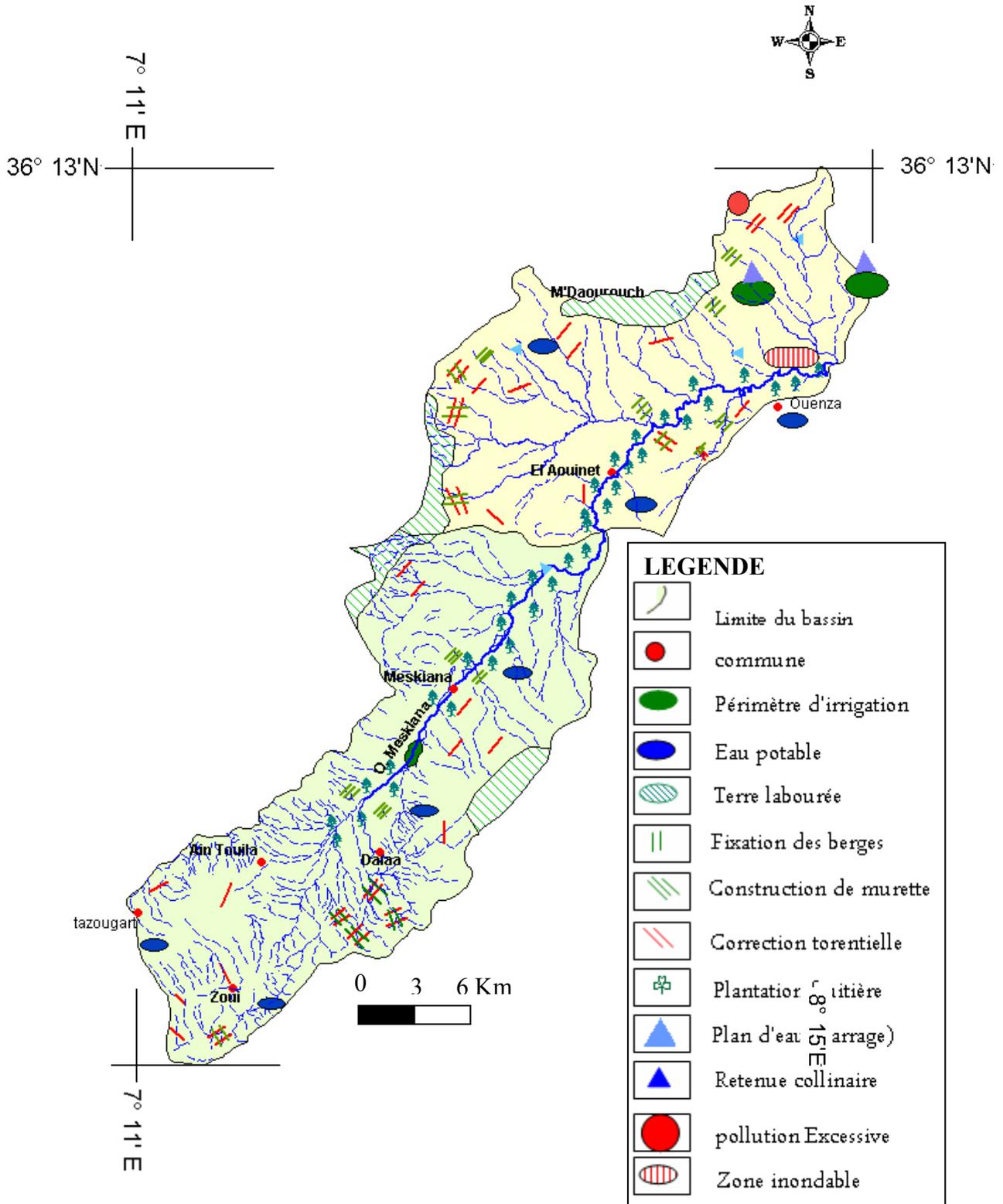


Fig .38 : *Carte des Interventions et Proposition.*



Conclusion:

L'aboutissement logique d'une analyse de données est la modélisation. Pour ce faire, nous avons orienté notre chapitre en fonction de la disponibilité des données de débits et de mesures de concentrations de matières en suspension. Le modèle en courbe simple est le plus fréquent, traduisant une action érosive instantanée et un transport des sédiments en suspension rapide provoqués par des averses court et violentes sur des sols généralement secs, fragiles et Peu protégés.

Parallèlement à cette action, nous avons constaté aussi que le terrain est exposé aux risques d'inondation, compte tenue de la fragilité du milieu. Il est tout à fait clair, qu'il résulte de la dynamique du milieu plusieurs entrées et sorties. Ce mouvement entraine une apparition des formes géomorphologiques, quant au déplacement des êtres vivants d'un milieu à un autre. Ceci, étant dit, qu'on a voulu dans un premier temps identifier les zones à risque, a partir de certains éléments qui constituent le milieu naturel et qui offrent des conditions plus sensibles à l'écoulement, mais aussi une dynamique pluviale active.

Par ailleurs, nous avons jugé utile de formuler des propositions et des perspectives dans le souci d'éviter une fois de plus les inondation, qui se posent en règle générale dans l'urbanisation des espaces et qui ont tendances a subir un déséquilibre dans la dynamique du système environnemental.

Conclusion générale

Au terme de notre étude, on pense que notre travail ne serait pas complet si on ne faisait pas le bilan des réponses que nous avons apportées. A la lumière de cette tentative de recherche on propose une analyse des différents paramètres suivants :

- A cheval sur l'*Algérie* et la *Tunisie*, le bassin versant de la *Medjerda* occupe dans sa partie *Algérienne* 7870 km^2 et le bassin de *Meskiana-Mellegue* fait partie du bassin de *Medjerda* qui porte une superficie de 3370 km^2 .
- Le bassin présente des ensembles morpho-structuraux bien tranchés. Les paramètres physiographiques, montrent que l'hypsométrie du bassin varie entre $350\text{m} - 1450\text{m}$ d'altitude, ce bassin présente une forme assez allongée (*étirée*) dans l'ensemble avec une densité de drainage de $(3.20 < Dd < 3.30)$.
- L'analyse de la carte des pentes du bassin versant de *Meskiana-Mellegue* montre qu'il y'a des différents classes de pentes ($0 < P < 25\%$) qui signifie que le relief est modéré est assez fort. Dépend du relief et la densité de drainage, le coefficient de torrentialité atteint 5.53 et 6.31 respectivement pour *Meskiana* et *Mellegue Amont*. Le temps de concentration varie ainsi de $14 \text{ h } 50$ à $16 \text{ h } 50$.
- Dans son ensemble le bassin présente une forme dendritique de son réseau hydrographique. Ce bassin se caractérise par le manque du couvert végétal, avec un mélange de prédominance des calcaires, *marnes*, *limons*, *alluvions* et *d'argile*.
- L'ensemble de la zone étudiée est formé de roche sédimentaire avec des différentes formations (*Plio-Quaternaire*, *Miocène*, *Crétacé*). Cette région fait partie de la structure Autochtone *Nord - Aurésienne (Aurès-Nememcha)*.
- L'étude hydro climatologique permet d'attribuer à la région un climat *Semi-aride* avec un *Hiver* froid et un *Eté* sec et chaud. Les pluies sont irrégulières elles varient entre $370 - 380 \text{ mm}$ de l'ensemble du bassin avec une température moyenne annuelle Comprise entre 15° et 17°c .
- Selon la méthode de *Thorntwaite l'ETR* et de 86.28% des précipitations sur la période $(19 - 2006)$ pour la station de *Tébessa*.
- Le comportement hydrologique d'un cours d'eau est lié à la diversité des facteurs physico-géographiques et l'analyse statistique des données nous a permis de saisir les variations spatiales de l'écoulement superficiel. Le régime saisonnier du bassin est essentiellement pluvial se fait sous forme de crue. Ces débits de crue permettent de mettre en évidence la réaction du bassin pendant un laps de temps réduit à une averse ou séquence pluvieuse donnée, par contre les étiages son moins brutaux qui permettent de mettre en valeur la forte décroissance des débits en phase de tarissement et surtout les restitutions des nappes aquifères à l'écoulement fluvial.
- Le bassin de *Meskiana-Mellegue* offre des conditions très favorables surtout à la mobilisation et au transport des matériaux, en effet la dégradation spécifique varie entre $350 \text{ t/km}^2/\text{ans}$ et $96 \text{ t/km}^2/\text{ans}$ faisant la comparaison entre les résultats des formules empiriques et celle du modèle on est arrivés d'expliquer la disparité qui résulte principalement de la différence de la lithologie, le couvert végétal, la pente et la taille du bassin.

- Le bassin versant de **Meskiana-Mellegue** est exposé aussi au risque d'inondation et leur évolution nécessite une création d'une représentation standard dans le but de prévoir ce risque.
- La gestion du risque d'inondation s'organise également en trois temps principaux et l'analyse des circonstances de l'événement permet d'envisager les politiques de prévention et de protection contre le risque.
- Alors que les aménagements modernes, créés aux bassins de **Mekiana-Mellegue Amont** est celui du *barrage* de (**Bataum**), ainsi que l'aménagement d'autres *retenue collinaires*. Il est à signaler, que les projets programmés où en cours de réalisation, présentent des incohérences au plan économique et financier, nous avons jugé utile de mener une action de recherche orientée vers la rationalité et l'efficacité du sujet, pour mieux appréhender la protection du bassin en question.

Annexe

Annexe n°1

Fig n°12c Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls

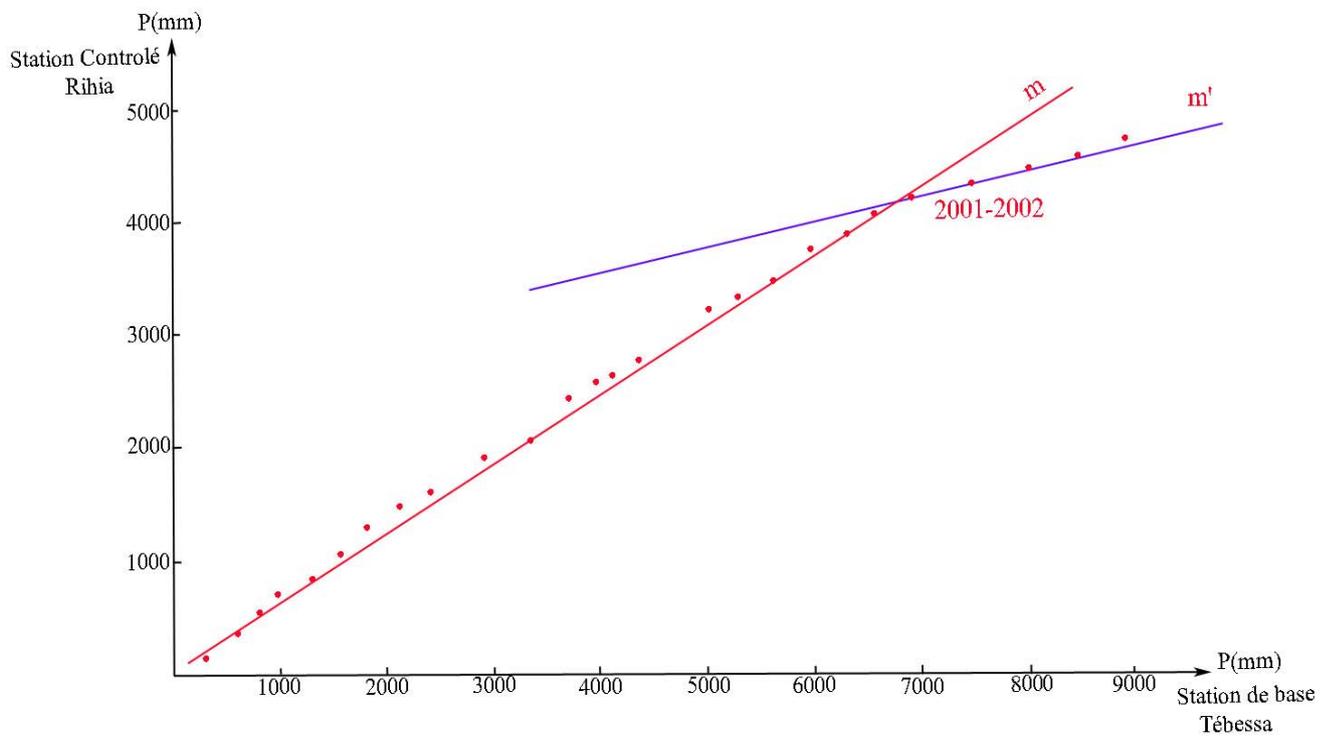
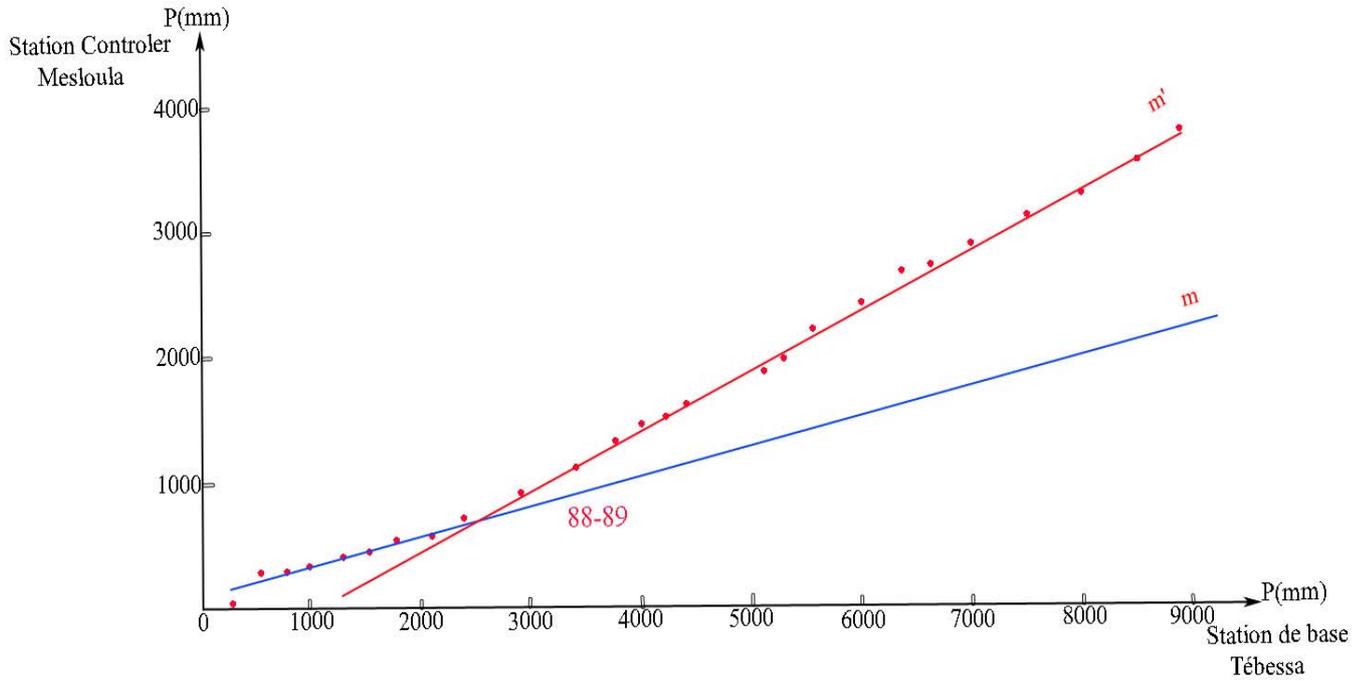


Fig n=°12d Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls

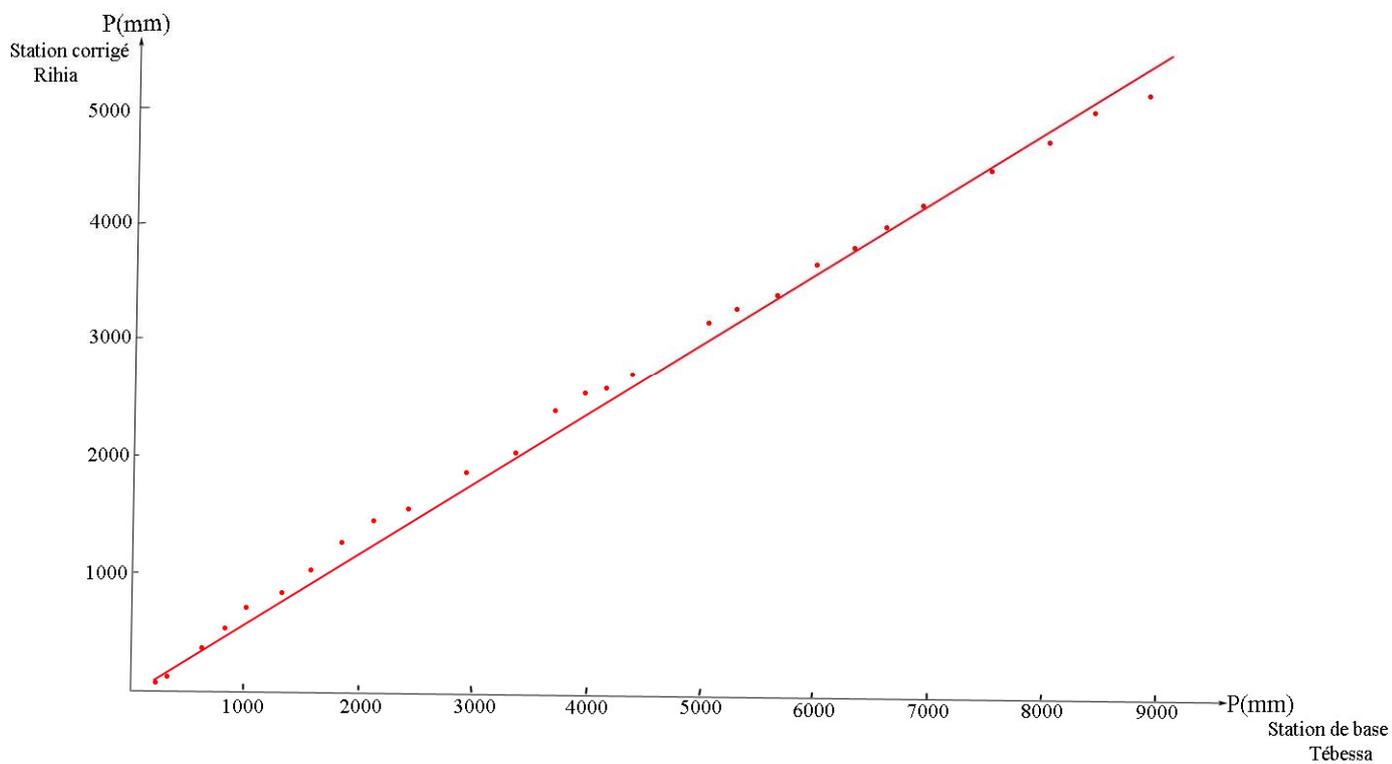
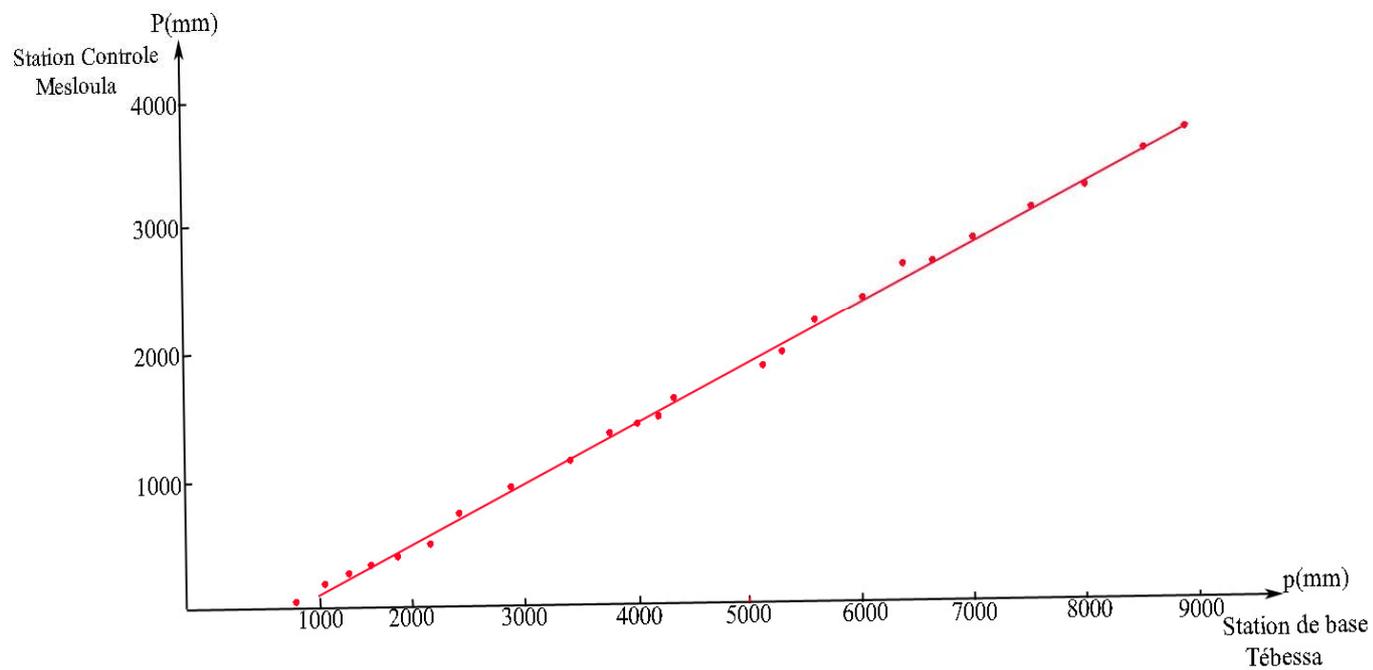
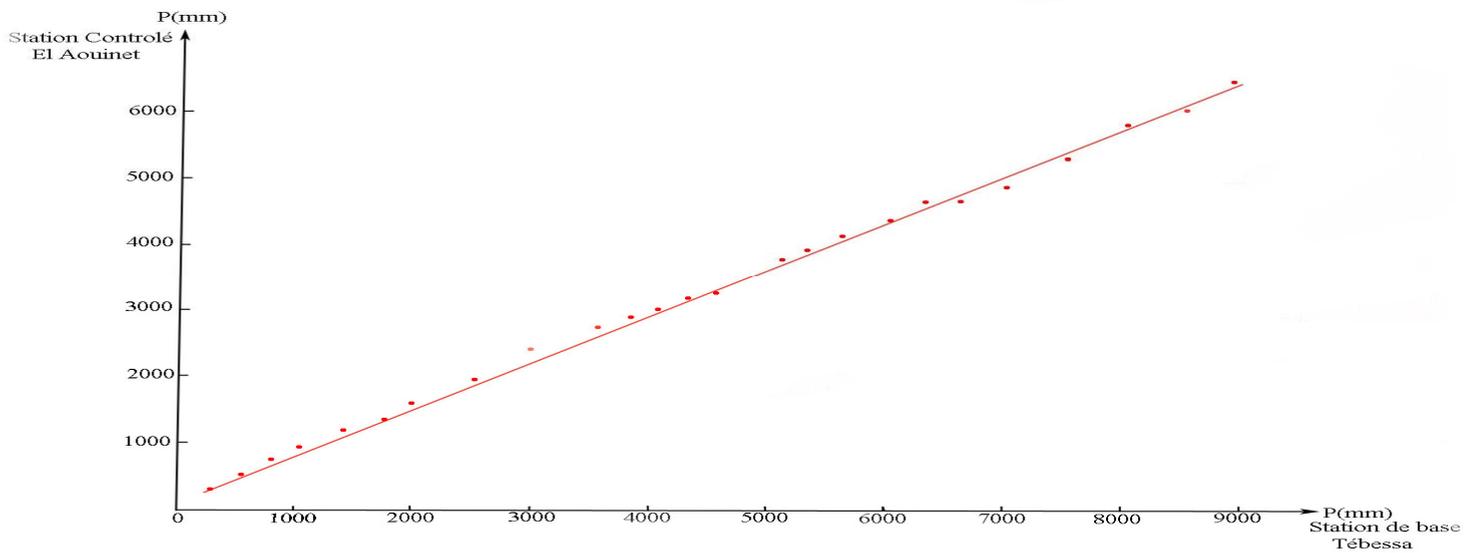
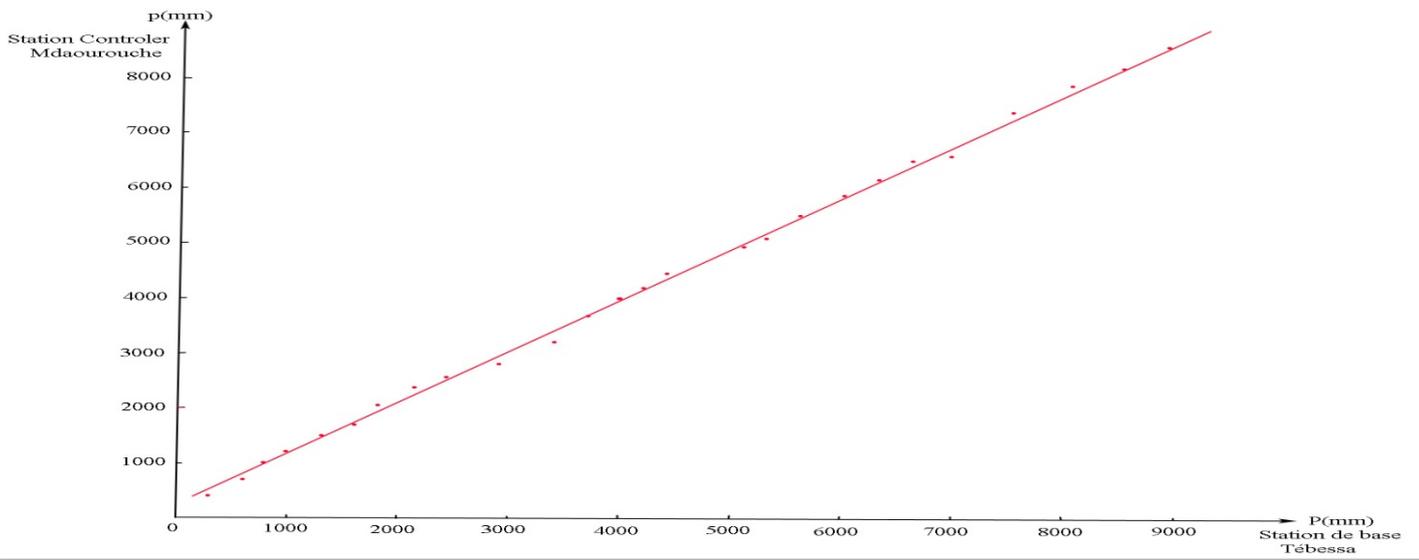
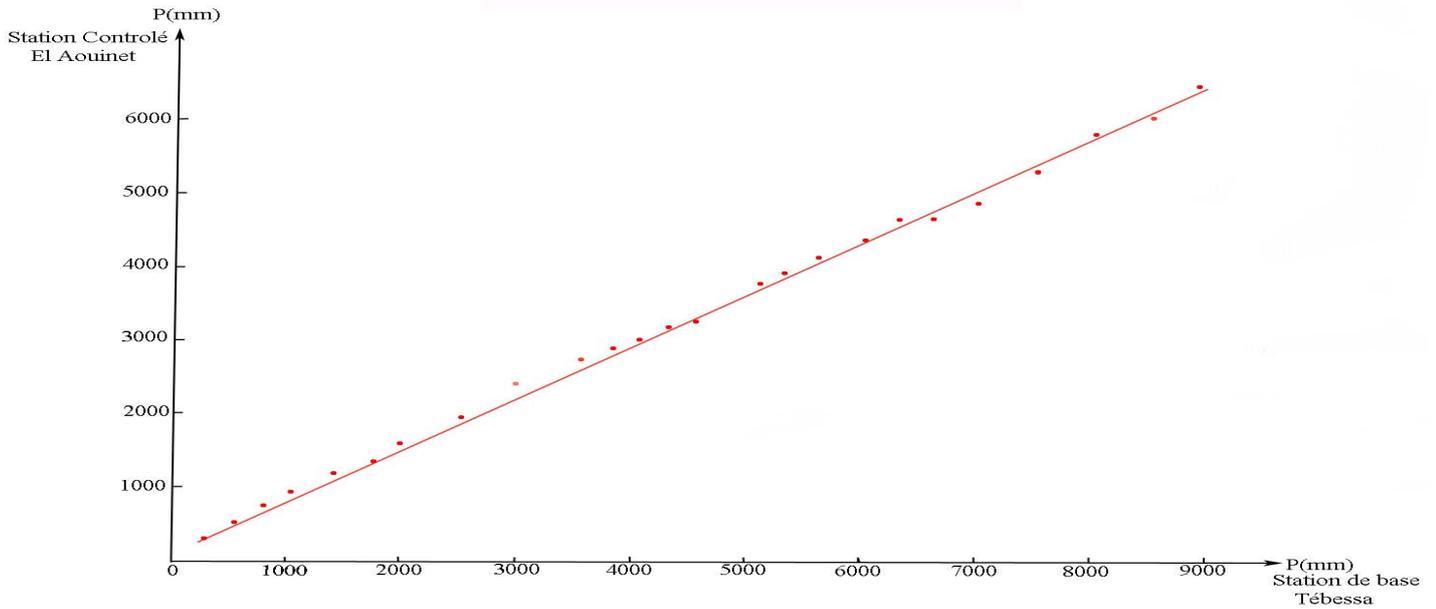


Fig n=°12e

Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles cumuls.



Annexe n°2

Fig n° 13b

Régression a l'échelle annuelle.

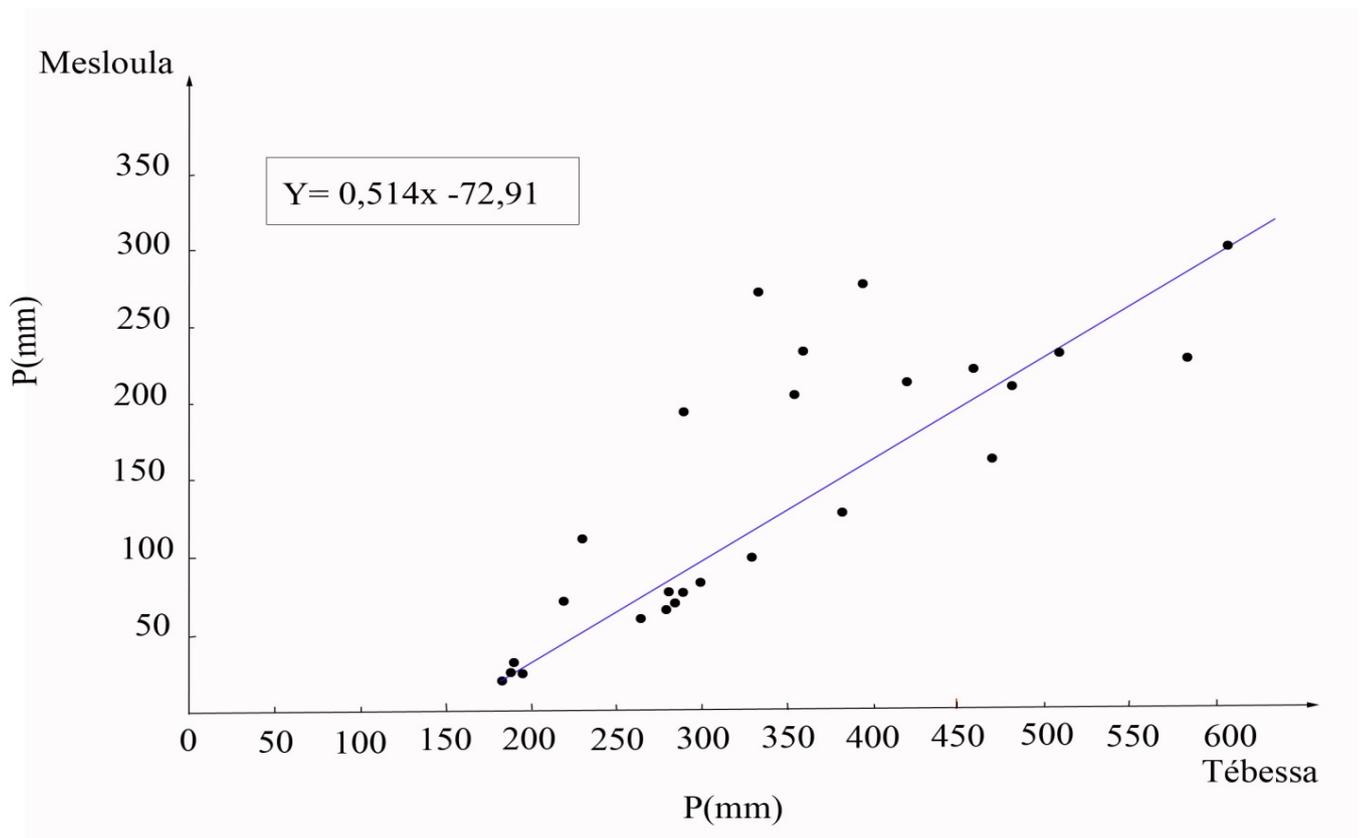
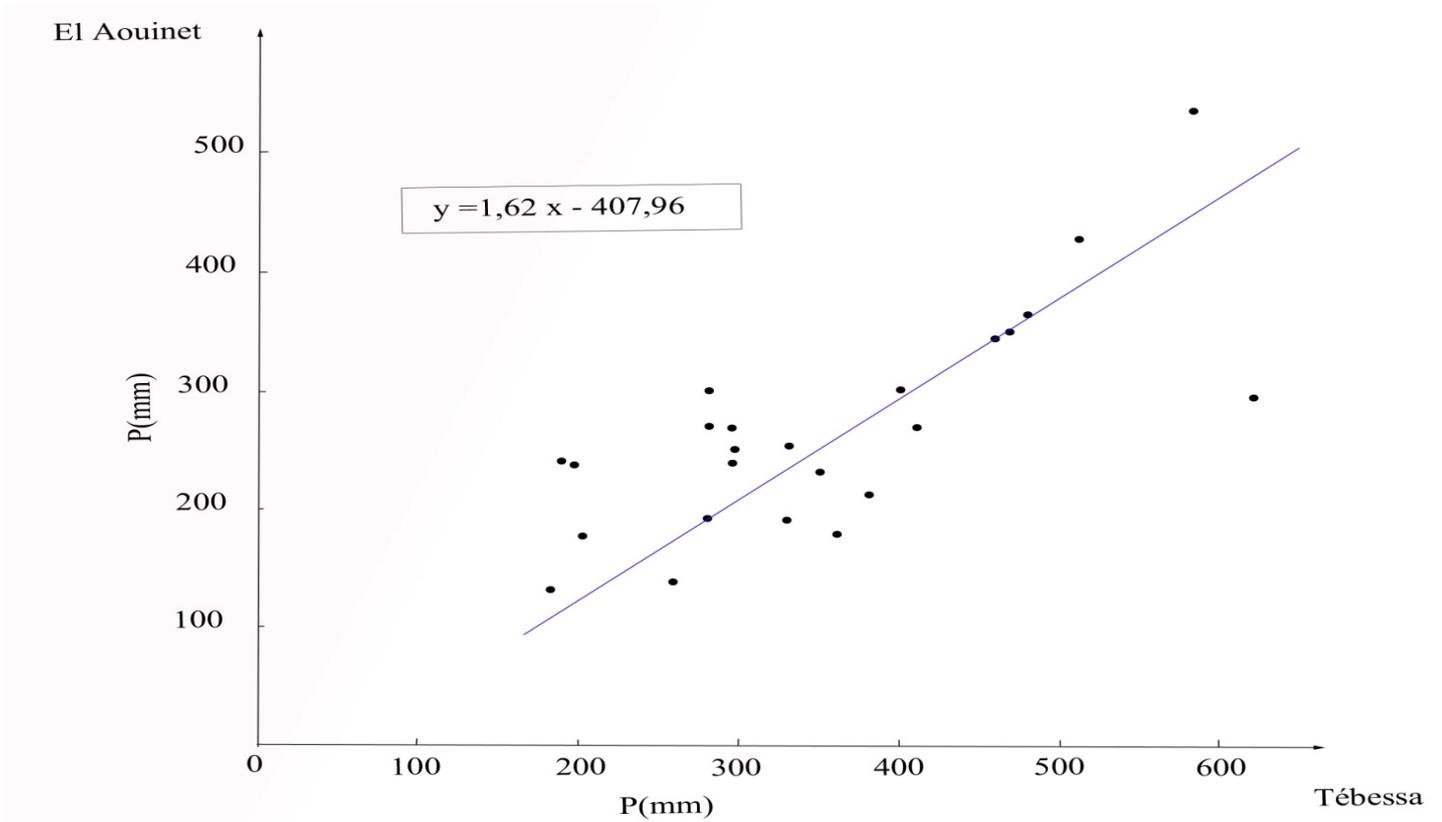
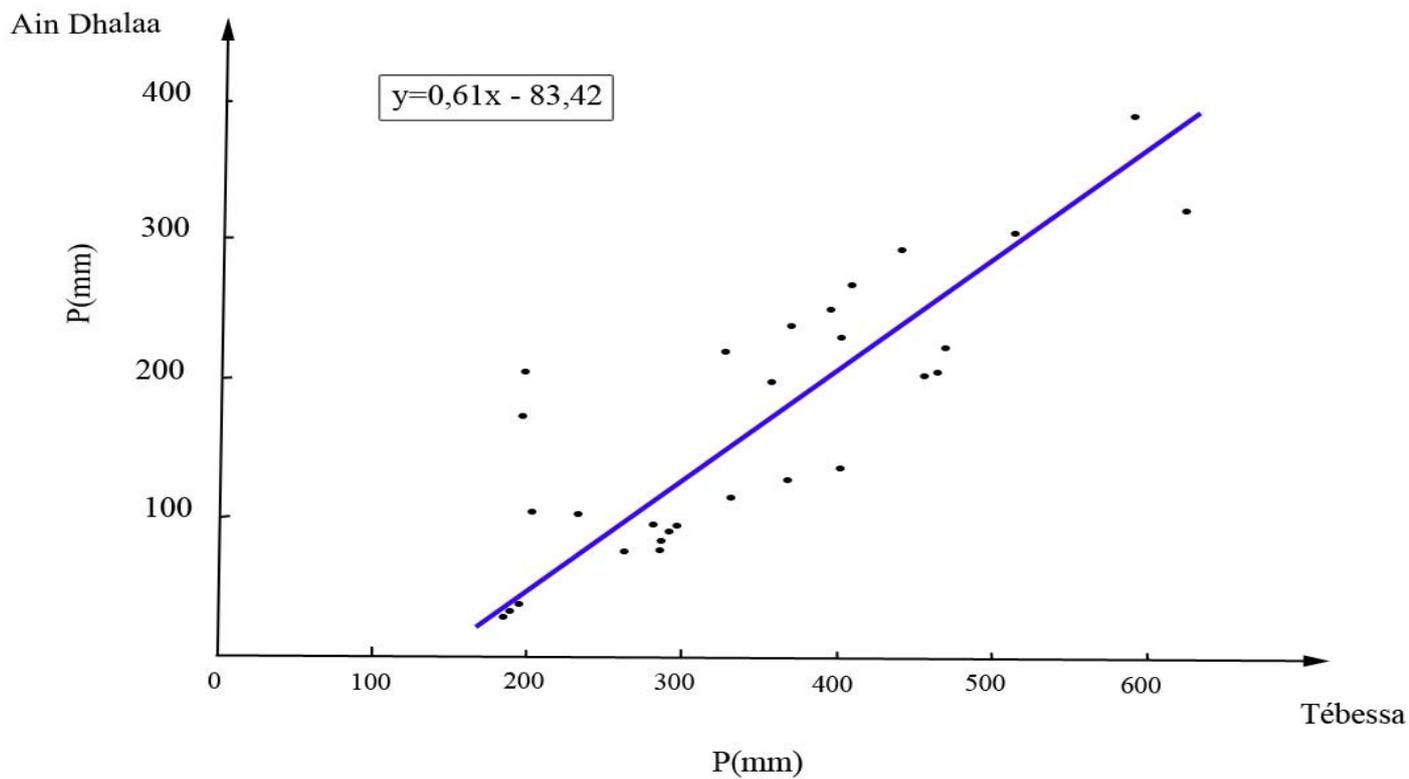
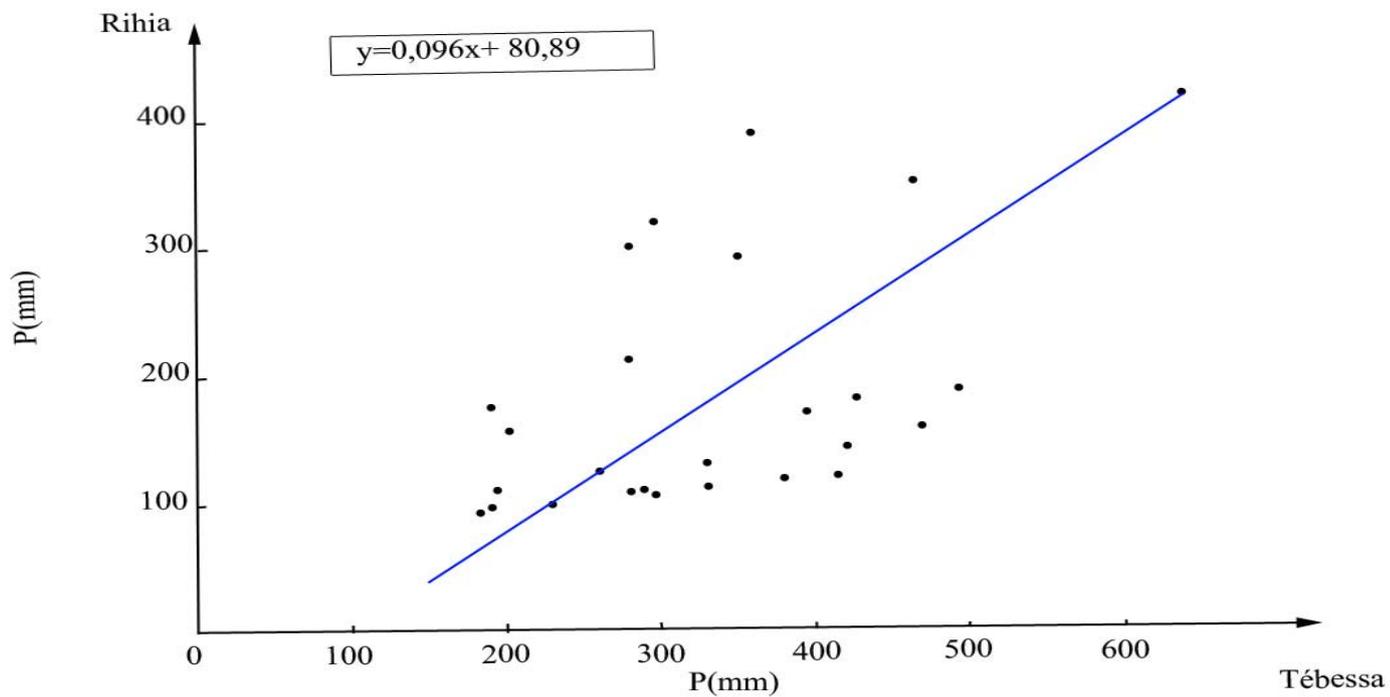


Fig n=° 13c

Régression a l'échelle annuelle.



Annexe n=°3

Bilan Hydrique (ETP) selon la formule de « Turk »
Pour la station de Tébessa (Bassin Medjerda).

Mois	Iga	Ig	Hr	Tpc°	Pr	ETP	Pr-ETP	ETR	RU	Def	Exe
S	310,52	440,62	57,12	21,82	45,32	115,78	-70,4	45,32	0,0	70,46	0,0
O	247,51	351,46	58,5	17,41	35,12	86,71	-51,5	35,12	0,0	51,59	0,0
N	185,59	263,76	69,2	11,73	41,15	55,22	-14,07	41,15	0,0	14,07	0,0
D	161,73	229,44	73,1	7,74	35,22	38,01	-2,79	35,22	0,0	2,79	0,0
J	170,51	242,12	73,08	6,33	31,44	35,05	-3,61	31,44	0,0	3,61	0,0
F	146,78	208,42	67,3	7,68	18,53	35,15	-16,62	18,53	0,0	16,62	0,0
M	260,26	369,29	63,3	10,37	33,8	68,76	-34,96	33,8	0,0	34,96	0,0
A	373,35	530,51	60,7	13,13	28,82	109,14	-80,32	28,82	0,0	80,32	0,0
M	403,72	573,28	53,6	18,75	38,06	137,12	-99,06	38,06	0,0	99,06	0,0
J	453,63	644,15	46,6	23,56	28,42	172,15	-143,7	28,42	0,0	143,73	0,0
J	480,36	681,68	40,4	26,78	16,15	187,31	-171,1	16,15	0,0	171,16	0,0
A	403,67	572,83	44,07	26,25	34,88	159,44	-124,5	34,88	0,0	124,56	0,0
Ans	3597,63	/	58,9	15,96	386,91	1199,84	/	386,91	0,0	812,93	0,0

Bilan Hydrique (ETP) selon la formule de « Thornthwaite »
Pour la station de Tébessa (Bassin Medjerda).

Mois	Tpc°	It	Cl	ETP	Pr	Pr-ETP	ETR	RFU	Exe	De
S	21,82	9,31	1,03	97,92	45,32	-52,6	45,32	0	0	52,6
O	17,41	6,61	0,97	66,71	35,12	-31,59	35,12	0	0	31,59
N	11,73	3,64	0,86	34,09	41,15	7,04	34,09	7,6	0	0
D	7,74	1,94	0,85	16,81	35,22	18,41	16,81	26,01	0	0
J	6,33	1,43	0,87	11,95	31,44	19,49	11,95	29	8,79	0
F	7,68	1,91	0,85	16,59	18,53	1,94	16,59	29	1,94	0
M	10,37	3,02	1,03	27,65	33,8	6,15	27,65	29	6,15	0
A	13,13	4,31	1,09	41,29	28,82	-12,47	28,82	16,53	0	0
M	18,75	7,40	1,21	75,67	38,06	-37,61	38,06	0	0	21,08
J	23,56	10,60	1,21	111,57	28,42	-83,15	28,42	0	0	83,15
J	26,78	12,69	1,23	138,71	16,15	-122,56	16,15	0	0	122,56
A	26,25	12,31	1,16	134,08	34,88	-99,2	34,88	0	0	99,2
Ans	15,96	75,15	/	773,04	386,91	/	333,86	/	/	/

Bilan hydrique (ETP) selon la formule de « Blanny-Cridel »
Pour la station de Tébessa (Bassin Medjerda).

/	ans	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Tc°	15,96	21,82	17,41	11,73	7,74	6,3	7,68	10,37	13,13	18,75	23,56	26,9	26,3
p%	/	8,5	7,73	7,03	6,69	6,8	7,45	8,20	8,96	9,61	9,9	9,79	9,23
F	/	153,3	123,7	94,17	77,3	75	85,92	104,7	125,8	159,8	187,2	198,9	185,29
a	/	1,25	1,25	1,25	1,25	1,2	1,25	1,25	1,25	1,25	1,59	1,59	1,59
b	/	-1,88	-1,88	-1,88	-1,88	-1,8	-1,88	-1,88	-1,88	-1,88	-2,11	-2,11	-2,11
Kc	/	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	2-1,2
Etp	1485	123	99	75,34	61,8	60	68,7	83,7	100	128	224	239	222,4
Pr	386,9	45,3	35,1	41,15	35,2	31,4	18,5	33,8	28,8	38,0	28,4	16,2	34,9
P-Etp	/	-77,3	-63,8	-34,1	-26,6	-	-50,2	-49,9	-71,8	-89,7	-196,	-222,	-186,5
Etr	386,9	45,3	35,1	41,15	35	31,4	18,5	33,8	28,8	38,1	28,4	16,2	34,88
Rfu	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Da	1098	77,3	63,8	34,2	27	28,4	50,2	49,9	71,8	89,8	196	222	187,5
w	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les paramètres conditionnelles des coefficients a et b pour le calcul de
L'ETP selon la formule de Blanny-Cridele
Modifiée par l'A.F.O.

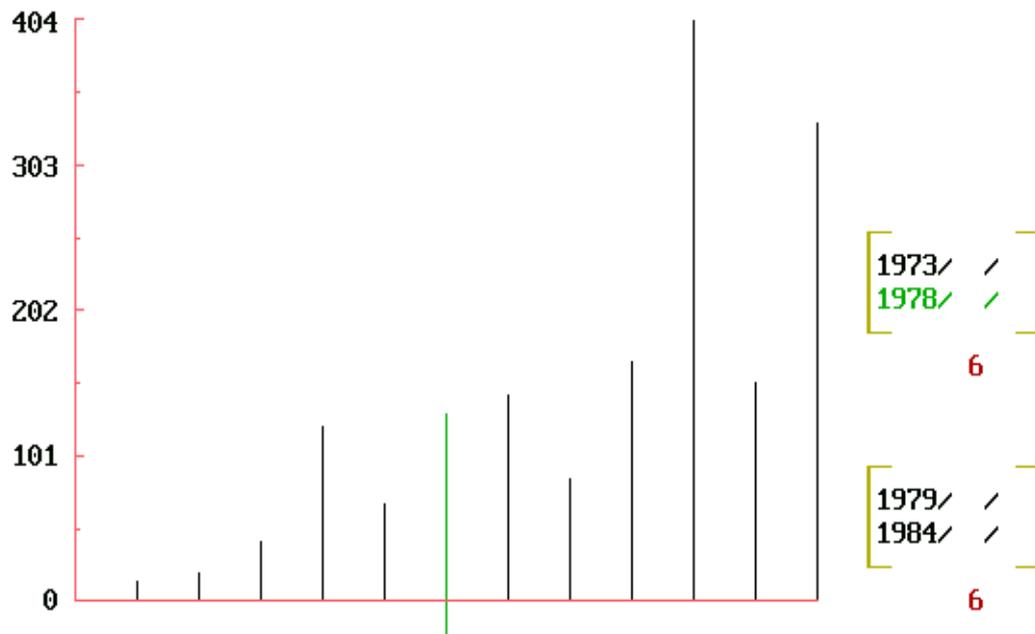
Insolation Effective %	Vitesse Du vent (m/s)	Humidité relative (%)					
		Faible (<20)		Moyenne (20-52)		Elevée (>52)	
		a	b	a	b	a	b
Elevée (>80)	Faible0-2	-1,59	/	1,45	-2,18	1,16	-1,96
	Moy2-5	1,77	-1,84	1,59	-2,11	1,25	-1,88
	Elevée5-8	2,00	-1,86	1,73	-2,04	1,36	-2,00
Moyenne (60-80)	Faible0-2	1,45	-2,00	1,30	-2,07	1,05	-1,84
	Moy2-5	1,66	-1,98	1,45	-2,00	1,14	-1,84
	Elevée5-8	2,05	-2,23	1,57	-1,98	1,21	-1,80
Faible (<60)	Faible0-2	1,25	-1,79	1,13	1,71	0,85	-1,70
	Moy2-5	1,47	-1,91	1,23	-1,75	0,96	-1,66
	Elevée5-8	1,61	-1,88	1,36	-1,82	1,02	-1,59

Wald-Wolfowitz's test for Independence

Test result :U = .812

**We accept the independence hypothesis
at a 5% level of significance.**

Selection by Chronological Periods



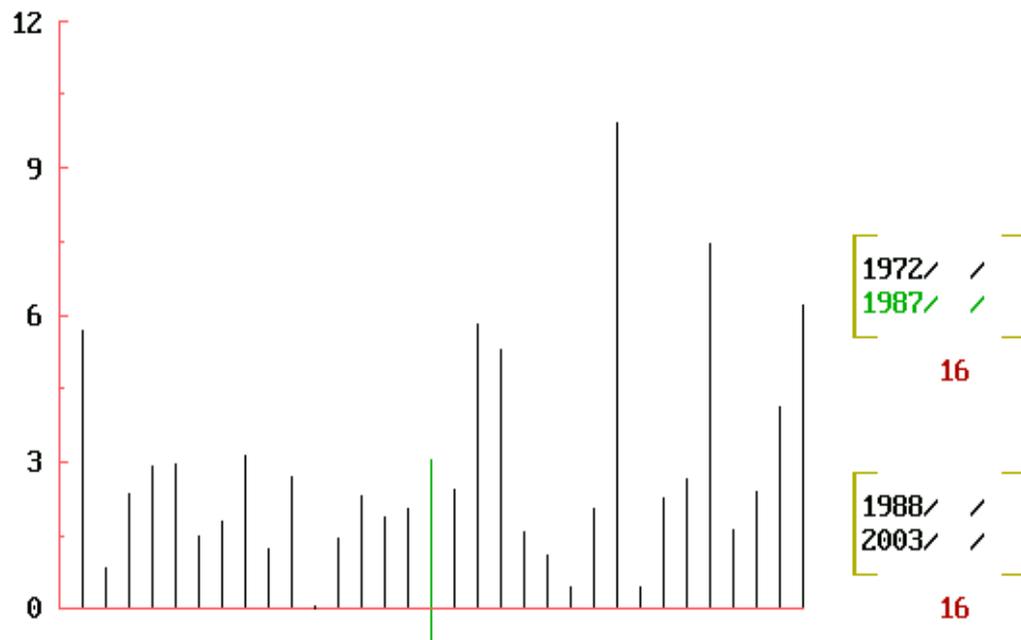
Wald-Wolfowitz's test for Independence

Test result

:U = .180

We accept the independence hypothesis
at a 5% level of significance.

Selection by Chronological Periods



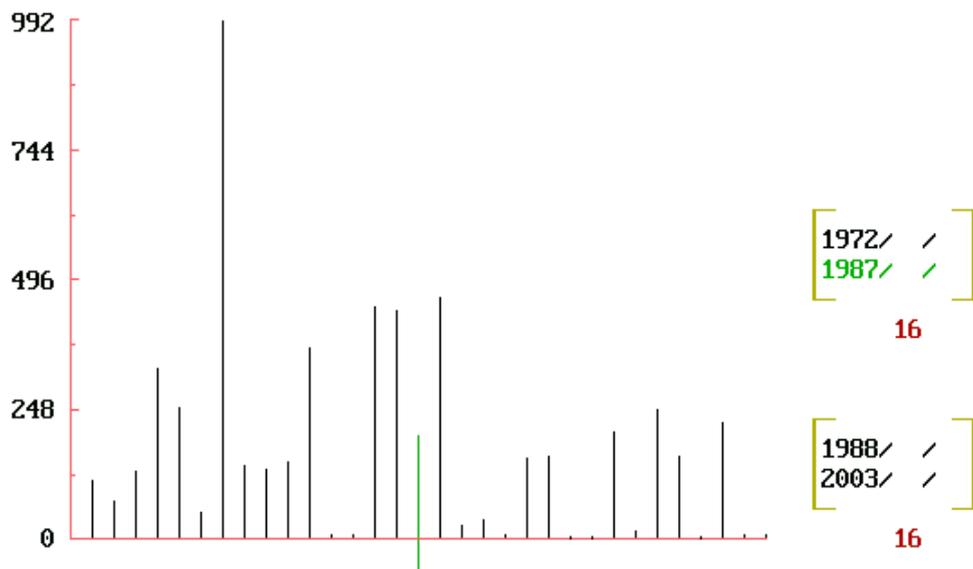
Wald-Wolfowitz's test for Independence

Test result

:U = -.041

We accept the independence hypothesis
at a 5% level of significance.

Selection by Chronological Periods



Wald-Wolfowitz's test for Independence

Test result :U = 2.328

We reject the independence hypothesis at a 5% level of significance. We accept at a 1% level.

Warning [W006]: Be careful in your interpretation of the results. The sampled observations may not be independent from each other.

Selection by Chronological Periods

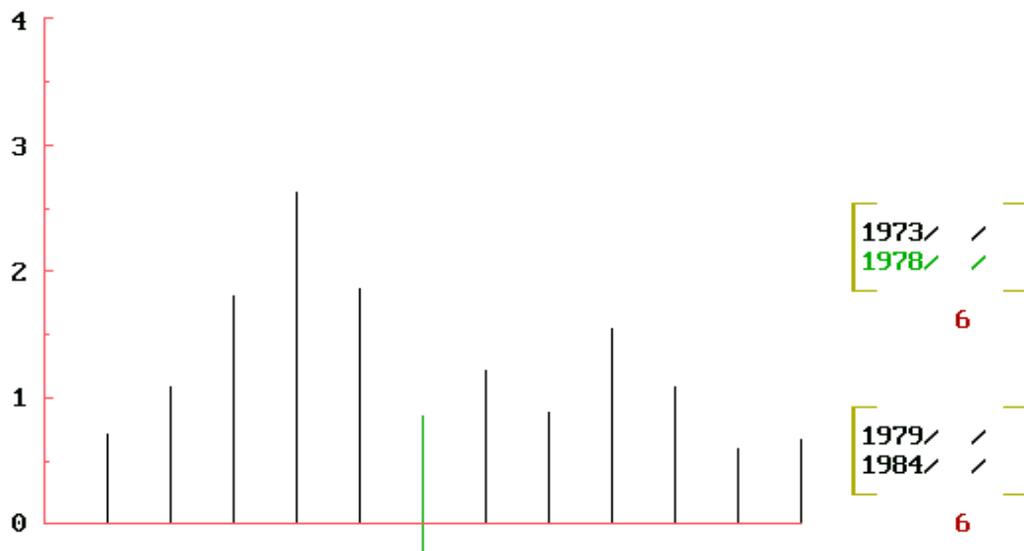


Fig n=°29a *Nuage de points (Station El Aouinet).*

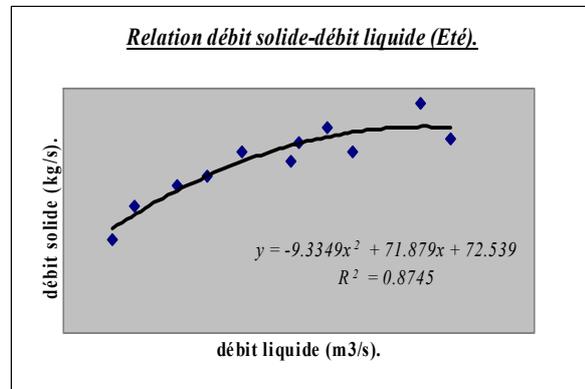
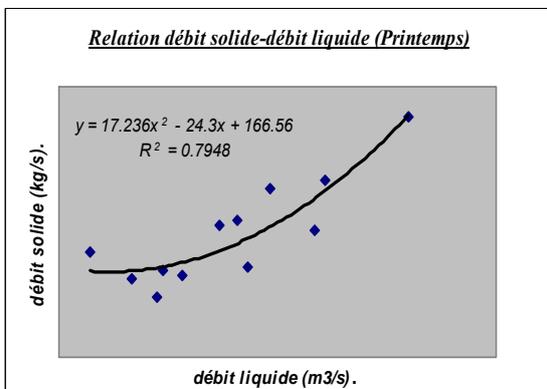
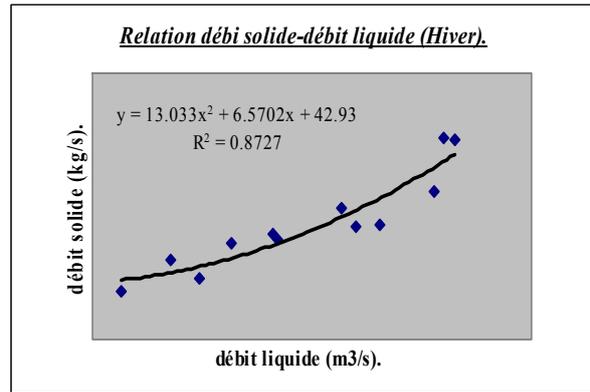
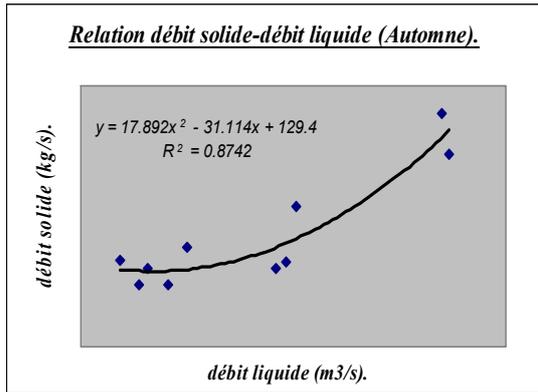


Fig n°29 b Nuage de points (Station Ouenza).

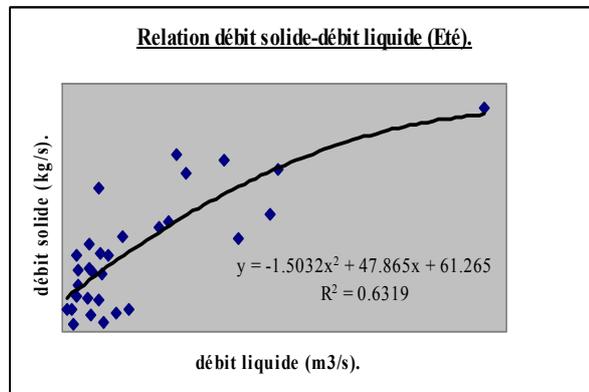
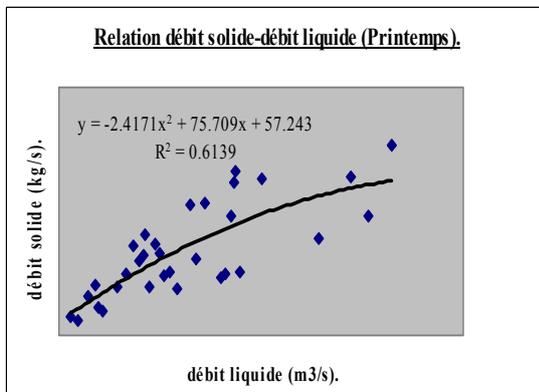
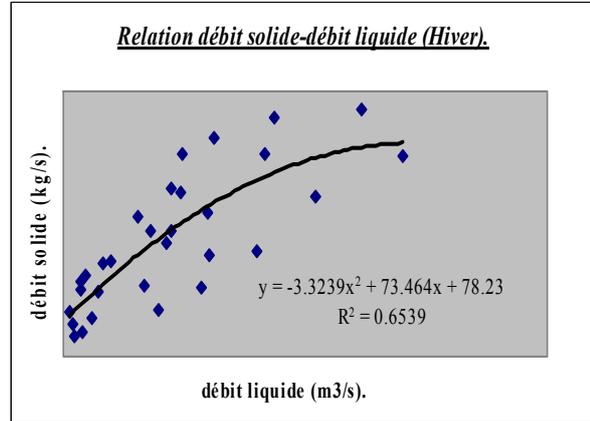
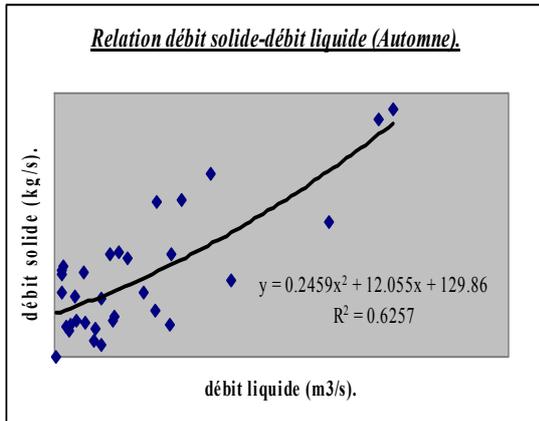
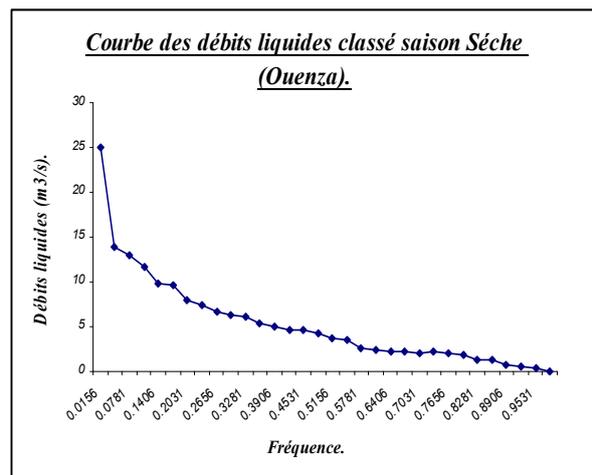
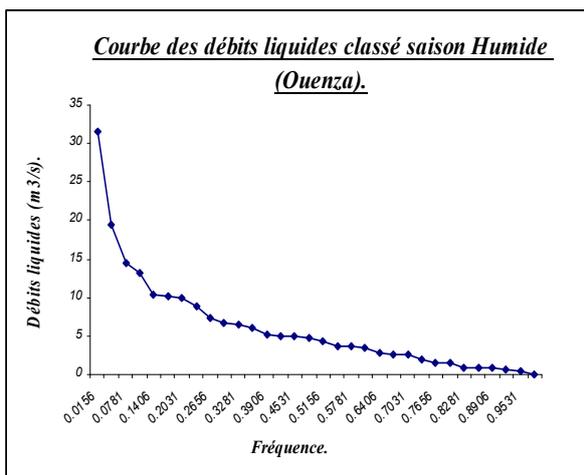
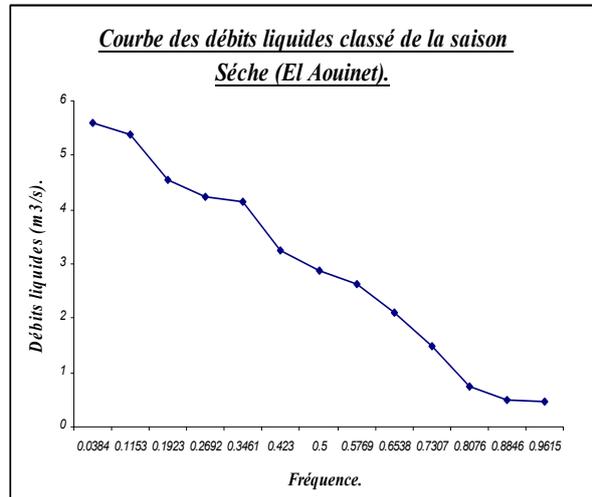
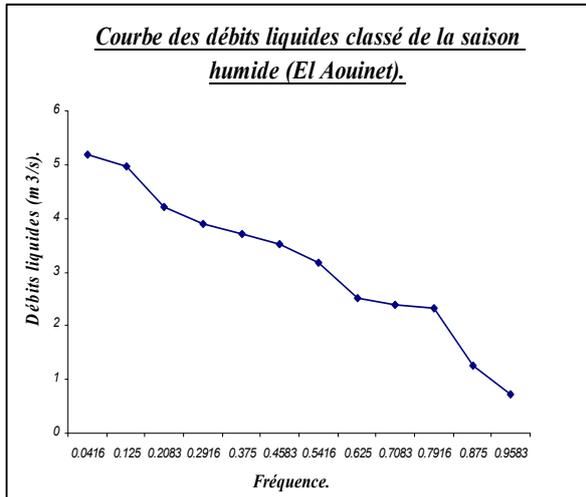


Fig n°30 Courbes des débits liquides saisonnier classé.



Liste des Annexes.

- Annexe 01* : * Critique des données pluviométriques par la méthode des doubles-Cumuls.
- Annexe 02* : * Régression a l'échelle annuelle.
- Annexe 03* : * Bilan hydrique (ETP) selon des différents méthodes
- Annexe 04* : * Résultat de HFA pour les débits solides.
- Annexe 05* : * Résultat de HFA pour les débits liquides.
- Annexe 06*: * Relation débits solides-débit liquides saisonnier.
- Annexe 07*: * Courbes des débits liquides saisonnier classée.

Liste des Figures

<i>Fig 01</i> : Situation géographique du B.V de la Medjerda	08
<i>Fig 02</i> : Découpage administrative du bassin versant de Medjerda (Mellegue Amont et Meskiana)	10
<i>Fig 03</i> : Courbe hypsométrique et diagramme de fréquence.....	13
<i>Fig 04</i> : Carte hypsométrique (Bassin Versant Meskiana- Mellegue Amont).....	15
<i>Fig 05</i> : Rectangle équivalent du bassin Oued Mellegue et Meskiana	16
<i>Fig 06</i> : Carte des pentes (Bassin Versant Meskiana- Mellegue Amont)	20
<i>Fig 07</i> : Carte du réseau hydrographique (Bassin Versant Meskiana- Mellegue Amont).....	18
<i>Fig 08</i> : Profils en long de l' Oued Mellegue et Meskiana	22
<i>Fig09</i> : Carte géologique.....	29
<i>Fig10</i> : Carte lithologique (Bassin Versant Meskiana Mellegue Amont).....	32
<i>Fig 11</i> : Carte du réseau hydrographique (Bassin Versant Medjerda).....	37
<i>Fig 12</i> Critique des données pluviométriques par la métho de des doubles cumule.....	39
<i>Fig 13</i> : Régression a l'échelle annuelle.....	44
<i>Fig 14</i> : Graphique de P.Seltzer les trois lois d'Algérie.....	42
<i>Fig 15</i> : Carte pluviométrique du bassin versant Meskiana MellegueAmont	43
<i>Fig 16</i> : Ajustement des précipitations annuelles à une loi de Gauss	47
<i>Fig 17</i> : Les variations mensuelles des précipitations.....	53
<i>Fig 18</i> : Ajustement des précipitations journalières max à la loi de Gumbel	58
<i>Fig 19</i> Température mensuelle de la station de Tébessa	62
<i>Fig 20</i> : Les facteurs climatiques.....	64-66
<i>Fig 21</i> : Diagramme ambrothérmique de Tébessa	67
<i>Fig 22</i> : Courbe de l'évapotranspiration mensuelle à la station de Tébessa	72
<i>Fig23</i> : Série d'observation hydrométrique.....	75
<i>Fig24</i> : Les variations mensuelles des débits moyens.....	77
<i>Fig25a</i> : Ajustement graphique des débits moyens annuels a une loi de Galton	82
<i>Fig25b</i> : Ajustement des débits journaliers max.....	83
<i>Fig26</i> : Ajustement des débits instantanés max annuel	93
<i>Fig27</i> : Type de régression / Courbe de tendance.....	109-110
<i>Fig28</i> : Relation des débits solides-débits liquides (journalier) bassin versant Meskiana- Mellegue Amont	111
<i>Fig29</i> : Relation des débits solides-débits liquides (annuelle) bassin versant Meskiana- Mellegue Amont	113
<i>Fig30</i> : Courbe des débits liquides classés.....	113
<i>Fig31</i> : Relation des débits solides-débits liquides (saisonnier) bassin versant Meskiana- Mellegue Amont	116
<i>Fig32</i> : Carte de situation de la ville d'Ouenza (1/25.000).....	120
<i>Fig33</i> : Tracé en plan (Oued Mourra).....	129
<i>Fig34</i> : Profil en travers (Oued Mourra).....	130
<i>Fig35</i> : Profil en travers (Oued Mellegue Amont).....	131
<i>Fig36</i> : Ville Ouenza : Zonage du risque d'inondation	132
<i>Fig37</i> : Aménagement proposé sur le lit de l' oued Mourra	136
<i>Fig38</i> : Carte d'aménagement du bassin versant Meskiana-Mellegue Amont	138

Liste des Tableaux

Tableau 01a : Superficie du bassin versant <i>Meskiana-Mellegue</i>	12
Tableau 01b : Périmètre du bassin versant <i>Meskiana-Mellegue</i>	12
Tableau 02 : Indice de compacité.....	12
Tableau 03a : La répartition altimétriques du bassin <i>Mellegue Amont</i> et <i>Meskiana</i>	14
Tableau 03b : Altitudes caractéristiques du bassin <i>Meskiana-Mellegue</i>	14
Tableau 04 : Longueur et largeur du bassin de <i>Meskiana</i> et <i>Mellegue</i>	15
Tableau 05 : Indices des pentes pour les différents bassins de la <i>Medjerda</i> (<i>Mellegue-Meskiana</i>).....	15
Tableau 06 : Classification, longueur et nombre des cours d'eau du bassin d'Oued <i>Mellegue</i> et <i>Oued Meskiana</i>	19
Tableau 07 : Densité de drainage pour le bassin d'Oued <i>Mellegue</i> et <i>Oued Meskiana</i>	19
Tableau 08 : Rapport de confluence.....	23
Tableau 09 : Rapport de longueur.....	23
Tableau 10 : Coefficient de torrencialité.....	23
Tableau 11 : Utilisation des terres.....	25
Tableau 12 : Comparaison des hauteurs de pluie moyennes annuelles des différentes Série (mm).....	37
Tableau 13 : Paramètres empiriques de la série pluviométrique (1980-2006).....	41
Tableau 14a : Pluie classées et leurs fréquences expérimentales dans les stations du bassin de <i>Mellegue Amont</i>	44
Tableau 14b : Pluie classées et leurs fréquences expérimentales dans les stations du bassin De <i>Meskiana</i>	45
Tableau 15: Intervalle de confiance pour les différentes stations du bassin <i>Meskiana – Mellegue Amont</i>	47
Tableau 16: Test d'adéquation pour les échantillons des différentes stations (Test de X ²).....	47-50
Tableau 17 : Précipitations annuelles fréquentielles en (mm) du bassin de <i>Mellegue Amont</i> et <i>Meskiana</i>	51
Tableau 18a : Répartition saisonnière des pluies dans les stations du bassin de <i>Mellegue Amont</i>	53
Tableau 18b : Répartition saisonnière des pluies dans les stations du bassin de <i>Meskiana</i>	54
Tableau 19 : Pluie maximale journalière fréquentielle pour les stations pluviométrique des deux bassins.....	54
Tableau 20 : Pluie de courte durée pour les stations pluviométriques des deux bassins (<i>Mellegue Amont</i> et <i>Meskiana</i>).....	55-56
Tableau 21a : Répartition statistiques des pluies journalières maximum (<i>Bassin Mellegue Amont</i>) loi de Gumbel	59
Tableau 21b : Répartition statistiques des pluies journalières maximum (<i>Bassin Meskiana</i>) loi de Gumbel	60
Tableau 22: Estimation des températures moyenne, mensuelles pour la station de <i>Tébessa</i> ...	62
Tableau 23 : Régime thermique mensuel de la station de <i>Tébessa</i> et à l'altitude moyenne du bassin.....	62
Tableau 24 : Données d'observation des autres paramètres climatiques station <i>Tébessa</i>	67
Tableau 25: Indice d'aridité mensuelle.....	67
Tableau 26 : Le coefficient pluviométrique.....	68
Tableau 27: Les valeurs de l'évapotranspiration réelle et potentielle.....	71

Tableau 28 : La lame moyenne annuelle écoulée et l'apport moyen annuel (Estimation d'après les formules empiriques).....	75
Tableau 29 : Les modules absolus et spécifiques.....	75
Tableau 30 : Le bilan hydrologique moyen.....	78
Tableau 31 : Débits moyens annuels, coefficient de l'hydraulicité, coefficient de variation...	80
Tableau 32a : Fréquence expérimentale des débits moyens annuels.....	84
Tableau 32b : Fréquence expérimentale des débits maximaux instantanés.....	85
Tableau 32c : Fréquence expérimentales des débits mensuels minimaux.....	86
Tableau 33: Les débits moyens annuels et durées de fréquence.....	87
Tableau 34: Débit de pointe calculée par la formule de Turrazza	88
Tableau 35 : Débit de pointe (formule Giandotti).....	89
Tableau 36: Débits moyens journaliers maximums (formule de Samie).....	89
Tableau 37: Débits de pointe (formule de Fuller).....	90
Tableau 38 : Les débits de crues journaliers et instantanées.....	91
Tableau 39 : Caractéristiques des principales crues des deux bassins (Mellegue et Meskiana).....	92
Tableau 40 : La puissance des crues.....	92
Tableau 41 : Les Débits instantanés maximaux annuels les débits journaliers Maximaux annuels et durés de récurrence.....	94
Tableau 42 : Estimation de l'érosion dans le bassin de Medjerda (Mellegue Amont Meskiana) par la formule de Fournier	101
Tableau 43 : Estimation de l'érosion dans le bassin de Medjerda (Mellegue Amont Meskiana) par la formule de Tixeront	102
Tableau 44 : Estimation de l'érosion dans le bassin de Medjerda (Mellegue Amont Meskiana) par la formule de Sogreah	102
Tableau 45 : Estimation de l'érosion dans le bassin de Medjerda (Mellegue Amont Meskiana) par la formule de I'A.N.R.H	103
Tableau 46 : Tableau de Fréquence.....	107
Tableau 47 : Résultats de corrélation (échelle journalière).....	110
Tableau 48: Estimation de la charge des sédiments en suspension (échelle journalière).....	111
Tableau 49 : Résultats de corrélation (échelle annuel).....	112
Tableau 50 : Estimation de la charge des sédiments en suspension (échelle annuel).....	114
Tableau 51 : Relation saisonnière, débits liquides-débits solides.....	115
Tableau 52 : Dégradation spécifique trouvées par les différentes méthodes.....	117
Tableau 53 : Caractéristiques morphométriques.....	122
Tableau 54: Moyenne thermique annuelle.....	123
Tableau 55: Moyenne mensuelle du vent en (m/s).....	123
Tableau 56 : Répartition des pluies mensuelles moyenne sur les bassins versants.....	124
Tableau 57: Pluies annuelle probable au dépassement.....	124
Tableau 58 : Pluies journalières maximales pour les probabilités au non dépassement.....	125
Tableau 59: Temps de concentration en heure pour le bassin versant.....	126
Tableau 60 : Pluies de durée égale au temps de concentration pour différent fréquences.....	126
Tableau 61 : Débits différentes fréquences.....	127

Bibliographie

- 1/ **Andrée.D / René.D (1999)** Les risques naturel, 3^{ème} édition mise à jours Juillet (2000).
- 2/ Agence des Bassins Hydrographiques(2000) (*Constantinois-Seybousse-Mellegue*) les cahiers De l'agence, N=°5, Bassin des hauts plateaux Constantinois.
- 3/ **Abrami.G (2004)** niveaux d'organisation dans la modélisation multi-agent pour la gestion des Ressources renouvelables. Application à la mise en œuvre de règles collectives de gestion De l'eau agricole dans la basse vallée de la Drôme, *ENGREF*.
- 4/ **Allain.J, (2002)** relations végétation-écoulement-transport solide dans le lit des rivières. étude De l'ire dans le grésillant, *INPG*.
- 5/ **Anot, 1991** Plan d'aménagement communaux zone de **Tébessa**, Avril.
- 6/ **Amiour.M**, Etude de l'état Hydrodynamique de l'aquifère alluvionnaire de la plaine *d'El Madher* (Conséquences de la sécheresse).
- 7/ **Attal.M, (2003)** Erosion des galets des rivières de montagne au cours du transport fluvial : étude expérimentale et application aux réseaux hydrographiques d'orogénies actifs, *UJF grenoble*.
- 8/ **Bethemont.J**, Les grands fleuves.
- 9/ **Belhadj.K.Med.S, (1999)** Modélisation numérique de l'hydrologie pour l'aide à la gestion des Bassins versants par l'utilisation conjointe des systèmes d'information géographique et de la méthode des éléments finis : Un nouvel outil pour le développement durable *SAGESS, U, Québec*.
- 10/ **Bureau National d'Etude pour le développement rural(1981)**.(Plan directeur et propositions D'action de mise en valeur) Étude de développement rural intègre dans la zone du Barrage vert de la région de **Tébessa**.
- 11/ **Bureau National d'Etude pour le développement rural(1981)**. Analyse de la situation actuelle et Des potentialités,.
- 12/ **Brivois.O, (2005)** contribution à la modélisation de l'érosion de fortes pentes par un écoulement turbulent phasique, Univ, Aix-Marseille II.
- 13/ **Balayn.P, (2001)** contribution à la modélisation numérique de l'évolution morphologique des Cours d'eaux aménagées lors de crues, Lyon.
- 14/ **Boulghabra (2006)** Univ de Batna .Protection de la ville de **Skikda** contre l'inondation.(Essai de *PPR.I*)-thèse de Magister.
- 15/ **Cosandey.C- Robinson.M, (2000)** Hydrologie continentale. Armand.Collin.

- 16/ Cœur.D, (2003) Maîtrise des inondations dans la plaine de Grenoble (*XVIIe Xxe siècle*) : enjeux techniques, politiques et urbains, Univ Pierre Mendés France, Institut d'urbanisme de Grenoble.
- 17/ Cadier.E- Pourrut.P Inventaire et détermination des données nécessaires à l'utilisation rationnelle des ressources en eau renouvelables. Cahiers N=°3 et 4, série hydrologique. *O.R.S.T.O..M.*
- 18/ Chorowig.J-Paul.Deroin.J. La télédétection et la cartographie géomorphologique et géologique.
- 19/ Colin, Meunier, Puech. 4 Mai 1972 Problèmes hydrologiques relatifs a l'étude des crues. (division travaux d'hydraulique).
- 20/ Campy.M-Jean.J.M, Géologie de la surface. (Erosion, transfert et stockage dans les environnements continental).
- 21/ Cerdan.O, (2001) Analyse et modélisation du transfert de particules solides à l'échelle de petits bassins versants cultivés Orléans.
- 22/ Demmak.A, (1982) Contribution à l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Docteur-Ingénieur. Univ.Perre et Curie.M, Paris 6.
- 23/ Dubreuil.P, 1974Initiation a l'analyse hydrologique. Masson et *O.R.S.T.O.M* Paris.
- 24/ Etude réalisée par un collectif d'enseignants géographes Octobre 1983. (*U.N.V* de constantine (Institut des sciences de la terre)). La wilaya de **Tébessa** perspectives de développement.
- 25/ Ghachi.A, 1986 Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en **Algérie** « Le bassin de **Seybouse** » *O.P.U.Alger*.
- 26/ Grelot.F, (2004) gestion collective des inondations. Peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ? *ENSAM* Paris.
- 27/ Gruigo.M. Climat et environnement.
- 28/ Halimi.A, 1980 l'Atlas blidéen « climat et étages végétaux » *O.P.E Alger*.
- 29/ Hamida.M Capacité de prevention et bilan hydrique des sols des zones semi-arides de la Wilaya de Batna.
- 30/ Halitime.O Sols des régions aride d'Algérie.
- 31/ Kingumbi.A, (2006) Modélisation hydrologique d'un bassin affecté par des changements d'occupation. Cas du Merguellil en **Tunisie** central *ENIT*, Univ de **Tunis el Manar**.

- 32/ Kabour. Contribution à l'étude du B.V de **Chéria (Est Algerien)** et essai de modélisation de l'Aquifère de la région Sud.
- 33/ Kreis.N, (2004) Modélisation des crues des rivières de moyenne montagne pour la gestion intégrée du risque d'inondation. Application à la vallée de Thur (**Haut-Rhin**), **ENGREF**.
- 34/ Mignot.E, (2005) Etude expérimentale et numérique de l'inondation d'une zone urbanisée : Cas des écoulements dans les carrefours en croix, **EC** Lyon.
- 35/ Roger.C, 2000 Géomorphologie. **S.E.S.J.M/ Armand Colin** Paris. 1977-1998 dépôts légaux .
- 36/ Réménières.G 1976 l'Hydrologie de l'ingénieur.
- 37/ Service du génie rural et de l'hydraulique agricole circonscription d'Annaba.Mises-en valeur de la plaine de **Tébessa** et de la l'**Oued Ksob**.
- 38/ Sari.D 1977 l'Erosion dans les **Aurès**. **S.N.E.D**.
- 39/ Seltzer.P 1949 le Climat de l'**Algérie** « **Alger** ».
- 40/ Tangara.M, nouvelle méthode de prévision de crue utilisation un modèle pluie-débit global, **EPHE**, Paris.
- 41/ Zebiri.A (2002) Etude du fonctionnement fluviale et risque d'inondation dans **Rhumel-Boumerzoug (Amont et Aval de Constantine)** Thèse de Magister Univ de Constantine.

Table des matières

Avant propos	2
Introduction générale.....	4-5

Chapitre I : Etude physico- géologiques du bassin versant de Meskiana-Mellegue.

Introduction.....	6
I.1 Caractéristiques physique.....	7
I.1.1 Situation géographique.....	7
I.1.2 Les coordonnées géographiques des différents bassins.....	9
I.2 Caractéristiques de forme.....	9
I.2.1 Les caractéristiques géométriques.....	9
a) Délimitation (Superficie et périmètre).....	9
b) Indice de compacité.....	11
c) Relief.....	12
c1) Les ensembles morphologiques.....	12
a) Les zones de plaine.....	12
b) Les zones de montagnes.....	12
c) Les zones de piedmonts.....	12
d) Rectangle équivalent.....	14
e) Indice de pente.....	16
e1) Indice de pente de M.Roche (I_p).....	16
e2) Indice de pente global (I_g).....	16
I.2.2 Les caractéristiques morpho métriques.....	18
I.2.2.1 Réseau hydrographique.....	18
a) Densité dedrainage.....	20
b) Le profil en long.....	20
c) Rapport de confluence « Rc ».....	22
d) Rapport de longueur« Rl ».....	22
e) Coefficient de torrentialité « Ct ».....	22
f) Temps de concentration « Tc ».....	23
I.3 Végétations et sols.....	23
I.3.1 Végétations.....	23
a) Méthodologie d'étude.....	23
b) Caractéristiques de la végétation existante.....	25
I.3.2 Les sols.....	25
a) La texture argileuse.....	26
b) Le calcaire.....	26
c)La salure.....	26
d)Pédomorphologie.....	26
I.4 Sa géologie et son interaction hydrologique.....	27
I.4.1 Cadre générale.....	27
I.4.2 La série lithostratigraphique.....	28
a) Secondaire.....	29
Crétacé.....	29

b) Tertiaire.....	29
Miocène.....	29
c) PlioQuaternaire.....	29
I.4.3 Hydrogéologie.....	30
I.4.4 Tectonique.....	32
Conclusion.....	33

Chapitre II: Etude Hydro climatologique du bassin versant Meskiana-Mellegue.

Introduction.....	34
II.1 Climat.....	35
II.1.1 Aperçu sur le climat de l'Algérie.....	35
II.1.2 Les précipitations et leurs variabilités.....	35
II.1.2.1 Détermination de séries homogènes correspondant aux périodes d'observation Par l'application de la méthode de comparaison des totaux cumulés annuels.....	37
A) La pratique de l'extension des séries.....	37
II.1.2.3 Variations spatio-temporelles des précipitations annuelles.....	37
A) Evaluation de la lame d'eau précipitée sur quelques bassins de la Medjerda	37
II.1.2.4 Ajustement des précipitations annuelles à une loi de probabilité.....	44
A) L'analyse de l'échantillon et choix du type de loi.....	49
L'intervalle de confiance.....	47
Texte d'adéquation.....	47
II.1.2.5 Précipitations mensuelles et les régimes saisonniers.....	51
A) Variabilité inter-mensuelle des précipitations.....	51
B) Le régime pluviométrique saisonnier du bassin de Mellegue Amont et Meskiana	53
II.1.2.6 Précipitations extrêmes.....	54
II.1.3 Le régime thermique (Température et leurs nuances).....	60
II.1.3.1 Etude des variations de m, M et (M+m/2).....	61
a) Courbe des minimales (m).....	61
b) Courbe des maximales (M).....	61
II.1.3.2 Température moyenne.....	62
II.1.3.3 Les autres paramètres climatiques (facteurs climatiques).....	63
A) La neige.....	63
B) La gelée.....	63
C) L'insolation.....	63
D) L'évaporation.....	64
E) Le régime du vent.....	64
F) L'humidité relative.....	65
II.1.3.4 Détermination des caractéristiques climatiques.....	65
A) Les indices climatiques.....	66
a) L'indice d'aridité de Martonne	66
b) L'indice d'aridité mensuelle.....	67
c) Calcul des coefficients pluviométriques.....	68
II.1.3.5 Le bilan climatique de la zone d'étude.....	68
A) Evapotranspiration et déficit d'écoulement.....	68
B) Estimation de l'ETP.....	69
a) Méthode de Turc	69
b) Méthode de Thornthwaite	69
c) Méthode de Blannay-Cridel	69

d) Méthode de Coutagne	70
e) Méthode de Wundt	70
f) Méthode de verdeil	70
C) Bilan hydrologique.....	71
a) Ruissellement de surface.....	72
b) L'infiltration.....	72
II.2 Hydrologie.....	72
II.2.1 Le réseau hydrométrique et les données d'observation des débits.....	72
II.2.1.1 Choix de l'année hydrologique.....	73
II.2.2 Débits moyens annuels.....	73
II.2.2.1 Variations des débits annuels moyens bruts (m^3/s).....	73
II.2.2.2 Variations des débits annuels moyens spécifiques ($l/s/km^2$).....	75
A) Les modules spécifiques et absolus.....	75
B) Bilan moyen annuels et déficit d'écoulement.....	78
a) La lame d'eau écoulée.....	78
b) Le déficit d'écoulement.....	78
II.2.3 Débits moyens mensuels et saisonniers.....	78
II.2.3.1 Coefficient mensuels de débits.....	79
II.2.3.2 Coefficient de variation.....	79
II.2.4 Ajustement à une loi de Galton.....	80
II.2.5 Etude des débits extrêmes.....	87
II.2.5.1 Les formules empiriques faisant intervenir les précipitations Et le temps de Concentration.....	87
a) Formule de Turazza	88
b) Formule de Giandotti	88
c) Formule de Sami (rationnelle)	89
d) Formule de Fuller	89
II.2.5.2 Les variations spatio-temporelles des débits maximums.....	90
A) Les principales crues des deux bassins.....	91
B) Puissance des crues.....	92
C) La récurrence des débits de crues.....	92
D) Les crues biennales.....	94
II.2.5.3 Les étiages.....	95
Conclusion.....	96

Chapitre III: Modélisation des écoulements et perspective de prévention
Contre le risque d'inondation.

Introduction.....	97
III.1 Erosion et transport solide en suspension.....	99
III.1.1 L'origine du transport solide.....	99
A) La pente et le gradient longueur.....	99
B) La pluie.....	99
C) Le couvert végétal.....	99
D) L'influence anthropique.....	100
III.1.2 L'analyse morpho dynamique.....	100
III.1.2.1 La dynamique des versants.....	100
III.1.2.2 La dynamique pluviale.....	100
A) L'érosion élémentaire (Splash).....	100

B) Le ruissellement élémentaire.....	100
C) L'érosion en nappe.....	101
D) L'érosion par écoulement.....	101
E) L'érosion de type bade land.....	101
III.1.3 Quantification de l'érosion hydrique.....	101
A) Formule de Fournier (1960)	101
B) Formule de Tixeront (1960)	102
C) Formule de Sogreah	102
D) Formule de I'A.N.R.H	103
III.2 Modélisation.....	103
III.2.1 Recueil et traitement des données.....	104
III.2.1.1 Homogénéité et stationnarité.....	104
III.2.1.2 Indépendance et stationnarité.....	105
III.2.2 Elaboration d'un modèle.....	105
III.2.2.1 Estimation des paramètres du modèle.....	105
III.2.2.2 La méthode des moindres carrés.....	106
III.2.2.3 Validité du modèle.....	106
III.2.3 Etude de régime des débits liquides.....	106
III.2.3.1 Courbe des débits classés.....	107
III.2.3.2 Répartition de la statistique d'observation en classes.....	107
III.2.3.3 Courbe de fréquences des débits.....	107
III.2.4 Estimation des apports solides en suspension.....	108
III.2.5 Evolution des débits solides en fonctions des débits liquides.....	108
III.2.5.1 Estimation des paramètres du modèle.....	108
III.2.5.2 Réalisation des courbes des débits classés.....	113
III.2.5.3 Evolution des apports solides en suspension.....	114
III.3 Risque d'inondation.....	118
III.3.1 L'organisation cyclique de la gestion du risque.....	118
III.3.2 Le risque d'inondation et ses composantes.....	119
III.3.2.1 Comment se manifeste.....	119
III.3.2.2 L'aléa.....	119
III.3.2.3 Les enjeux.....	119
III.3.3 Principes généraux du traitement du risque d'inondation.....	119
III.3.3.1 Localisation de la ville d'Ouenza.....	120
III.3.3.2 Genèse des inondations.....	120
III.3.3.3 Géologie de la zone d'étude (Ville Ouenza).....	121
III.3.3.4 Caractéristique physique des bassins versant (Ville Ouenza).....	121
III.3.3.5 Etude du climat.....	123
a) Température.....	123
b) Les vents.....	123
c) Pluies moyenne annuelle.....	124
d) Pluies journalières maximale.....	125
e) Pluies de courte durée et temps de concentration.....	125
g) Estimation des débits maximum des crues des bassins versant.....	126
III.3.4 Comprendre le risque pour le maîtriser.....	127
III.3.5 Identification des zones inondables.....	128
III.3.6 Gestion du risque d'inondation.....	134
III.3.6.1 La prévision.....	134
III.3.6.2 Les préventions.....	134

a) <i>Mesure modérées</i>	135
b) <i>Une politique contestée</i>	135
<i>III.3.6.3 Les propositions et les aménagements adoptés</i>	135
<i>Conclusion</i>	139
<i>Conclusion générale</i>	141
<i>Annexe</i>	142
<i>Liste des Annexes</i>	158
<i>Liste des figures</i>	159
<i>Liste des tableaux</i>	160
<i>Bibliographie</i>	162

Résumé :

Situé à l'extrême Est Algérien, le bassin versant de *Meskiana-Mellègue Amont*, abrite des zones vulnérables aux risques d'inondation. Une définition préalable de l'ensemble des paramètres géologiques et hydro climatologiques s'est effectuée. Des analyses hydrologiques et de transport des sédiments fluviaux ont été menées sur des périodes variables afin de développer un ensemble d'éléments et d'outils de prise de décision pour une meilleure gestion du risque d'inondation. L'analyse qualitative et quantitative détaillée des débits liquides et des débits solides mesurés au niveau des deux stations représentatives (*Ouenza, El Aouinet*) a permis de dégager des relations entre le transport solide des oueds et leurs débits. Le développement du modèle débit solide-débit liquide, par l'utilisation d'une analyse corrélative a permis de choisir ce modèle en courbe simple qui demeure le plus fréquent et convenable traduisant une action érosive. La comparaison entre les résultats des formules empiriques et celles du modèle offre des conditions très favorables surtout la mobilisation du transport des matériaux. A cet égard le bassin versant de *Meskiana-Mellègue Amont* est exposé aux risques d'inondation et leurs évolutions nécessitent la création d'une représentation standard dans le but d'éviter ce risque.

Mots clés : *Algérie, Medjerda, bassin versant, Meskiana, Mellègue Amont, pluie, débit, crue, transport solide, risque d'inondation.*

الخلاصة :

الحوض التجميعي مسكيانة- ملاق يقع في أقصى شرق الجزائر، حيث أن العديد من مناطقه قابلة للتعرض لمخاطر الفيضانات و على هذا الأساس قد تمت دراسة مختلف العناصر الهيدرولوجية و الجيولوجية التي تكون الوسط الطبيعي لهذا الحوض. إن تحليل عوامل نقل الرواسب النهرية و كذا العناصر الهيدرولوجية قد تم تحقيقها على فترات مختلفة من أجل وضع مجموعة من التقنيات لإتخاذ أفضل تسيير لمخاطر الفيضانات. غير أن إجراء التحليل الكمي و النوعي المفصل للصبيب السائل و الصلب و الذي تم قياسه على مستوى محطتين (ونزة ، لعوينات) ، سمح بايجاد علاقة بين النقل الصلب للوديان و كذا الصبيب ، فوضع النموذج (صبيب صلب - صبيب سائل) قد تم باستخدام تحليل مترابط و الذي بدوره سمح باختبار نموذج منحنى بسيط و هو الأكثر شيوعا و ملائمة مما يترجم التآكل النشط و بالتالي مقارنة نتائج مختلف الصيغ و النموذج المقترح عرضت شروط خاصة و مناسبة لتعبئة نقل المواد اعتبارا على ما سبق فإن الحوض التجميعي لمسكيانة - ملاق أصبح معرض و مهدد لمخاطر الفيضانات ، و تطورات هذا الأخير تتطلب إنشاء معايير التمثيل بهدف تفادي هذا الخطر .

مفتاح الكلمات : الجزائر ، مجردة ، حوض تجميعي ، مسكيانة ، ملاق ، تساقط ، صبيب ، فيضان ، النقل الصلب ، خطر الفيضانات