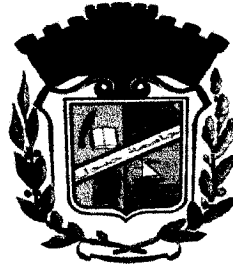


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة جيجل
Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes et des
Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences
de la Terre et de l'Univers



كلية العلوم الدقيقة و علوم الأرض و الكون
و علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم الأرض و الكون

2011/04/07

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme Master 2
Option : Génie Géologique

1
1

Thème

**Etude d'un cas de risque urbain : La crue d'Octobre 2010
et ses conséquences sur les ouvrages d'art de l'oued
El-Kantara
El-Akkabi - Jijel**

Présenté par :
- BOUBATA LAMINE
- BOUREKBA SMAIL

Soutenu publiquement le : 07/ 07/ 2011
Devant le jury composé de :

Président : M. Rouikha Youcef
Encadreur : M. Tekkouk Mustafa
Examinateur : M. Kjniouar Hocine



Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier le bon dieu tout puissant de nous avoir aidés à surmonter toutes les difficultés lors de nos études et ce ne sont pas ces quelques mots qui exprimeront nos sentiments les plus sincères.

Le grand merci à notre encadreur monsieur M.Tekkouk, qui ont fait pour nous un travail supplémentaire et nous ont guidé lors de l'élaboration de ce travail avec ses encouragements, ses patience et ses conseils judicieux, nous la prions d'accepter nos sincère remerciements, notre profond respect et entiers dévouement.

Nous tenons également adressent nous vifs remerciements à monsieur Y.Rouikha , de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il nous soit permis de lui exprimer nous plus haute considération.

Nous tenons à exprimer nous profond respect à Mr Kiniouar qui a bien voulu examiner ce travail et d'être membre de ce jury.

De nombreux enseignants qui ont aidé au cours de ce travail et on les remercie de leurs remarques et de leurs conseils toujours très utiles, nous tenons à exprimer nos reconnaissance à

A nos collègues étudiants de notre promotion pour leurs remarques, Sustaination et conseils, nous tenons à exprimer nos reconnaissance à : S – Bourekba .

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants du département des sciences de la terre et à tous nos camarades étudiants de l'université de Jijel.

A decorative border with a repeating floral and scrollwork pattern surrounds the text.

Dédicaces

Je dédie ce projet à :

Mes très chers parents :

Ma mère et mon père

Mes frères et sœurs

Toute La famille

Tous mes amis

Tous les étudiants de Master II et 5^{eme} année,

promotion 2010/2011

Mes enseignants sans exception

Lamine



Dédicaces

Je dédie ce projet à :

Mes très chers parents :

Ma mère et mon père

Mes frères et sœurs

Toute La famille

Tous mes amis

Tous les étudiants de Master II et 5^{eme} année,

promotion 2010/2011

Mes enseignants sans exception

SMAIL

SOMMAIRE

Introduction	1
<i>Chapitre I : Etude géologique</i>	
I-1.Géologie régionale	3
I-1-1.Les grands ensembles géologiques du massif de la Petite Kabylie	3
a .Le socle kabyle	3
b. La dorsale kabyle	4
c. Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes	4
I-1-2-2. Edifice structural de la Petite Kabylie occidentale	7
I-1-2-3. Le compartiment structural supérieur	8
I-1-3 .Le compartiment structural inférieur	8
I-1-4.Cadre géologique local de la région de Jijel	9
➤ Principales caractéristiques géologiques du secteur étudié	
a- L'Oligo-Miocène-Kabyle(O.M.K)	9
b- Les dépôts post-nappe	9
c- Quaternaire	9
I-1-5.Aspect tectonique du secteur étudié	10
<i>Chapitre II : Etude géomorphologique du bassin versant de l'oued El-Kantara</i>	
II. Caractéristiques physiques	15
II-1.Situation de bassin versant.....	15
II-2.Caractéristiques morphométriques	16
II-2.1.Les caractéristiques géométriques	16
II-3.Caractéristiques topographiques	18
II-1-3-1.Le relief	18
A)-Indice de pente de M. Roche (Ip)	20
B)-L'indice global de pente.....	20

II-4. Caractéristiques du réseau hydrographique	21
II-4-1. La densité de drainage	23
II-4-2. Coefficient de torrentialité (Ct).....	23

Chapitre III : Étude hydro-climatologique bassin versant de l'oued El-Kantara

III-1. Introduction	25
III-2. Climat général de l'Algérie.....	25
III-3. Etude des paramètres climatique.....	26
III-3-1. Précipitations et leur variabilité.....	26
III-3-1-1. Station météorologique	27
III-3-1-2. Précipitations moyennes annuelles	27
III-3-1-3. Précipitations mensuelles.....	28
III-3-1-4. Précipitations Saisonnières.....	29
III-3-2. La température	30
III-3-2-1. Températures moyennes mensuelles	30
III-3-2-2. Température moyenne saisonnière	31
III-3-3. Évaporation mensuelle.....	31
III-3-4. Relation température- précipitations	32
III-3-7. La grêle.....	33
III-4. Le bilan hydrique de la zone d'étude.....	33
III-4-1. Évapotranspiration et déficit en écoulement.....	33
III-4-1-1. Évapotranspiration potentiel (E.T.P)	34
III-4-1-2. Évapotranspiration réelle E.T.R	35
III-4-3. L'infiltration.....	35
III-5. Cas de crue de novembre 2010	36

Chapitre IV: Les calculs hydrauliques.

IV-1. Pluie décennale de 24 h (H_{24}^{10}).....	38
IV-1-2. Coefficient de ruissellement	38
IV-1-3. Temps de concentration (T_c).....	39
IV-1-4. Intensité é de la pluie critique (I).....	40

III-1-4'. Intensité de la pluie critique selon les données ANRH.	41
IV-1-5. Calcule des débits.....	41
IV-1-5.1 Débit décennal (Q_{10}).....	41
IV-2- Vérification des dimensionnements des ouvrages hydrauliques.....	44
IV-2-1 Calcul du débit admissible du canal.....	46
IV-2-2 Calcule de débit admissible de pont de l'oued El-Kantara.....	46
IV-3. Recommandation.....	47
IV-4. Conclusion.....	47

Introduction générale

Les crues sont les hausses du niveau local ou général d'un cours d'eau au-dessus de son niveau moyen. Selon la situation, l'étendue et la morphologie du bassin versant de ce cours, sa partie concernée... les crues peuvent être fréquentes ou rares, régulières ou non, se produire à des dates ou des époques habituelles ou non ; elles peuvent être rapides ou lentes, plus ou moins abondantes ;

- bénéfiques, elles répandent du limon fertile à la surface des zones inondées ;
- maléfiques, elles provoquent d'amples catastrophes à plus ou moins grandes distances des cours d'eau ; brutales ou lentes, elles sont des facteurs de risques « naturels » très dangereux, inondations, érosion, mouvements de terrain, dommages voire ruines d'ouvrages...

Les crues et leurs effets courants, les inondations ,sont les événements naturels les plus fréquents à peu près partout dans le monde et sous la plupart des climats ; ce sont aussi les plus dangereux et les plus dommageables, car la plupart des inondations affectent les plaines alluviales occupées de façon permanente et aménagées depuis les origines de la civilisations.les crues ravageuses qui s'y produisaient ont marqué à jamais notre inconscient : le Déluge, la crue destructrice et l'inondation qui en auraient résulté sont de toutes les mythologies ; une divinité provoquait ainsi la pire des catastrophes imaginables, généralement pour purifier le monde et punir les hommes d'être devenu trop arrogants .Les **conditions climatiques** et **géologiques** de la fin de würm ,fonte de glaciers pluies torrentielles invasion du plateau continental par les mersqui paraissent avoir été relativement rapides et globales, ainsi que le changement des conditions de vie qui en on résulté , sont sans doute à l'origine de cette croyance universelle .

Une partie de l'**eau de pluie** ,variable selon l'endroit et l'époque, s'écoule d'abord de façon diffuse, en pellicule à la surface du sol .Cet **écoulement** est favorisé par l'**intensité de l'averse**, la forte pente, l'imperméabilité et /ou la saturation préalable du sol, la basse température, le défaut de couvert végétal : il est maximum lors d'un gros orage de saison fraîche ,sur **sol nu argileux** ,labour ou imperméabilisé par des aménagements et ouvrages ,voirie ,toitures...il se rassemble ensuite en rigoles ou caniveaux ,ruisseaux ,sentiers, chemins route ou égouts ,oued et fleuve pour aboutir à la mer. Son évolution peut aller du torrent à forte pente et régime instable de

montagne, au fleuve (oued) à faible pente et régime stable en plaine ; mais des rivières torrentielles arrivent directement à la mer et il y a de calmes ruisseaux d'amont de bassin en plaine.

C'est dans cet esprit que nous avons consacré notre travail à l'étude de la crue exceptionnelle enregistrée à l'Oued El-Kantara à la fin du mois d'Octobre de l'année 2010.

C'est à travers les différents chapitres du présent travail, et en fonction des étapes qui seront ici abordées que nous essayerons de déterminer les causes qui ont engendré cette catastrophe et ses conséquences sur les ouvrages d'art implantés (le canal et le pont de l'oued El Kantara) le long du cours de l'oued en question.

La conclusion de notre travail sera suivie par des recommandations que nous avons pensé utile d'apporter pour qu'à l'avenir, de tels phénomènes et les dégâts qui s'en suivent ne viennent nous surprendre et perturber notre tranquillité.

Tel que présenté, notre travail sera réparti en quatre chapitres dans lesquels nous aborderons :

Dans le premier chapitre, les grands traits de la géologie de la région où seront déterminées les conditions géologiques et lithologiques de notre région étudiée.

Le chapitre deuxième de notre travail sera quant à lui réservé à la définition des paramètres géomorphologiques du bassin versant d'El Kantara. Ainsi, seront connus les particularités physiques du bassin son comportement vis-à-vis de l'eau, et la genèse de l'écoulement au sein dudit bassin.

Le chapitre trois dans lequel seront analysés et traités les facteurs climatiques les plus déterminants (pluie, températures, écoulements ...) fera l'objet de cette partie de notre travail. Un bilan hydrologique viendra clôturer ce troisième chapitre.

Réservé aux calculs, le chapitre quatre aidera à déterminer le débit naturel de l'oued El-Kantara et les débits admissibles pour différents ouvrages en cas d'aménagement de ce dernier.

I-1. Géologie régionale :

La région de la Petite Kabylie appartient à la marge méridionale de l'orogène alpin périméditerranéen et comprend les ensembles géologiques suivants :

- Un domaine kabyle : issu du domaine interne de l'orogène alpin comprenant le socle kabyle et l'ensemble des nappes supérieures qu'il supporte.
- Un domaine tellien : issu du domaine externe de l'orogène alpin comprenant les nappes infra kabyles, les nappes de flysch et les nappes telliennes.

I-1-1. Les grands ensembles géologiques du massif de la Petite Kabylie :

Les ensembles géologiques du massif de la Petite Kabylie sont représentés par :

a .Le socle kabyle :

Il est constitué de formations cristallophylliennes d'âge Paléozoïque (J.F.Raoult 1974). Le socle kabyle comporte deux ensembles :

-Un ensemble gneissique constitué de para gneiss, d'ortho gneiss et de gneiss granulitiques à intercalation de marbre et d'amphibolites (J.P.Bouillin, 1977).

-Un ensemble schisteux et phylladique surmonté en discordance par :

- Des schistes noirâtres.
- Des psammites rouges et vertes à graptolites.
- Des grés calcaires à tentaculites.
- Des calcaires à orthocères.

Cet ensemble schisteux surmonte clairement l'ensemble gneissique basal par l'intermédiaire d'une formation d'alternance de micaschiste et de cipolin renfermant localement des minéralisations polymétalliques. Les formations du socle kabyle sont par endroit charriées sur les terrains Mésozoïques et Cénozoïques. Ce charriage est particulièrement visible au niveau de la fenêtre de Dj.Safia, Dj.Filfila, Dj.Toufout, et au Dj.Arbala. (M.D. Durand Delga, 1955, J.F. Raoult 1974 et J.P.Bouillin 1977).

Selon Bouillin (1977), le socle kabyle est charrié sur les formations de la couverture sédimentaire sur une flèche Nord-Sud d'environ trente kilomètres, au niveau de la fenêtre des Beni Toufout.

Par ailleurs, le charriage du socle kabyle sur les formations sédimentaires est bien illustré par sa percée par le Trias au Dj.Arbala (J.P.Bouillin 1977).

b. La dorsale kabyle :

Elle forme la bordure méridionale du socle kabyle. Elle marque grâce à ces reliefs carbonatés la limite entre le socle kabyle au Nord et les zones telliennes au Sud.

Elle est caractérisée par des formations carbonatées ayant un âge allant du Permo-Trias à l'Oligocène (J.F.Raoult 1974).

D'après cet auteur, la dorsale kabyle peut être subdivisée en trois sous ensembles qui sont du Nord au Sud :

➤ La dorsale interne :

Elle comporte des séries allant du Permo-Trias au Néocomien. Ces séries sont représentées par des calcaires néritiques massifs riches en microfaune benthiques (Algues et Foraminifères) qui atteignent le sommet du lutétien (Raoult 1969,1974).

➤ La dorsale médiane :

Elle est essentiellement caractérisée par la constance des dépôts marneux du Permo-Trias et du lias et par une lacune sédimentaire du Crétacé moyen.

➤ La dorsale externe :

Elle est caractérisée par des séries détritiques peu épaisses et lacuneuses. Elle comporte des calcaires silicifiés, surmontés par des conglomérats du Campanien qui les recouvrent en discordance. Ces derniers soulignent une intense érosion Sénonienne. Les dépôts de la dorsale externe s'étalent jusqu'au Lutétien. La dorsale externe repose en contact anormal sur les flysch (Bouillin 1970).

c. Les formations de l'Oligo-Miocène kabyle et les Olistostromes :

➤ L'Oligo-Miocène Kabyle(O.M.K) :

L'Oligo- Miocène-Kabyle formant la couverture sédimentaire transgressive et discordante du socle kabyle (Raoult 1974) est représenté par des formations détritiques comportant trois termes :

- A la base, un terme de base formé de conglomérats à matrice argileuse reposant en discordance sur le socle kabyle.
- Un terme médian comportant des grès micacés à débris de socle associé à des pelites micacés.
- Un terme sommital formé de sélixites.

➤ **Les Olistostromes :**

Ce sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch maurétanien , massylien, et numidien. Ces formations d'âge probable Aquitanien-Burdigalien inférieur, reposent sur les formations de l'O.M.K (J.P.Bouillin 1977).

➤ **Les formations de type flyschs :**

Ce sont des formations sédimentaires allochtones, d'âge Crétacé à Eocène. Elles sont classiquement subdivisées en :

✓ **Le flysch maurétanien (Gèlard, 1969) :**

Le flysch maurétanien est caractérisé par des formations allant du Néocomien au Lutétien, il comporte de bas en haut :

- Des calcaires fins à calpionelles du Crétacé inférieur.
- Un ensemble de grès de l'Albo Aptien (flysch de Guerouch).
- Des micro-brèches à ciment sparitine riche en quartz détritique et parfois des microconglomérats du Sénonien.
- Le sommet se termine par des micro-conglomérats et des grès micacés tertiaires (de l'Eocène à l'Oligocène).

✓ **Le flysch massylien (J.F.Raoult 1969,J.P.Bouillin 1970) :**

Le flysch massylien comprend des séries détritiques comportant trois ensembles, qui sont ; de bas en haut :

- Argiles et grès quartzite de l'Albo Aptien.
- Marnes et calcaires du Vraconien.
- Des calcaires à microfaunes pélagiques du Turonien-Cénomaniens.

✓ Le flysch numidien (J.P.Boullin 1977) :

Dans l'édifice structural de la Petite Kabylie, le flysch numidien occupe la position la plus haute de l'édifice alpin.

Il est composé de trois termes qui sont en continuité stratigraphique :

- Un terme de base comportant des argiles sous numidiennes.
- Un terme médian formé de grés numidiens à grains hétérométriques.
- Un terme supérieur comportant des argiles supra numidiennes de couleur verdâtre à rouge sombre.

➤ Les séries telliennes :

Issus du sillon tellien, les séries telliennes sont représentées par des séries épaisses allant du Néocomien au Lutétien, se sont déposées dans un domaine paléogéographe (J.P.Boullin 1977).

D'après J.M.villa (1958) et Mattauer (1980) ; ces séries peuvent être subdivisées comme suit :

✓ Les séries epi-telliennes :

Elles sont représentées par des séries marneuses allant de l'Albien au Lutétien supérieur.

✓ Les séries méso-telliennes :

Elles montrent un dispositif de cinq écailles, et sont formées de sédiments allant du Sénonien au Miocène (Mattauer 1958).

✓ Les séries infra telliennes :

Elles sont caractérisées par une structure chaotique. Elles comportent un Trias gypsifère et un Jurassique carbonaté.

➤ Le nummulitique (Priabonien-Oligocène):

Il s'agit de formation grésomécalées qui débutent à la fin du lutétien jusqu'au Priabonien et se termine à l'Oligocène supérieur. Ces formations constituent la couverture de la dorsale kabyle et du flysch mauritanien (J.P.Boullin 1977) et (J.F.Raoult 1974).

➤ **Les formations post nappes :**

Les formations post nappes sont constituées essentiellement de dépôts marins et continentaux. Dans la partie nord de la petite kabyle, les formations post nappes comportent deux cycles sédimentaires (J.P.Bouillin 1977) :

✓ **Un premier cycle :**

Constitué de marnes de couleur gris ou bleu transgressives sur les terrains précédents.

✓ **Un deuxième cycle :**

D'épaisseur réduite ne dépassent guère les 50m, formé essentiellement de grés provenant de la destruction du flysch numidien.

Ces formations occupent une grande partie du bassin de Collo et de Jijel dans la partie nord de la Petite Kabylie.

Dans la partie sud du massif de la petite Kabylie et particulièrement dans le bassin de Constantine, ces formations dominées par les dépôts continentaux comportant des conglomérats, sable, gravier, argiles et roches évaporitiques (J.P.Coiffait, 1992).

➤ **Les roches magmatiques :**

Elles sont principalement représentées par :

- Les roches basiques et ultrabasiqes (péridotites, gabbros, diorite, micro diorite et dolorite) de Texenna et du Cap Bougaroun.
- Les roches volcaniques (rhyolites, trachites, andésite, dacite) dans la région d'El-Aouana, Cap de fer et Collo.
- Les roches granitiques résultant d'un épisode magmatique Miocène sont une particularité de la partie orientale de la Petite Kabylie (Raoult 1934 ; Semroud 1970 ; Bouillin 1977 ; Fougnot 1990 ; Oubadi 1994).

I-1-2-2. Edifice structural de la Petite Kabylie occidentale :

La Petite Kabylie occidentale appartient à la branche sud de l'orogène alpin.

périméditerranéen (chaîne des magrèbides).

La géologie alpine de l'Algérie du nord se caractérise par un édifice structural polyphasé qui a été essentiellement construit durant les phases paroxysmales situées à l'Eocène (fin Lutétien) et à l'Oligocène.

L'édifice structural de la région est constitué d'un empilement de nappes répartie en 02 compartiments structuraux distincts.

- Un compartiment structural supérieur au nord composé du socle kabyle et des nappes supérieures qu'il supporte.
- Un compartiment structural inférieur au sud composé de nappes infra-kabyles (nappes des flyschs et nappes tellien) (A. Nadjat et I. Fenghour, 2009).

I-1-2-3. Le compartiment structural supérieur :

Il comporte de bas en haut :

- Le socle kabyle représenté par des séries métamorphiques, chevauchant vers le sud le domaine des flyschs où le contact frontalier majeur redressé à 70° vers le Nord.
- Les formations de l'OMK transgressives et discordantes sur le socle kabyle sont constituées de conglomérats de base remaniant les éléments du socle sous-jacent.
- Ce terme est surmonté par une molasse marno-gréseuse dans laquelle ont glissé des unités sédimentaires ou nappes gravitaires olistostromiques de taille et de nature variées.

Sur le plan structural, ces formations sont fortement microplissées, fracturées, présentent des discordances et des structures basales, signe d'une tectonique tangentielle.

- Les formations post nappes représentées par les marnes bleus à niches calcaires jaunes, épaisses de 200 à 300 m discordantes sur tous les termes sous jacents (socle, OMK, numidien) ; ainsi que les dépôts conglomératiques du Pliocène. (H.Djellit, 1987)

I-1-3 .Le compartiment structural inférieur :

Il est représenté par les formations géologiques infra kabyles qui forment un empilement de nappes appartenant logiquement au domaine des flyschs et au domaine tellien. Du nord au sud on distingue :

- Le complexe volcano-sédimentaire(CVS) coincé entre le socle kabyle et le flysch massylien.
- Les nappes de flysch massylien à matériel détritique microplissé et schistose présentant des structures chaotiques.

Les nappes telliennes à matériel marno-calcaire formées de plusieurs unités litho stratigraphiques présentant des structures écaillées. (A. Nadjat et I. Fenghour, 2009).

I-1-4.Cadre géologique local de la région de Jijel :

La région de Jijel fait partie de la zone tectonique de la petite Kabylie.

La couverture sédimentaire du bassin versant qui s'étend sur 21km²est constituée de plusieurs unités litho-stratigraphiques dont les principales sont de haut en bas :

- ✓ Les dépôts du quaternaire.
- ✓ Les marnes dites post- nappes du Miocène supérieur (Tortonno-messinien).
- ✓ Les dépôts de l'OMK (molasse olistostromique).

I-1-4-1 Principales caractéristiques géologiques du secteur étudié :

a- L'Oligo-Miocène-Kabyle(O.M.K) :

L'Oligo-Miocène-Kabyle est essentiellement constitué par une série molassique composée de corps olistostromiques de nature et de taille variée.

Il comprend de bas en haut :

*Une série détritique gréseuse à granulométrie hétérogène, parfois micro conglomératique micacés, représentés par des bancs d'ordre métrique a intercalation d'argile grise à verdâtre.

*Des alternances grésopelitiques avec des bancs de grés micacés bruns parfois jaunâtres. (A. Nadjat et I. Fenghour, 2009).

b- Les dépôts post-nappes :

Ils comprennent :

- Pliocène: des terrasses anciennes représenté par des conglomérats grossier à matrice argilo-sableuse.
- Marnes jaunes et dépôts sableux grossiers peu consolidés.

Miocène : marnes grises a bleue à niches calcaires du Tortonno-messinien. (A. Nadjat et I. Fenghour, 2009).

c- Quaternaire :

Les dépôts récents datant du quaternaire sont représentés par plusieurs faciès généralement à caractères détritiques :

•les grés coquilliers ou grés dunaires :

Ce sont des grés mal classés à éléments anguleux souvent aplatis, renfermant des fragments de coquilles de couleur jaune, très dures à l'affleurement. (A. Nadjat et I. Fenghour, 2009).

•les argiles de recouvrement :

Elles sont représentées par des argiles rougeâtres peu plastiques renferment par endroits des particules à granulométrie grossier d'origine diverses. Elles peuvent atteindre jusqu'à 9 m d'épaisseur. (A. Nadjat et I. Fenghour, 2009).

I-1-5. Aspect tectonique du secteur étudié :

Les bancs gréseux microconglomératiques sont orientés selon une direction N50E, et montrent un plongement de 55° vers le SE.

Les observations géologiques de terrain (faites par A. Nadjat et I. Fenghour) montrent que la région est affectée par un réseau de failles d'orientation N-S, E-W.

Une grande faille de direction N-S forme la limite Est du notre bassin versant celle-ci est matérialisée par un talweg qui empreinte son tracé.

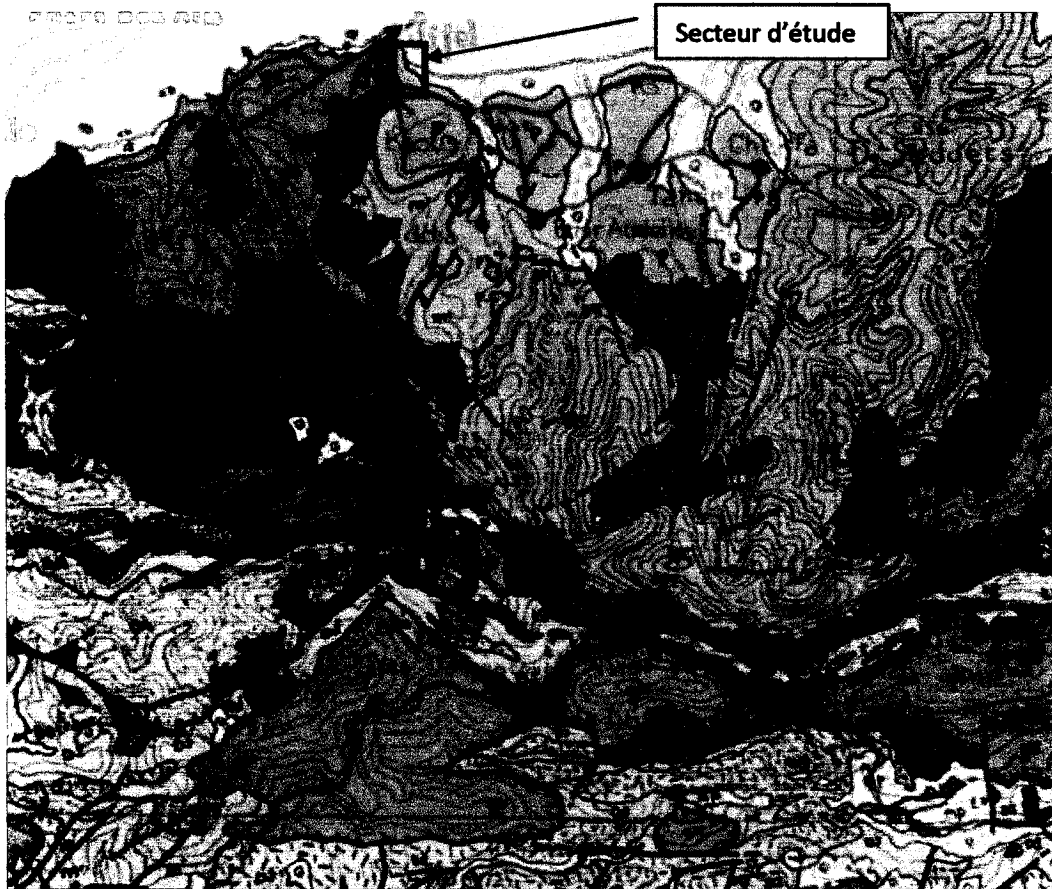








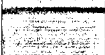






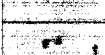



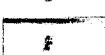










Figure n° I-1: Carte géologique de la région de secteur étudié extraie de la carte de la chaîne alpine orientale et des confins Algéro -Tunisienne. D'après Jean-Marie Vila (1978) échelle (1/500 000)

Légende :

	Granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites.
	θ: complexe stratifié de yaddène et roches effusives de la région d'hammar Meskoutine(β).
	Formation de Babouche (Aquitano-Burdigalien).
	Grés numidiens et série mixtes.
	Principaux affleurements d'argiles de base à Tubotomaculum
	Oligo-Miocène kabyle , olistotromes à flyschs resédimentés(y compris le Numdien) e flychs en position nord- kabyles (F').
	Olistotromes superposés à l'Oligo-Miocène Kabyle; OT-olistolites tellien de la région d'El Milia.
	Socle kabyle: SBA- Paléozoïque de Béni Afeur.
	Socle métamorphique de Petite kabylie et du Bou Hatem (phyllades micaschistes porphyroïde, gneiss et marbres..
	Socle basique du Cap Bougaroun (péridotites et kinzigites rétro-morphosées).
	Série interne d'ain Naceur, de sidi rhiat, de Sidi Ahmed, de Settiter, de Bou Taib, d Robertsau (Souk es sebt) et de la Marsa.
	Séries médianes deGuerrouch, d'El karn, de Khorchef, de Ghezala et du Sud d'ain Berda Penthièvre).
	Séries externes (ex-"Medjanien", et séries atypique de tamalous, du Kef Mezouch et d Ziane.
	Cas de la série des achaichaiches (série médiane).
	1- crétacé.
	2- Jurassique.
	3- permo-Trias et Carbonifère.
	Unité Sendouah- Tabellout à substratum basique.
	Séries typyques à phtanites ou à brèches vertes et rouges.
	Cas de la série de Djbel Filfila.
	1-Crétacé
	2-Jurassique
	Unités de type Adissa et Sénonien mameux à microbrèches ou à blocs A-Eocène
	F-Sénonien mameux à microbrèches ou à blocs.
	Quaternaire indifférencié (Villafranchien à actuel).
	Pliocène marin des zones côtières.
	Burdigalien supérieur-Langhien de la marge littorale.
	Argiles, gypses broyés et glaçon calcaro-dolomitiques.
	Trias resédimenté.

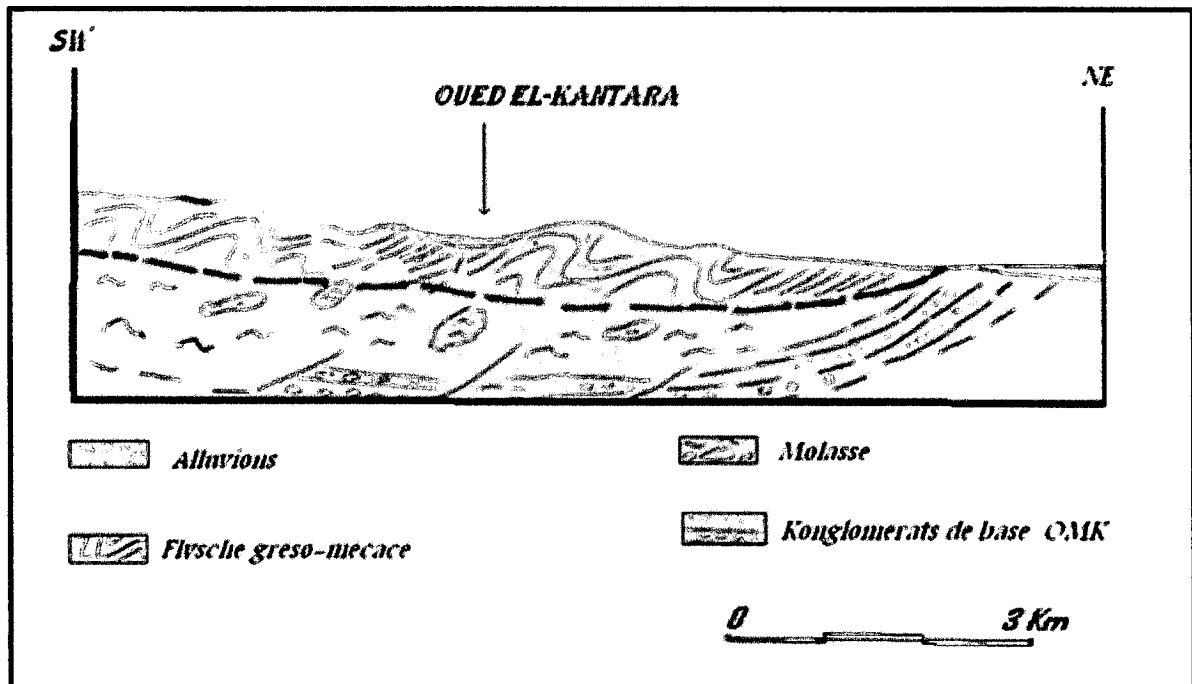
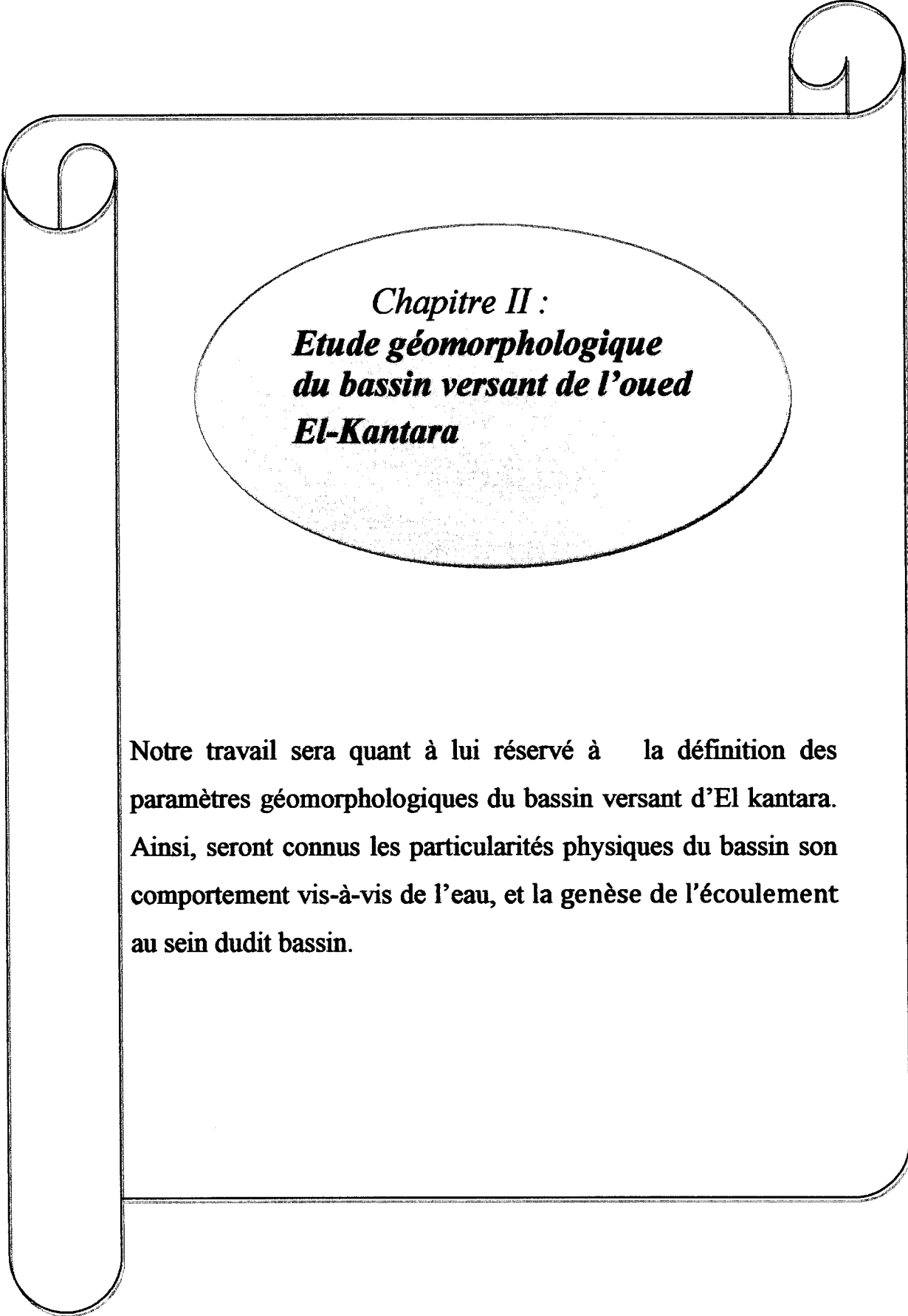


Figure n° I-2 : coupe géologique à travers le site.

I-2.Conclusion

La plupart de la surface de bassin versant de l'oued El-Kantara recouverte par des marnes et des argiles ce qui conduit à une diminution de l'infiltration des eaux de pluies et la formation des crues de l'oued.



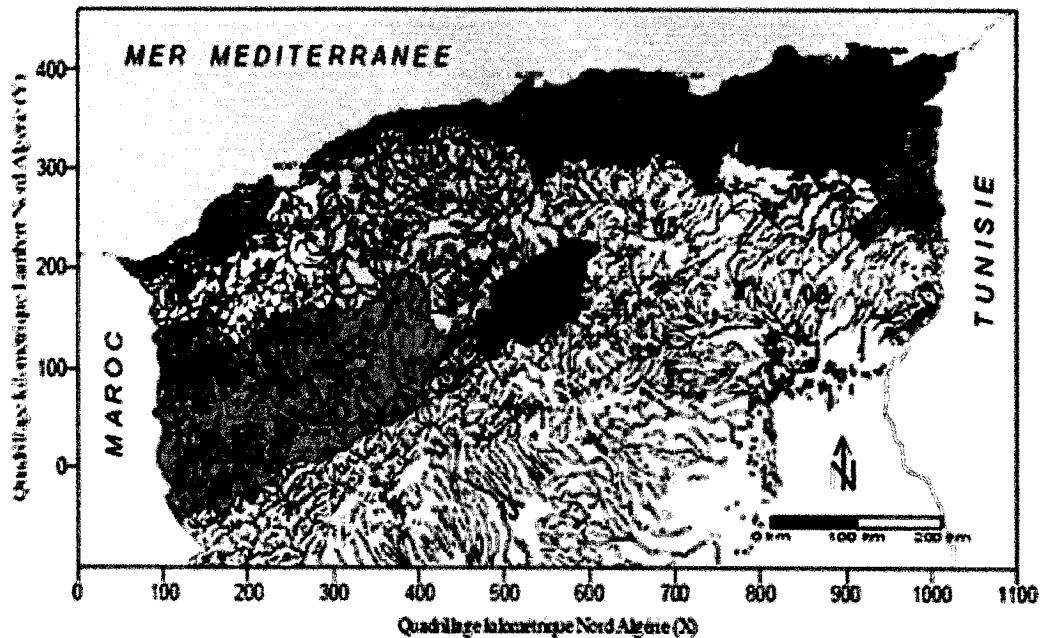
Chapitre II :
Etude géomorphologique
du bassin versant de l'oued
El-Kantara

Notre travail sera quant à lui réservé à la définition des paramètres géomorphologiques du bassin versant d'El Kantara. Ainsi, seront connus les particularités physiques du bassin son comportement vis-à-vis de l'eau, et la genèse de l'écoulement au sein dudit bassin.

II. Caractéristiques physiques :

II-1. Situation de bassin versant :

Selon la carte de situation des bassins versants de l'Algérie, la région de Jijel dont fait partie le secteur étudié appartient au grand bassin versant côtier Constantinois Ouest (bassin versant N° 03) qui occupe une superficie de : 2724 km².



01 : Cheliff 02 : Côtiers algérois 03 : Côtiers constantinois 04 : Côtiers oranais 05 : Chott Hodna 06 : Chott Melhir 07 : Hauts Plateaux constantinois 08 : Hauts Plateaux oranais 09 : Isser 10 : Kébir-Rhumel 11 : Macta 12 : Medjerda 13 : Sahara 14 : Seybouse 15 : Soummam 16 : Tafna 17 : Zahrez

Figure n°II-1 : Bassins hydrographiques de l'Algérie du Nord et position de la zone d'étude (A.Mebarki, 2005)

Précisément le sous bassin versant de l'oued El-Kantara est situé à l'est de la ville de Jijel.

Le site du bassin versant a les coordonnées géographiques suivantes :

Latitude : 770 E-776 E

Longitude : 386N-395N

Notre bassin versant est limité sur la carte (fig. II-2) par :

- Bassin versant de l'oued Mencha à l'est et au sud est.
- Le bassin versant de l'oued Moutas à l'ouest.
- Au nord par la mer méditerranéenne.



— Limite du bassin de l'oued El-Kantara

Echelle 1/37500

Figure n°II-2 : Situation de bassin versant de l'oued El-Kantara (extrait de la carte Djildjelli 1 /25000)

II-2. Caractéristiques morphométriques :

La caractérisation d'un bassin versant nécessite au préalable la connaissance des facteurs physiques et leur articulation dans l'espace d'une manière précisée. 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 ce résultat hydrologique du bassin que dépendront ensuite les actions d'aménagement à préconiser (M. Belloula, 2008)

II-2.1. Les caractéristiques géométriques :

a-La superficie :

C'est la portion du plan délimitée par les lignes de crête ou contour du bassin. Sa mesure est faite soit à l'aide d'un planimètre, soit par la méthode des *petits carrés*, et est généralement exprimée en km^2 .

La superficie du bassin versant étudié est de l'ordre de 22 km^2 .

b-Le périmètre :

Périmètre est la longueur, généralement exprimée en km, de la ligne de contour du bassin ; sa mesure est faite à l'aide d'un curvimètre. Pour certaines applications on trace le *périmètre stylisé* du bassin en *lissant* son contour.

Le périmètre du bassin versant étudié est de l'ordre de 21 km.

c- Indice de compacité de gravilius :

L'indice admis par les hydrologues pour caractériser la forme d'un bassin versant est l'indice de compacité de GRAVELIUS qui est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface.

$$K = \frac{P}{\sqrt{A}} \cdot 0,28$$

Avec :

A : superficie du bassin versant (km^2)

P : périmètre du bassin versant (km)

$$K = 1,26$$

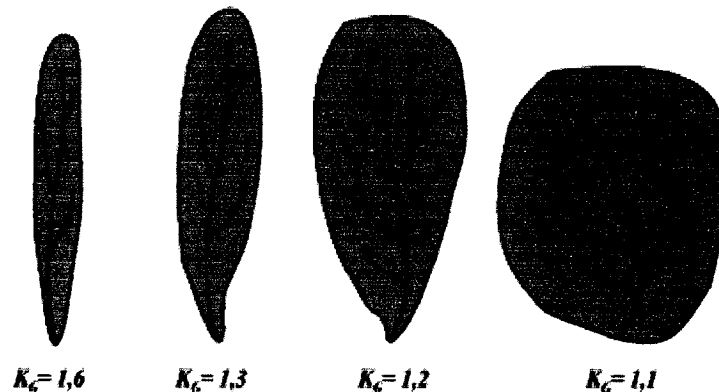


Figure N° : II-3 Classification des bassins versant selon l'indice de Gravelius

Un tel indice permet de classer notre bassin parmi ce présentant une forme plus ou moins allongée.

Le rectangle équivalent :

Cette notion a été introduite pour pouvoir comparer des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques géométriques sur l'écoulement.

Soit L et l la longueur et la largeur du rectangle, et P et A le périmètre et l'aire du bassin versant.

On a :

$$\text{Longueur } L : = \frac{k \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k} \right)^2} \right] \quad \boxed{L=7.63 \text{ km}}$$

$$\text{Largeur } l : = \frac{k \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k} \right)^2} \right] \quad \boxed{l=2.82 \text{ km}}$$

Les résultats montrent que notre bassin versant est très allongé.

Tableau n°II.1 : caractéristiques morphométriques de bassin versant de l'oued El-Kantara.

Caractéristiques morphométriques de bassin	Valeurs
Superficie	21,7km ²
Périmètre	21km
Indice de gravilius (compacité)	1.26
Longueur de rectangle équivalent	2.82km
largeur de rectangle équivalent	7.63km

Les caractéristiques morphométriques montre que le bassin versant de l'oued El-Kantara est un bassin très allongé avec une superficie importante.

II-3. Caractéristiques topographiques :

II-1-3-1. Le relief :

Le relief d'un bassin est souvent caractérisé par la courbe de sa répartition hypsométrique. Elle est tracée sur la Fig. II-3 en reportant en ordonnée l'altitude Y , et, en abscisse le pourcentage de la surface du bassin dont l'altitude est supérieure ou égale à Y , rapportée à la surface totale du bassin. La répartition hypsométrique est donnée par le pourcentage de la surface comprise entre les différentes courbes de niveau à la surface totale (Tableau n° II-2)

Tableau n°II.2 : Répartition altimétrique du bassin versant de l'oued El-Kantara.

Altitudes(m)	Superficie en Km ²	Superficie cumulée Km ²	superficie en %	Superficie cumulée en%
0-50	2.85	2.85	13.13	100.00
051-100	6.6	9.45	30.41	96.77
101-150	4.61	14.06	21.24	95.07
151-200	2.27	16.33	10.46	92.30
201-250	2.12	18.45	9.77	89.17
251-300	0.9	19.35	4.15	85.02
301-350	0.68	20.03	3.13	75.25
351-400	0.6	20.63	2.76	64.79
401-450	0.37	21	1.71	43.55
≤450	0.7	21.7	3.23	13.13
total	21.7		100.00	

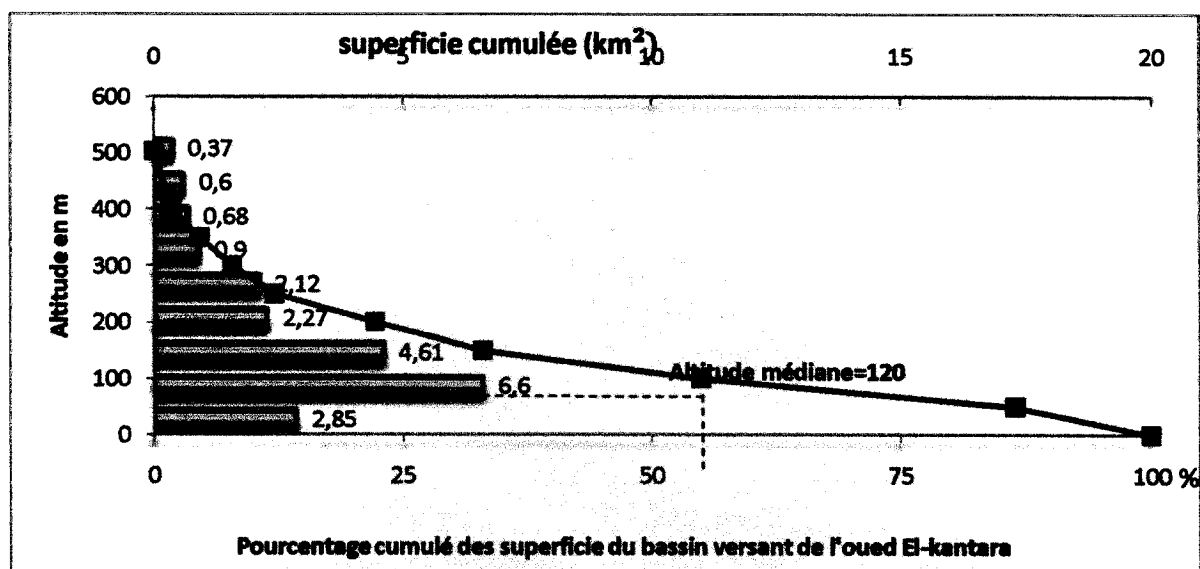


Figure n°II-4 : Courbe hypsométrique de bassin versant de l'oued

El-Kantara.

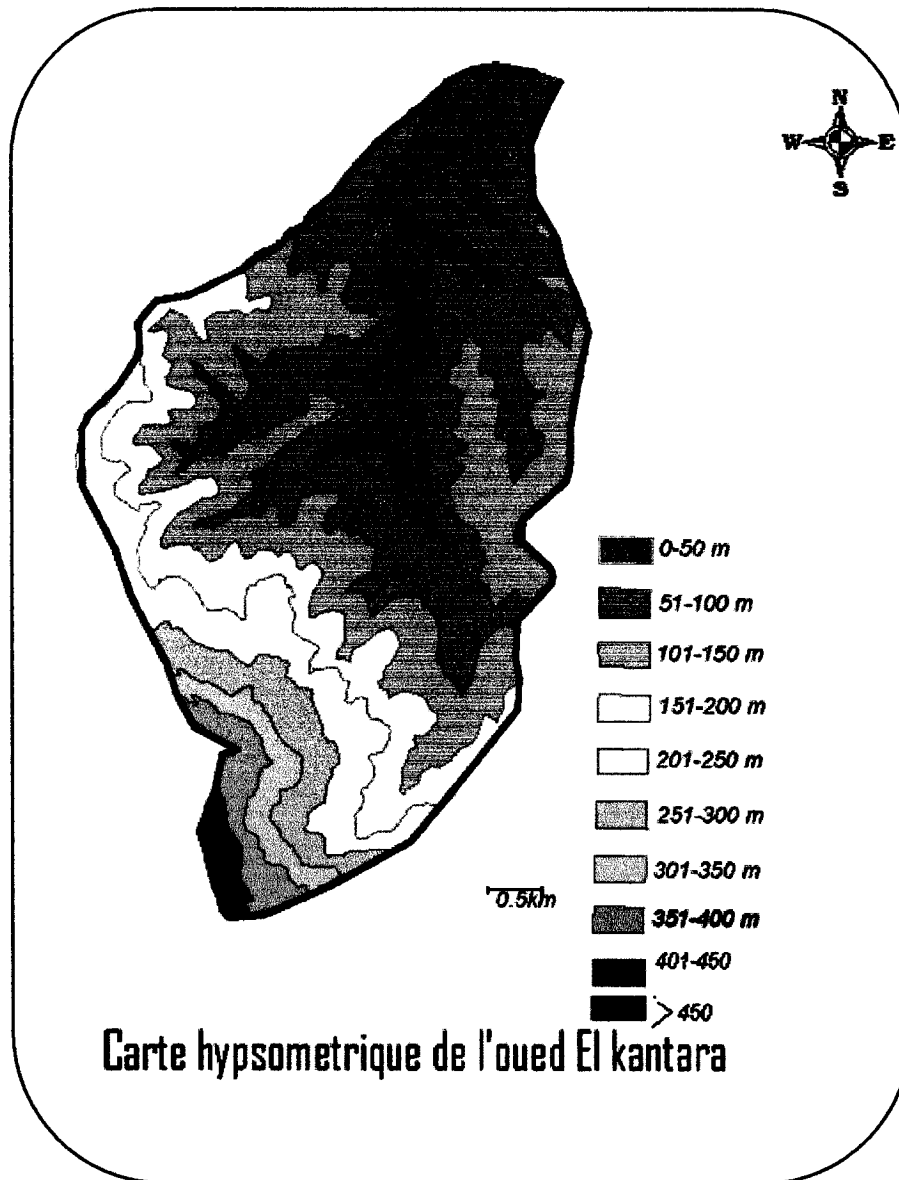


Figure n°II-5 : Carte hypsométrique de l'oued El-Kantara

D'après la carte hypsométrique que nous avons établie (fig. II-4) nous pouvons déduire ce qui suit :

- La première zone représente 70% du bassin versant à des altitudes entre 0 et 200 m.
- Une deuxième zone représente 25% du bassin versant qui a des altitudes entre 200 et 450 m.
- Une petite partie qui représente 5% du bassin versant est située au Sw et dépasse les 450 m d'altitude.

Donc ,avec les 70% d'altitude ne dépassent pas les 200m ,nous pouvons dire que notre bassin versant à un relief modéré en aval et abrupte en amont.

II-1-3-2-Les indices des pentes :

a-Indice de pente de M. Roche (Ip) : L'indice de pente de Roche

Caractérise la pente globale du bassin versant. Il s'exprime par :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_1^N a_i \cdot d_i$$

Où :

L : Longueur du rectangle équivalent,

a_i : Représente la fraction en % de la surface A comprise entre deux courbes de niveau voisines distantes de d_i .

$$I_p = 11.03$$

b-L'indice global de pente : Sur la courbe hypsométrique, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de A .

On déduit les altitudes H_5 et H_{95} entre lesquelles s'inscrit 90% de l'aire du bassin et la dénivelée D :

$$D = H_5 \% - H_{95} \%$$

$$D = 350\text{m} - 20\text{m}$$

$$\Rightarrow D = 330 \text{ m}$$

L'indice global est égal à :

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

Donc : $I_g = \frac{0.330(km)}{7.63(km)}$

$I_g = 0.043$

Tableau n°II.3 : Classifications O.R.S.T.O.M. pour des bassins versants dont la surface est de l'ordre de 25 km²

R1	0,05 < I _g < 0,1	Relief très faible
R2	I _g < 0,002	Relief faible
R3	0,002 < I _g < 0,005	Relief assez faible
R4	0,005 < I _g < 0,01	Relief modéré
R5	0,01 < I _g < 0,02	Relief assez fort
R6	0,02 < I _g < 0,05	Relief fort
R7	0,1 < I _g	Relief très fort

Selon la classification ORSTOM pour des bassins versants dont la surface est de l'ordre de 25 km² : 0.02 < I_g < 0.05 le relief est assez fort (J.P. Laborde. 2000)

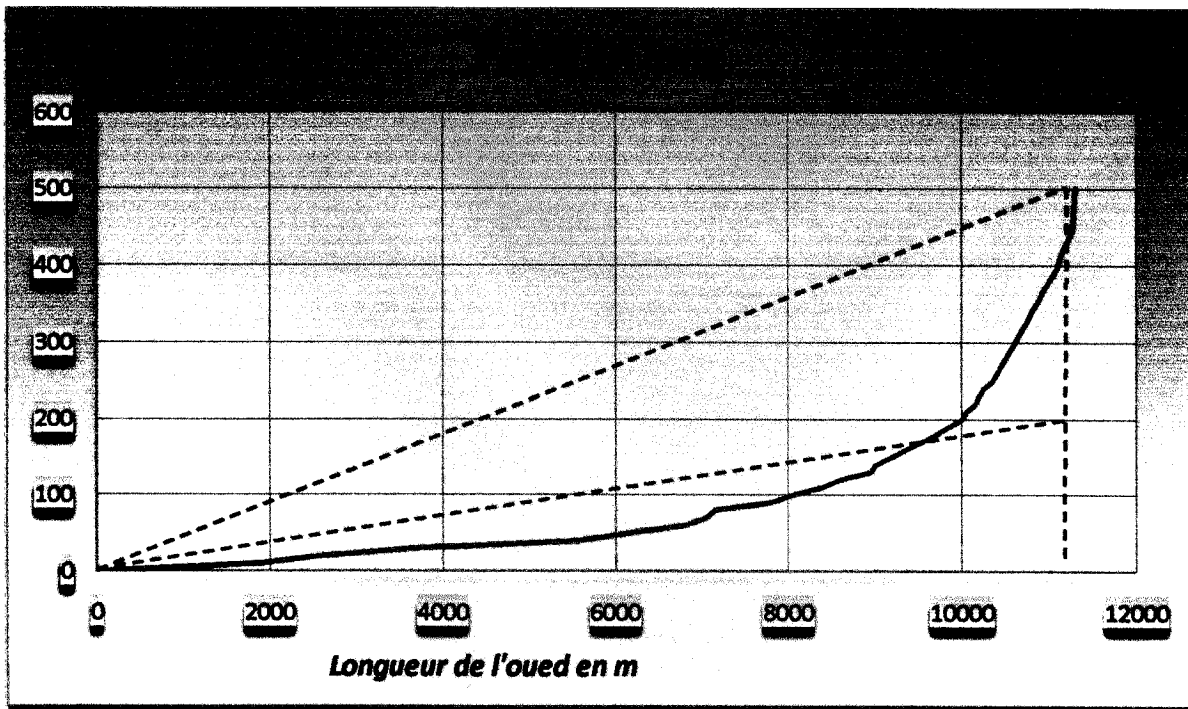


Figure n°II-6 : Profil en long du bassin versant de l'oued El-Kantara. (Réalisé par Excel)

II-4. Caractéristiques du réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surface vers l'exutoire du bassin versant.

Un chenal peut-être défini comme l'inscription permanente dans l'espace d'un écoulement concentré plus ou moins permanent. A l'amont de tout chenal, les processus hydrologiques sont aréolaires, spatiaux, c'est-à-dire qu'ils intéressent une surface et non une ligne ; dans le chenal ils deviennent linéaires.

Dans un bassin versant les chenaux sont organisés, hiérarchisés en un réseau qui concentre les eaux des crues dans les ruisseaux, celles des ruisseaux dans les rivières, celles des rivières dans les fleuves.

Un réseau hydrographique est donc l'ensemble des cours d'eau, affluents et sous-affluents d'une rivière ou d'un même fleuve. A l'état naturel tous les réseaux sont hiérarchisés, de nombreux auteurs ont proposé des classifications de ces réseaux .

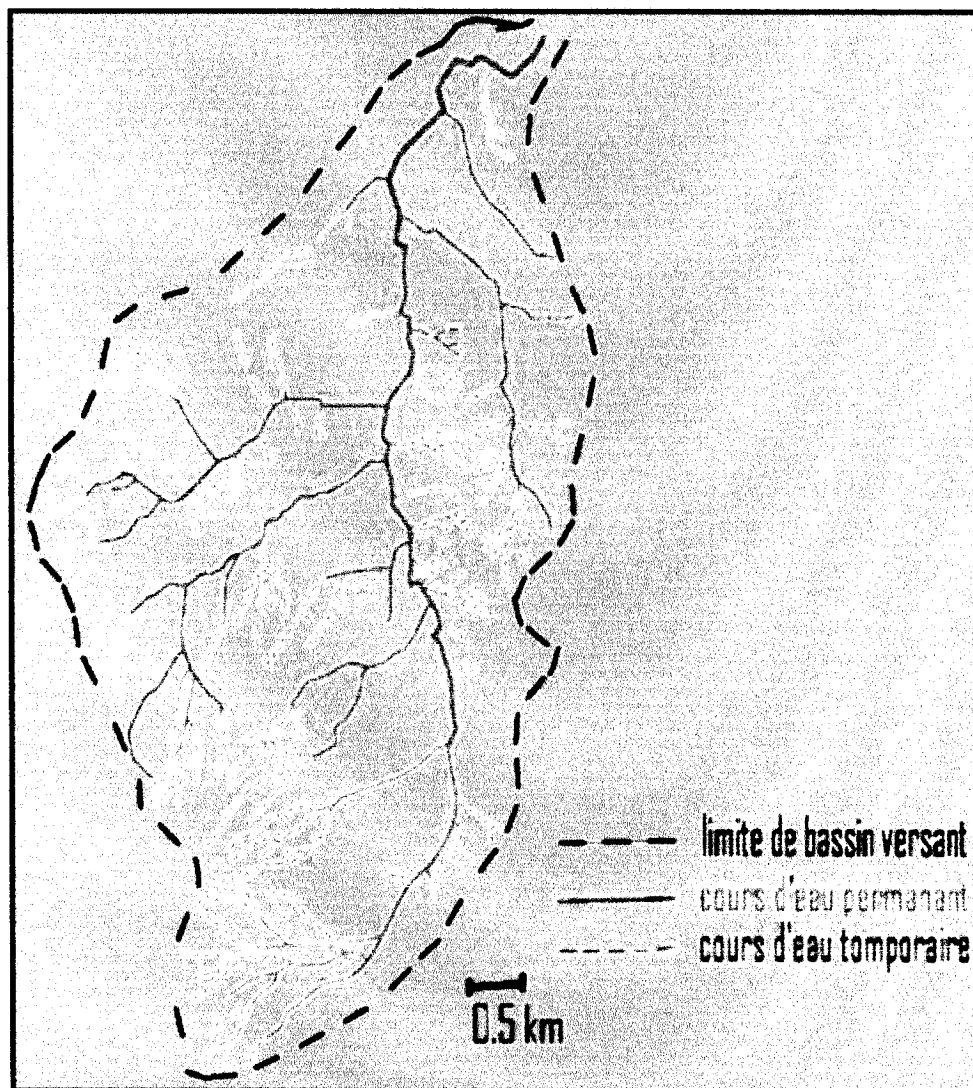


Figure n°II-6 : Carte du réseau hydrographique de Bassin Versant de l'oued El-Kantara

La figure montre que le réseau hydrographique est bien développé à l'ouest du bassin, le chevelu hydrographique collecte les eaux de ruissellement qui rejoignent rapidement le cours principal avant de se jeter en mer.

II-4-1. La densité de drainage :

Comme notifié dans la formule qui suit, la densité de drainage est le quotient de la somme des longueurs sur la superficie du bassin versant :

$$Dd = \sum_i^s \frac{Lx}{A}$$

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

Lx : La longueur totale cumulée des thalwegs permanent et temporaire

A : La surface du bassin en km².

$$Dd = 5.16 \text{ km par km}^2.$$

Tableau n°II.4 : Classification de la densité de drainage.

CRITERES	CLASSES				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Densité de drainage (% de longueur cumulée de cours d'eau au km ²)		< 8	8 - 16	16 - 24	24 <

Selon la classification la densité de drainage est faible.

II-4-2. Coefficient de torrentialité (Ct) : Le coefficient est calculé pour avoir une idée sur la densité du drainage « Dd » d'ordre 1. Théoriquement, en considérant les thalwegs d'ordre 1 comme des drains à écoulement torrentiel, la formule est comme suit :

$$Ct = F1 \cdot Dd$$

Avec :

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

F1 : fréquence des talwegs d'ordre 1.

N₁ : nombre des talwegs d'ordre 1.

A : superficie.

$$F1 = 0.74$$

Donc :

$$Ct = 3.82$$

La valeur 3,82 du coefficient de torrentialité étant supérieur à 3, le bassin peut être considéré comme traversé par un cours à forte torrentialité.

II-5. Conclusion

le bassin versant de l'oued El-Kantara caractérisé par un relief fort, surface importante et une forme allongé avec un réseau hydrographique bien développé à l'ouest et une densité de drainage fiable .

Chapitre III :
Étude hydro-climatologique
bassin versant de l'oued
El-Kantara.

Dans lequel seront analysés et traités les facteurs climatiques les plus déterminants (pluie, températures, écoulements ...) Fera l'objet de cette partie de notre travail. Un bilan hydrologique viendra clôturer ce troisième chapitre.

III-1. Introduction :

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 (Amari N. Fenghour I.). Ce sont les précipitations, surtout liquides qui constituent le facteur essentiel intervenant par :

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

III-2. Climat général de l'Algérie :

le climat de nord de l'Algérie est de type méditerranéen. Caractérisé par une période pluvieuse allant en moyenne d'octobre à Mai et une période sec et ensoleillé allant de Mai à septembre. 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 correspond à une augmentation des amplitudes diurnes et annuelles Seltzer (1949) la carte suivante (fig. III-1),, montre les précipitations annuelles moyennes de l'Est Algérien

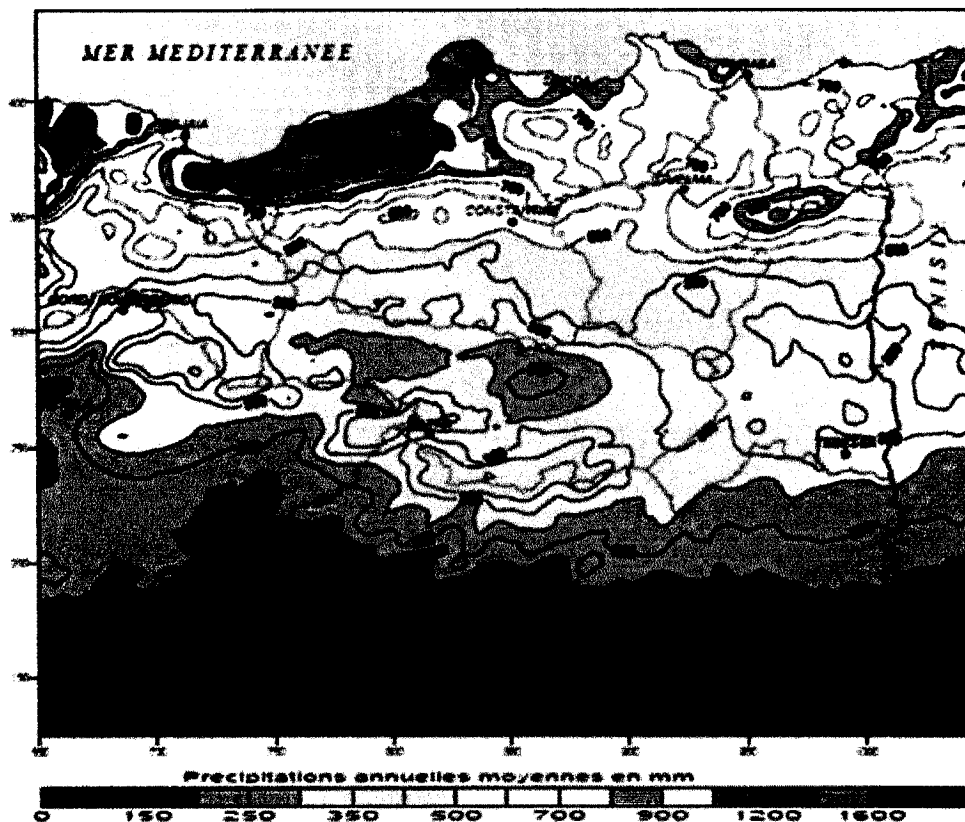


Figure n°III-1: Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est Algérien (Établie d'après A.N.R.H., 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1er septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989) (A.Mebarki, 2005)

La partie Est et Sud est (El Milia et ses environs) de la carte montre quant à elle les valeurs les plus faibles (900 à 1000 mm/an) des totaux moyens annuels.

III-3-1-1. Station météorologique :

Pour l'étude des précipitations du bassin versant la station la plus proche de la zone d'étude est : la station de l'aéroport F .Abbès (code 10-03-03) qui en pour les cordonnées voir tableau :

Station	X(km)	Y(km)	Z(m)
Jijel-aéroport	785.60	390.50	5

Tableau III-1 : Coordonnées Lambert et altitude en mètre de la station de Jijel aéroport.
III-3-1-2. Précipitations moyennes annuelles :

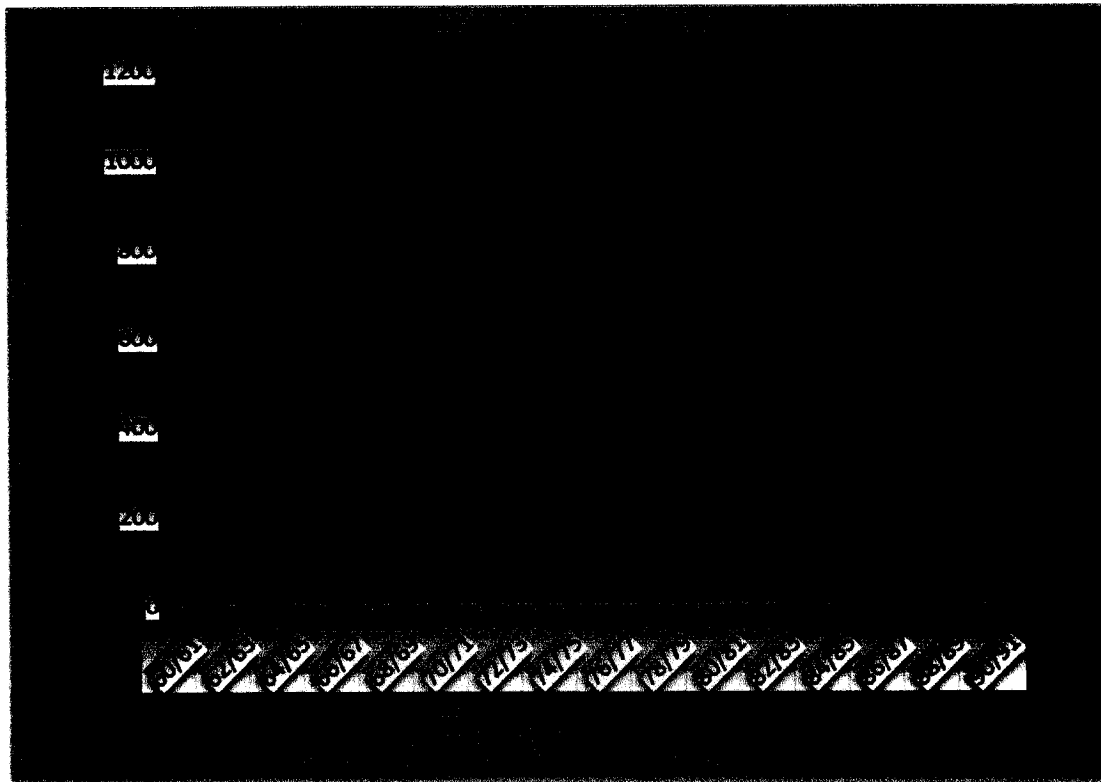


Figure n°III-3 : Diagramme des moyennes annuelles des précipitations Station F.Abbes.
 Période : 1961/1991

Diagramme en dents de série,(fig.III-3) avec des pics pluviométriques atteignent les 1200 mm ,valeurs minimales au dessous des 600 mm par ans ,la région considérée (Jijel) se caractérise par une pluviométrie moyenne comprise entre les 800 et 900 mm par ans

III-3-1-3. Précipitations mensuelles :

La répartition mensuelle des précipitations dans l'année est ces variations présente une relation avec les le régime de cours d'eau, l'érodabilité de sol et le transport des matériaux en suspensions.

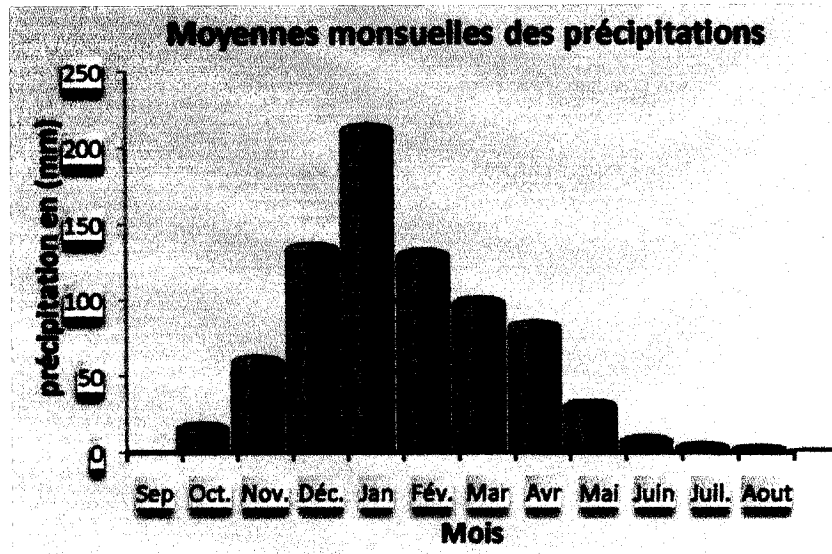


Figure n°III-4 : Moyennes mensuelles des précipitations.

(Station aéroport Farhat Abbes. Période : 1961 à 1991)

Tableau III-2 : Moyennes mensuelles des précipitations et leurs pourcentages.

(Station aéroport F. Abbes. Période : 1961 à 1991)

Mois	Précipitation en (mm)	précipitations en %
sep	20,5	2,5
Oct.	64,6	7,8
Nov.	139,0	16,8
Déc.	216,4	26,1
Jan	135,0	16,3
Fév.	103,2	12,5
Mar	87,5	10,6
Avr	35,2	4,2
Mai	12,1	1,5
Juin	6,9	0,8
Jull.	5,3	0,6
Aout	3,1	0,4
Somme	828,8	100

Ces moyennes sont calculées à partir des données de la série de 1961/1991 (données M-Tekkouk 2005). Ils montrent que le maximum des précipitations est atteint au mois de Décembre avec 216 mm le minimum est au mois d'Aout 3mm sont enregistrés.

III-3-1-4. Précipitations Saisonnières :

Saison	Précipitations en (mm)	précipitations en %
Automne	224.1	27.0
Hiver	454.6	54.9
Printemps	134.8	16.3
Eté	15.3	1.8
Somme	828.8	100.0

Tableau III-3: Moyenne saisonnières des précipitations.

(Station aéroport F.Abbes .Période 1961à1991)

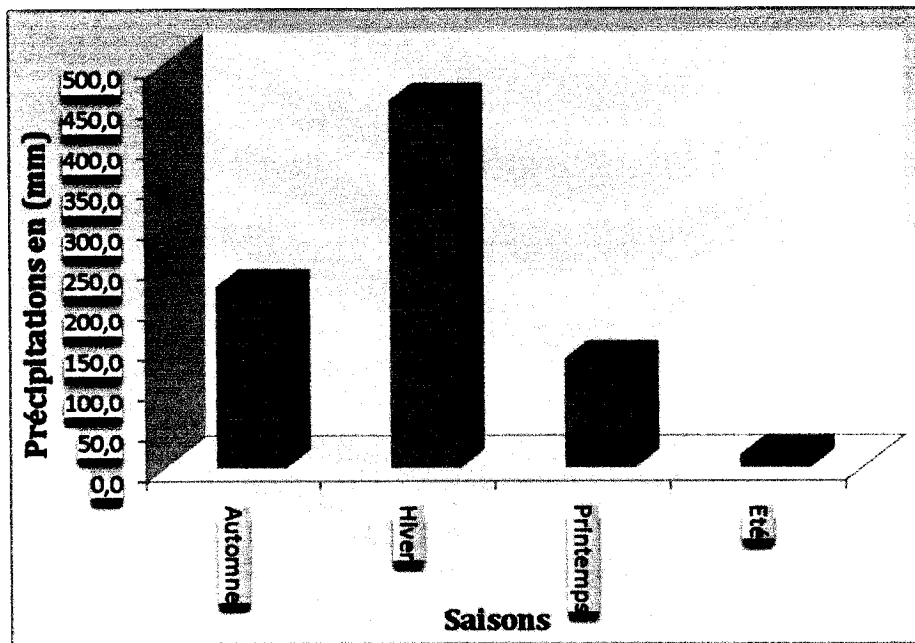


Figure n°III-5 : Histogramme des moyennes saisonnières des précipitations.

(Station aéroport F.Abbes .Période 1961à1991)

Les mêmes données de la série de 1961/1991 montrent que l'hiver est la saison la plus pluvieuse suivie par l'automne, l'été est la saison la plus sèche.



III-3-2. La température :

La température est un facteur important sur le comportement hydrologique des bassins .Elle réagit en interaction avec les autres facteurs climatiques (vitesse de vent précipitations et insolation).C'est à partir des moyennes mensuelles qu'on évalue le déficit dans les bassins versants.

III-3-2-1. Températures moyennes mensuelles :

Le tableau n°III-5 donne les températures moyenne, mensuelles de la région de Jijel ;les données du même tableau ont permis d'établir le diagramme en bâtons (histogramme) qui permet de bien visualiser et mettre clairement en relief a qui suit :

- Les mois les plus froids sont Janvier et février avec 11°C.
- Les mois les plus chauds sont Juillet et Aout avec 25°C.

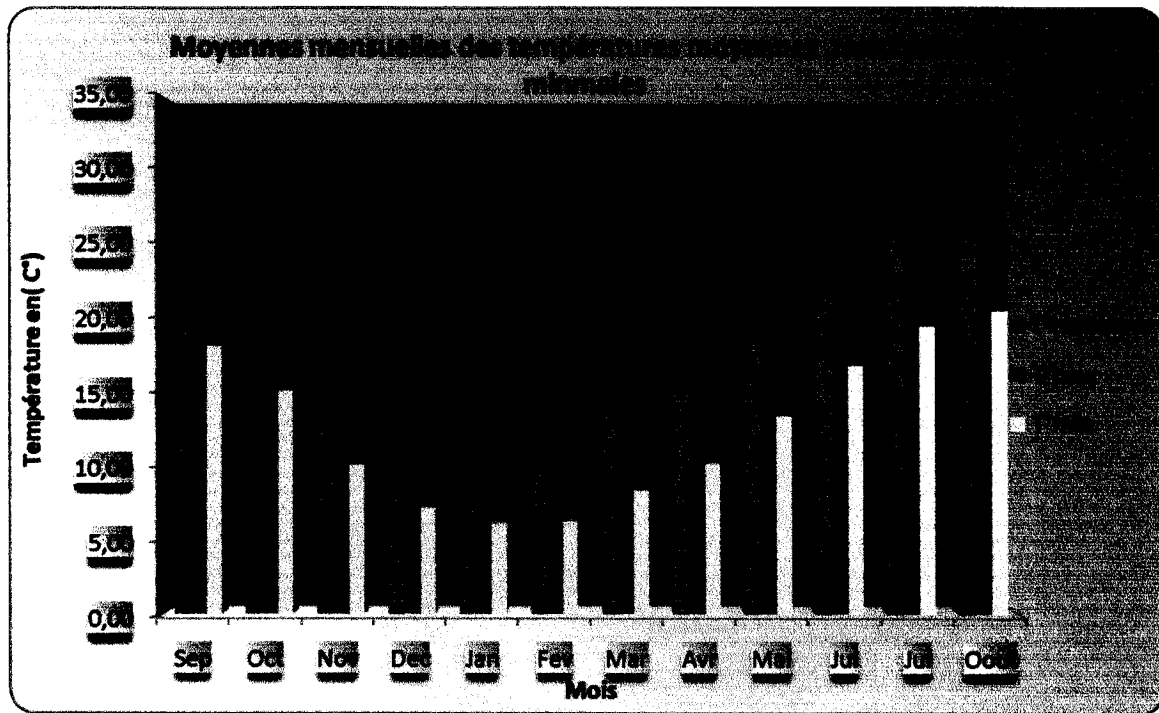


Figure n°III-6: diagramme des maxima et minima des températures moyennes mensuelles. (Station aéroport F. Abbes ; 1961 à 1991)

L'histogramme montre que le mois de janvier est le plus froid avec une valeur moyenne de 11°C. Suivi par une augmentation ordinaire jusqu' à juillet et aout où la température est le plus élevée de l'année proche de 25°C.

III-3-2-2. Température moyenne saisonnière :

Regroupés par saisons, les valeurs antérieures (tab n°III-6) donnent en moyenne les valeurs regroupées dans le tableau n°III-6.

Tableau III-4: Température moyenne saisonnière.

(Station aéroport F.Abbes ; 1961à1991)

saison	Moyenne °c
L'automne	20°
hiver	12°
printemps	16°
été	24°

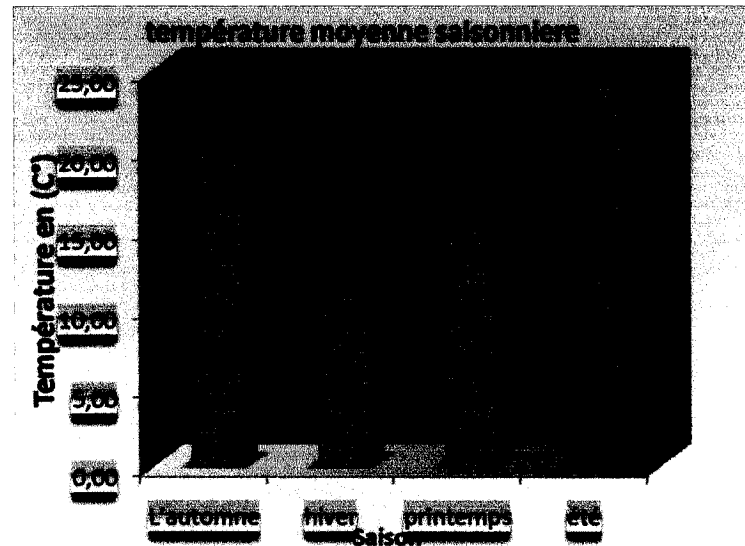


Figure n°III-7: Température moyenne saisonnière.

(Station aéroport F.Abbes ; 1961à1991)

L'histogramme fait apparaitre que :

- l'hiver est la saison la plus froide avec une moyenne de 12°C.
- l'été est la saison la plus chaude, la température est en moyenne de 24°C.

III-3-3.Évaporation mensuelle : Les termes évaporation désignent tous les pertes en eau par retour direct à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Ces pertes comportent l'évaporation des nappes d'eau libre, lacs, cours d'eau, du stockage de surface dans les cavités naturelles de sol, l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et la transpiration des végétaux et animaux.



Figure n°III-8: Évaporation mensuelle.

(Station aéroport F. Abbas ; 1961 à 1991)

L'histogramme montre que :

-l'évaporation est plus élevée au mois d'août où il touche 100mm de lame évaporée.

-l'évaporation est plus basse au mois de février où il ne dépasse pas 40mm de lame évaporée.

III-3-4. Relation température- précipitations :

L'étude de la relation température – précipitations est nécessaire pour la détermination des mois véritablement secs où les précipitations sont égales ou inférieure ou double de la température en c°.

Il est possible donc d'élaborer un diagramme ombrothèrmique dit pluviométrique, dans lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations.

Lorsque la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures, la période correspondante est excédentaire. Par contre, si la courbe des températures passe au dessous celle des précipitations, la période correspondante est déficitaire.

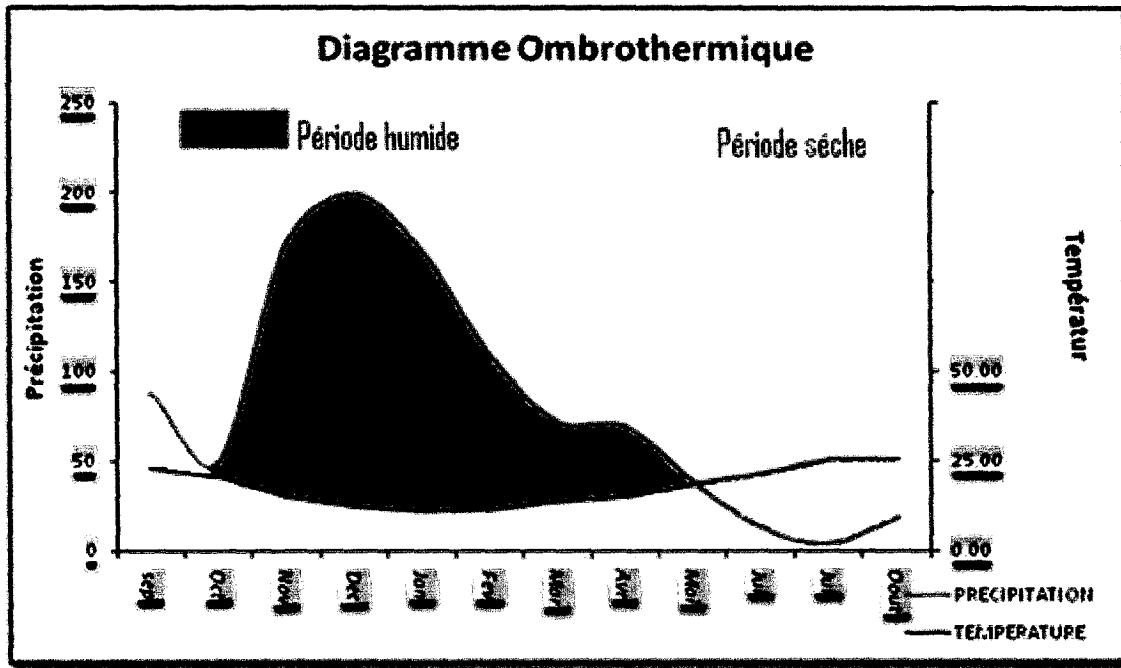


Figure n°III-9: Diagramme ombrothermique

Station de l'aéroport F. Abbas 1961 à 1991.

Le diagramme ombrothermique montre que la saison humide s'étale de septembre, jusqu'au mois de mai et que la saison sèche s'étend de mai à septembre.

III-3-5. La grêle :

Bien qu'elle soit liée aux orages, les chutes de grêle sont également corrélées à la température des couches basses de l'atmosphère. Les épisodes de grêle les plus fréquents sont connus en hiver. Voir tableau III-7

Tableau III-5: Nombre de jours de grêle.

(station aéroport F. Abbas ; 1961 à 1991)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
JJEL	0	0,1	0,5	1,9	2,4	2,4	1,4	0,8	0,2	0,1	0	0	9,8

Le tableau montre que la grêle est fréquente en janvier et février et très rare en été (juin, juillet, août, septembre)

III-4. Le bilan hydrique de la zone d'étude :

III-4-1. Évapotranspiration et déficit en écoulement :

L'évapotranspiration désigne la quantité de l'eau perdue sous forme de vapeur par 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.

III-4-1-1.Évapotranspiration potentielle (E.T.P) :

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 utiliserons la méthode de Thornthwaite par ce que c'est la mieux adapté pour notre région.

➤ Méthode de Thornthwaite :

La méthode de Thornthwaite a été établie en 1944 après de nombreux essais et expériences ; cette méthode n'est pas valable à toutes les zones climatiques. L'ETP de cette formule sera calculée en fonction de la température à condition de considérer des surfaces suffisamment étendues et des pas de temps assez longs.

$$E.T.P = 16(10T/TE)^a$$

$$E T P_c = E T P . K$$

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

T : T °c moyenne mensuelle

^a : Exposant climatique =1.83

TE : Indice thermique annuelle =83.43

K : Facteur de correction pour calculer E.T.P corrigée.

Tableau III-6 : calcul de l'E P T selon Thornthwaite

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil.	Aout	Annuelle
P (mm)	20,5	64,6	139,0	216,4	135,0	103,2	87,5	35,2	12,1	6,9	5,3	3,1	828,8
T (°c)	23,4	21,6	15,1	12,33	11,24	11,47	13,88	15,16	18,66	21,44	25,34	25,3	17,91
ETP (mm)	105,62	91,23	47,38	32,70	27,61	28,65	40,61	47,73	69,80	90,00	122,20	121,85	825,38
k	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	
ETP corrigé	108,79	88,50	40,75	27,47	24,02	24,35	41,83	52,50	84,46	109,80	151,53	141,34	895,34

III-4-1-2.Évapotranspiration réelle E.T.R:**➤ Méthode de Turc :**

En se basant sur des cases hypsométriques, implantées sur 258 bassins dans le monde. Turc à établi la relation suivante

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec : P : Précipitation moyenne annuelle en (mm/an).

L : Pouvoir évaporant ($L=300+25T+0,05T^3$).

T : Température moyenne annuelle en °.

Elle Permet de quantifier l'E.T.R à tous les climats.

Dans notre cas :

$$ETR=385,4\text{mm}$$

ETR=46,5% des précipitations annuelle

III-4-3. 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 :

$$P=ETR+R+I$$

$$I= P-(ETR+R).$$

I: Infiltration en (mm).

P: Précipitations annuelles en (mm). **R :** ruissellement de surface en (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle en (mm).

$$I=207,31\text{mm}$$

$$I=25\%$$

III-5 .Cas de crue de 02 novembre 2010 :

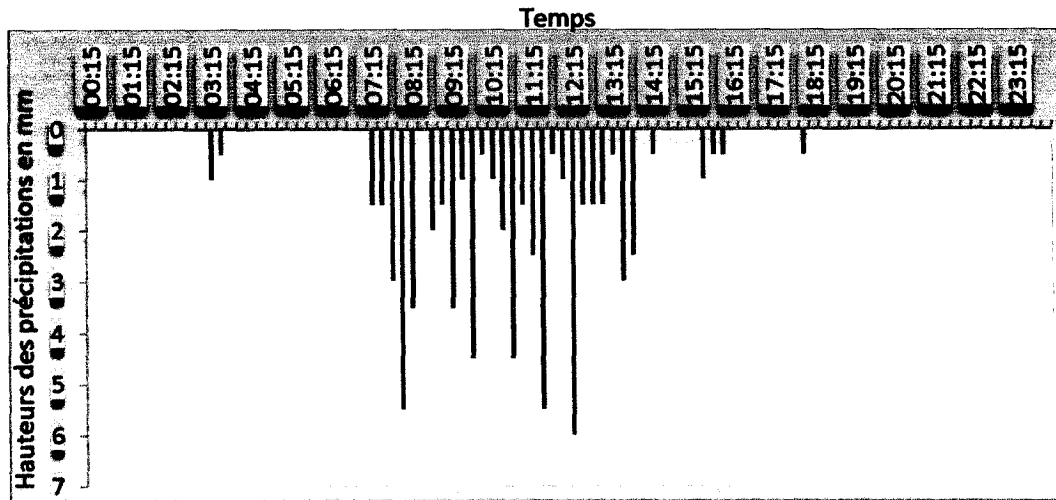


Figure n° III-10-A : diagramme en bâtons

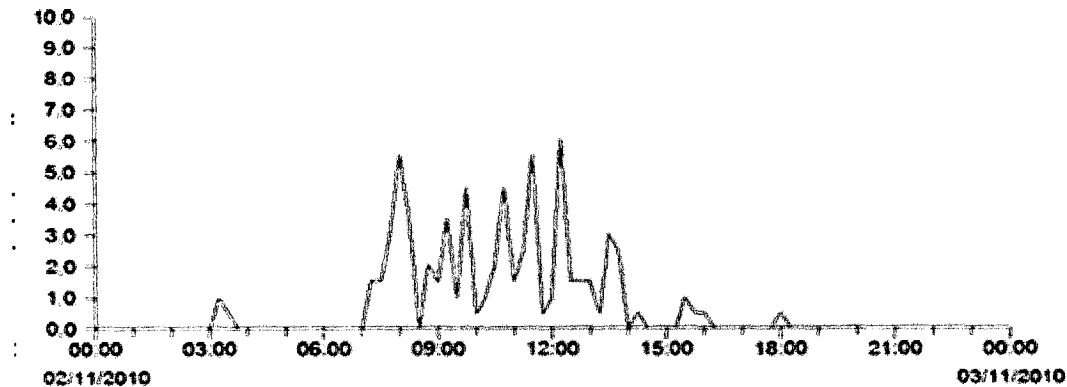


Figure n°III-10-B : courbe limnigraphique

Le dépouillement des données pluviométriques enregistrée la journée de 02/11/2010 de 0 à 24 heures nous permis d'établir le diagramme en bâtons que nous représentons en fig. (III-10-A)

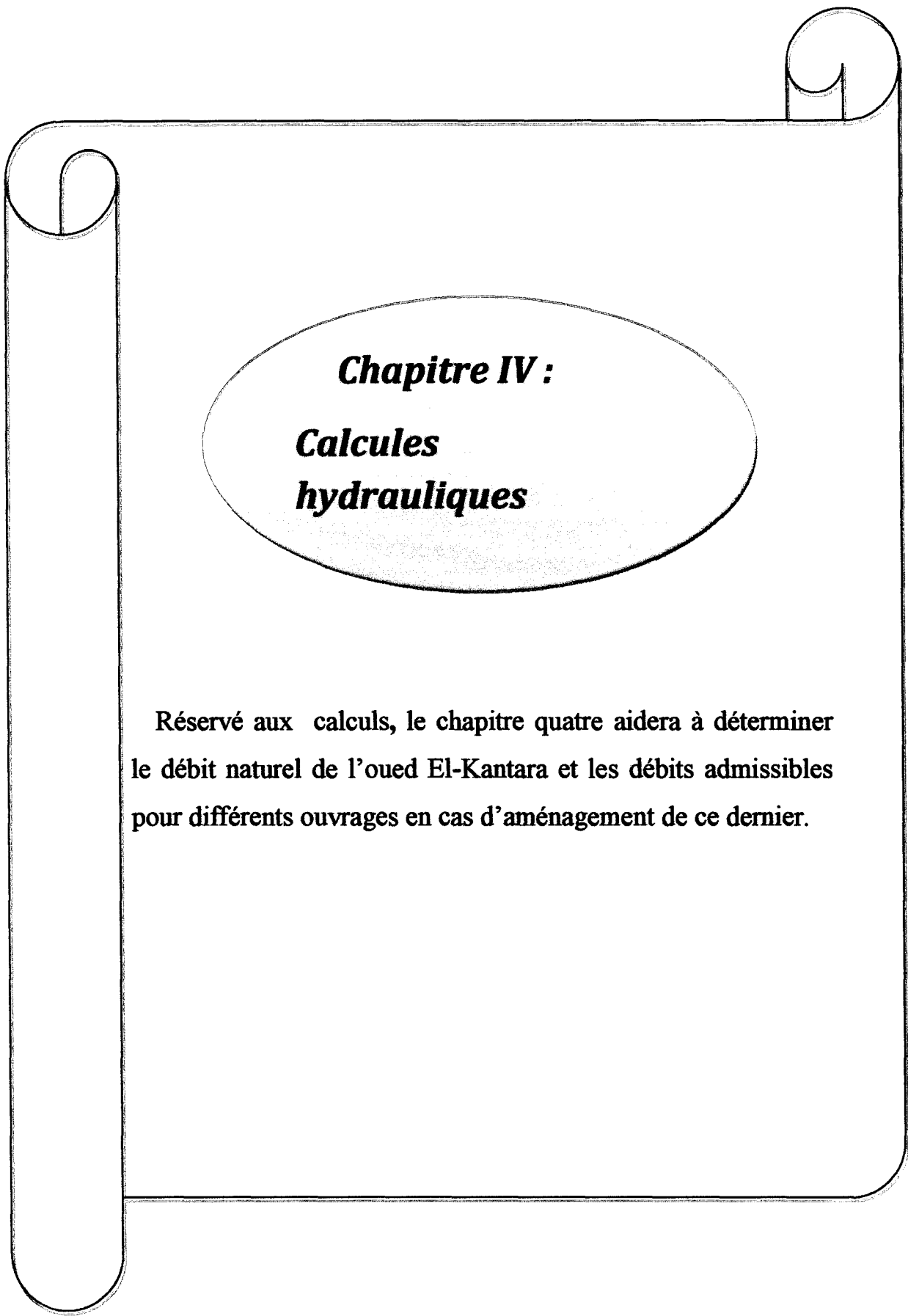
Comparé en diagramme limnimétrique enregistré fig. (III-10-<B) par la station automatique de surveillance installé sur site nous a permis de déduire :

-les histogrammes fig. (III-10-A) et les courbes fig. (III-10-B) limnigraphique se superposent parfaitement, les pics (correspondent aux valeurs maximum enregistrées) et creux ou minimum enregistrés sont en presque adéquation.

Cette parfaite superposition s'explique par le fait que le bassin est complètement saturé, l'eau tombée (pluie) empreinte la pente du bassin pour aller rejoindre les points les plus bas (mer).

III-6. Conclusion

Les facteurs hydro-climatiques jouent un rôle principal dans le crue les pluies intense pendant une courte durée est la cause directe de l'augmentation de niveau de l'oued El-Kantara.



Chapitre IV :
Calculs
hydrauliques

Réservé aux calculs, le chapitre quatre aidera à déterminer le débit naturel de l'oued El-Kantara et les débits admissibles pour différents ouvrages en cas d'aménagement de ce dernier.

IV-1. Pluie décennale de 24 h (H_{24}^{10}) :

Les précipitations sont calculées à partir des valeurs moyennes des stations pluviométriques les plus proches du projet. R.Benzaïde(1999)

Elles peuvent être estimées par la formule suivante :

$$H_{24}^{10} = 85.61 e^{-0.00269x}$$

————— { **IV-1** }

Avec : x : distance par rapport à la mer en (km)

H_{24}^{10} : pluie décennale de 24 h en (mm).

La valeur obtenue par la formule (IV-1) H_{24}^{10} correspond à la valeur de la pluie d'une durée de 24 h avec une période de retour de 10 ans.

Dans notre cas d'étude la distance $x=2$ km ce qui donne :

$$H_{24}^{10} : 85,15 \text{ mm}$$

IV-1-2. Coefficient de ruissellement :

Ce coefficient indique le pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par rapport à la totalité de l'averse. Il varie avec la perméabilité du sol, la pente et la couverture végétale de la zone étudiée.

$$C = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4$$

————— { **IV-2** }

Avec :

Classe	végétation		Perméabilité		Pente		Superficie	
	type	C_1	Nature	C_2	%	C_3	S en km^2	C_4
I	Sol dénudé	1,75	Perméable	0,30	0,05	1,00	<1	1,00
II	Brousse	1,00	Moyennement perméable	0,35	5 à 10%	1,25	1 à 5	0,90
III	Forêt	0,60	Imperméable	0,40	>10%	1,50	>5	1,75

Tableau IV-1 : les paramètres de Coefficient de ruissellement.

Pour notre bassin versant on a :

La végétation de type brousse $\Rightarrow C_1=1$

Une perméabilité moyenne $\Rightarrow C_2=0,35$

La pente 5% $\Rightarrow C_3=1,25$

La superficie= 21,7km² $\Rightarrow C_3=1,75$

De la formule (III-2) on aura :

$$C=0,76$$

IV-1-3. Temps de concentration (Tc) :

C'est le temps pendant lequel les eaux de précipitation se concentrent avant de s'écouler, il est établi grâce à des formules empiriques dont les plus utilisées sont :

a-La formule de Giandotti :

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

{ IV-3 }

Tc : Temps de concentration en (heures)

A : Surface de bassin (km²).

L : longueur (km).

H : la dénivellée du centre de bassin versant par rapport à l'exutoire (Hmoy-Hmin)

b-La formule de Ventura :

cette formule la plus utilisée en Algérie

$$t_c = 7.63 \sqrt{\frac{A}{I}}$$

{ IV-4 }

avec : t_c : en (mn)

A : surface de bassin versant

I : pente de bassin versant en %

La formule qui donne ce temps de concentration en heur s'écrit comme suite :

$$tc = 0.127 \sqrt{\frac{A}{I}} \quad \text{---} \quad \{ IV-5 \}$$

c-Formule de Kirpich Passini :

$$tc = 1.1 \frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{I}} \quad \text{---} \quad \{ IV-6 \}$$

Avec : A : En km²

L : Longueur de talwegue en (km)

I : La pente en %

tc : En heur

Cette formule est valable Valable pour des bassins versant qu'ils ont une superficie comprises entre 5 et 25 km².

En utilisant la formule de **Ventura (IV-4)**, le temps de concentration du bassin versant étudié sera :

$$tc = 13,31 \text{ minutes}$$

$$tc = 0,2 \text{ heur}$$

IV-1-4. Intensité é de la pluie critique (I) :

Le passage de la hauteur de la pluie de 24 h (H_{24}^{10}) à celle relative à un temps Ht peut se faire selon la relation suivante :

$$Ht = (H_{24}^{10}) \left(\frac{tc}{24} \right)^B \quad \text{---} \quad \{ IV-7 \}$$

t_c : temps de concentration en heure.

B : Exposant climatique variant selon l'aridité de l'endroit.

H_t : en mm

H_{24}^{10} : pluies décennal en mm

D'où 'intensité critique :

$$I = \frac{H_t}{t_c} = \frac{(H_{24}^{10} t_c)^{B-1}}{24^B} \quad E_h \text{ (mm / h)} \quad \text{---} \quad \left\{ \text{IV-8} \right\}$$

L'application de la formule (IV-8) sur notre bassin versant donne :

$$I = 116,88 \text{ mm / h}$$

III-1-4'. Intensité de la pluie critique selon les données ANRH :

Les données relatives à la journée du 02/11/2010 ou crue enregistrée au niveau du bassin versant d'El kantara nous permettent de déterminer l'intensité de la pluie enregistrée en cette journée. En effet, pour cette même journée, il est tombé :

1,5 mm de pluie à 12 heures.

À 12 heures 15 minutes, il a été enregistré 6 mm de pluie sur notre bassin.

Cette différence (4,5 mm) de lame tombée en un quart d'heure peut être réduite en mm / heure. En effet, les 4,5 mm / 15 minutes deviennent : 18 mm / heure.

IV-1-5. Calcul des débits :

IV-1-5.1. Débit décennal (Q_{10}):

a) Bassin versant de surface $S < 100 \text{ km}^2$ (méthode rationnel) :

Pour les bassins versants dont la superficie est inférieure à 100 km^2 le débit décennal se calcule par la formule suivante :

$$Q_{10} = K \cdot C \cdot I \cdot S$$

IV-9

Avec : Q_{10} = Débits décennale en (m^3/s)

S : Superficie de bassin versant en (km^2)

C : Coefficient de ruissèlement

I : Intensité critique (mm/h)

K: Coefficient sans dimension ; en fonction des unités retenues ($k=0.278$)

La formule (IV-8) devienne :

$$Q_{10} = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot S$$

IV-10

Pour notre site étudié :

$$Q_{10} = 528,42 m^3 / s$$

Pour le cas du I calculé d'après les données de l'ANRH nous obtenons pour notre bassin, un débit de $82 m^3/s$.

Remarquons qu'un simple calcul effectué à partir des données ANRH (lame d'eau tombée à 12 heures et 12heures 15mn) et la superficie du bassin considéré donneraient un débit écoulé d'environ $110 m^3/s$.

Les deux valeurs (82 et $110 m^3/s$) étant très proches, nous considérons que pour le petit bassin étudié, ces chiffres sont assez représentatifs, et que par conséquent, les $528 m^3/s$ qui sont 5 fois plus grands que nos valeurs calculées sont exagérées et donc à prendre avec précaution. Est ce dû à la formule utilisée ???

➤ La formule de Mallet et Gautier :

Cette méthode utilise des paramètres reliés aux caractéristiques spécifique du bassin versant (critères topographiques, géologiques et climatiques) on remarque la complexité de l'obtention de ces paramètres :

$$Q = 2 \cdot K \cdot \log(1 + A \cdot H) \frac{S}{\sqrt{L}} \sqrt{1 + 4 \log T - \log S}$$

IV-11

Avec

Q : Débits maximal en (m³/s) avec période de retour T

H : Hauteur de précipitation exceptionnelle, correspondant à temps en (mm)

S : Superficie de bassin versant en km².

L : Longueur de talwague en km.

K et A Coefficients tenant compte des critères spécifiques du bassin versant

Les valeurs moyennes sont (K=1 et A = 20).

Dans le cas de notre projet d'étude ont va appliquer la méthode rationnel pour le calcul des débits.

b) Bassin versant de surface S>100km² :

La formule de Giandotti fournit des valeurs satisfaisons pour les grands bassins versant :

$$Q_{10} = \frac{\lambda \cdot C}{K} \frac{H \cdot S}{t_c} 278$$

IV-12

C : Coefficient de ruissellement

H : Hauteur des précipitations en (mm)

S : Superficie de bassin versant

Tc : Temps de concentration

$$t_c = \frac{1.5L + 4\sqrt{S}}{0.8\sqrt{H}}$$

IV-13

Avec

L : longueur de talwague en km.

H : Dénivelée de centre de bassin versant en (m)

λ : Rapport entre le débit max et le débit moyen de crue .

Pour λ et K on note les valeurs suivantes :

{	$S < 300 \text{ km}^2$	$\lambda=10$
	$300 < S < 1000 \text{ km}^2$	$\lambda=8$
	$S > 1000 \text{ km}^2$	$\lambda=6$

{	$S < 500 \text{ km}^2$	$K=4$
	$500 < S < 1000 \text{ km}^2$	$K=4.5$
	$1000 < S < 8000 \text{ km}^2$	$K=5$
	$8000 < S < 20000 \text{ km}^2$	$K=5.5$

IV-2-Vérification des dimensionnements des ouvrages hydrauliques:

Pour le calcul du débit admissible des ouvrages hydrauliques on utilise la formule de Maning Strickler.

$$Q_{ab} = k \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \text{---} \quad \left\{ \text{IV-14} \right\}$$

Q_{ad} : Débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s)

$$Q_{ad} = V \cdot S_m \quad ; \quad \text{avec} \quad v = k \cdot R_h^{1/2} \cdot i^{1/2}$$

$V_{\max}: 6 \text{ m/s}$

S_m : Section mouillée en (m^2).

R_h : Rayon hydraulique = section mouillée/périmètre Mouillé, S_m/P_m

i : Pente longitudinale de l'ouvrage en%

K : coefficient de rugosité des parois de l'écoulement (coeff.de Strickler).

A titre indicatif on donne ci-après quelque valeurs du coefficient k :

$K=30$ Pour une section en terre irrégulière avec végétation.

$K=40$ Pour une section en terre régulière.

$K=60$ Pour une section en maçonnerie.

$K=70$ Pour une section en béton (cas générale : $K=71.40$)



Figure n° IV-1 : Photo illustre le dimensionnement de canal de l'oued El-Kantara

Pour le cas de notre canal (fig. IV-1) on a :

$$S_m = 30 \text{ m}^2$$

$$R_h = 1,07 \text{ m}$$

$$K = 71,40$$

$$I = 0,00696\%$$

Ce qui donne :

$$V = 5,26 \text{ m/s}$$

$$Q_{ad} = 157,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Remarque : Les hauteurs de remplissage des ouvrages pour les besoins dimensionnement varie comme suit :de (0.70à0.90) fois le diamètre pour les buses .et de (0.70à0.90) fois la hauteur pour les dalots.

Ces hauteurs de remplissage sont adopté pour évité une mise en charge et par conséquence des remous préjudiciables à la stabilité des talus.

Signalant enfin que le dimensionnement des ouvrages se fait pour un retour de 50 ans :

$$Q_{50} \leq Q_{ad \text{ ouvrage}}$$

IV-2-1 Calcul du débit admissible du canal :

Le débit admissible du canal réalisé sur le site étudié est calculé par la formule (III-13)

$K=71,40$; $i=0,00696\%$; $S_m=30m^2$; $R_h=1,15m$;

$$Q_{ad} = 193,78m^3/s$$

IV-2-2 Calcule de débit admissible de pont de l'oued El-Kantara :

En suivant la même méthodologie et avec les paramètre de calcul suivants :

$k=71,41$; $S_m=99,44m^2$; $R_h=2,22$; $i=0.00696$

$$Q_{ab} = 996.05m^3/s$$

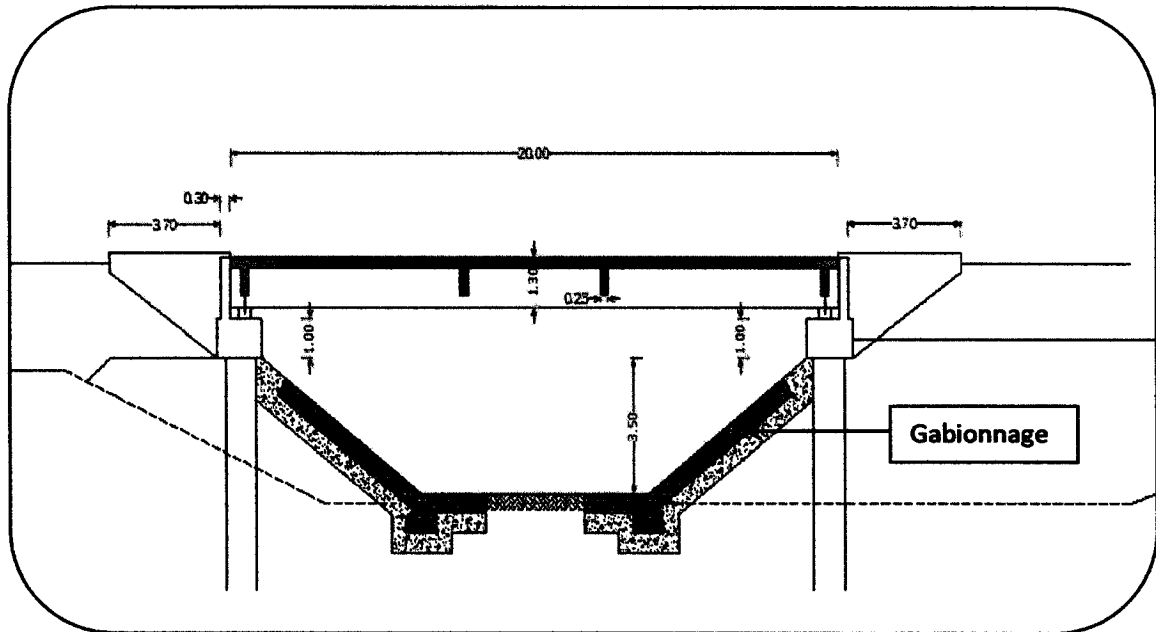


Figure n°IV-2: schéma représente le dimensionnement de pont de l'oued El-Kantara.

IV-3.Recommandation :

On recommande la réalisation des petits bassins de décantation en gabionnage le long de l'oued avant le canal et pont en question pour stopper la venue des débris qui bloquent le bon fonctionnement des ouvrages hydrauliques (canal et pont) .

IV-4.Conclusion :

L'étude présentée dans ce mémoire est une synthèse élaborée sur la base des données suivantes :

- collecte et traitement des données et étude des documents et dossier antérieurs existants .
- reconnaissance détaillée des lieux et prospection des ouvrages existants.
- enquête sur le comportement antérieur des cours d'eau et chaabates provoquant les crues.

Les résultats obtenus permettent de conclure ce qui suit :

-le dimensionnement des ouvrages (canal et gabarit sous) ont été réalisés convenablement et dans le Strict respect qu'un posaient les débits (normal ou exceptionnel) de l'oued El-Kantara.

-Nous pensons que l'inondation a été provoquée par les débits et autre matériaux rejetés dans le lit même de l'oued.

-les avaloires et autre bouches d'évacuation mal réalisés et mal fini ont largement contribué à cette situation.

Comme solution à cet état de faits ,nous proposons que les services concernés réaménagent le cours d'eau en :

-Implantation des bassins de décantations(en gabionnage) pour permettre de décharger et stopper tout débris à l'amont des ouvrages considérés.

-Interdire tout dépôt de marchandise ou autre matériaux de construction en amont ou sur dalot recouvrent le canal construit ...

Bibliographie

- A.N.R.H., 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1er septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989).
- A.N.R.H.1993 service des cartes.

- Amari N. Fenghour I. (2009) étude géologique et géotechnique du pos n°01 de la ferme Adouane Ali (extension est de la ville de Jijel) wilaya de Jijel , thèse ingénieur d'état université de jijel.

- Andrée D. et René D. (1999) Les risques naturel, 3ème édition mise à jours Juillet (2000).
- Bouillin J.P.(1970): Définition d'un flysch massylien et d'un flysch maurétanien
- Bouillin J.P. et Raoult J.F. (1971): Présence sur le socle Kabyle du constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs; le Numidien peut être un néo-autochtone? Comte Rendu : Somm. Soc. Géol. France, 7 :117P.
- Bouillin J.P. (1977) : Géologie alpine de la Petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie).Thèse Doct. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 511 p.

- Bezaide R. Aménagement de l'évitement de Ain M'lila .Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en voie et ouvrage d'art , université de Constantine , année universitaire 1998-1999, P196 .
- Coiffait J.P. (1992) .un bassin post nappe dans sont cadre structural exemple les bassins de Constantine (Algerie oriental) .thèse Sc.univ.Nancy,502P.

- Djellit H. (1987) :évaluation tectonométamorphique desocle kabile et tolarité de mise en place des nappe flyches en petite kabile oxidontale (algérie).Doct.Univ.d'Orsay .206 P.
- Durand Delga M. (1955) : Etude géologique de l'ouest de la chaîne numidique Thèse, N24,533P.
- Gélard J.P. (1969) ; le flysch à base schisto-greaseuse de la bordure méridionale et orientale du massif de Chellata : le flysch mauritanien (Grande Kabylie). Bull. soc. Géol. France ; XI, Paris. PP676-686.
- Laborde J.P. (2000) élément d'hydrologie de surface
- Mattauer 1980 : Etude géologique de l'Ouarsenis oriental(Algérie).Bull.Serv.carte géologique d'Algérie, nouvelle série N°17 Alger,534P .

- Mebarki A. (2005) Hydrologie des bassins de l'est Algérien : ressource en eau, aménagement en énervement, thèse université de Constantine

- Roger C. 2003 : calcule des fondations superficiel et profond .Ed.tenique de l'ingénieur (TE).Paris ,114P.
- Réménieras G. 1976 l'Hydrologie de l'ingénieur.
- Raoult J.F. (1974): géologie du centre de la chaîne numidique (nord du constantinois, Algérie) thèse. Paris. Mém. Soc. Géol. France. Nouv. Série, L III, N°21.

- Raoult J.F. 1934 ; Semroud 1970 ; Bouillin 1977 ; Fouguot 1990 ; Oubadi 1994

- Seltzer P. 1949 le Climat de l'Algérie « Alger ».

-Semroud B.1970 : Etude pétrographique du granite du Filfila(Skikda).Thèse de doct.3^{eme}Cycle ,univ.Alger.

-Tekkouk M. (2005) Etude de la pollution par les sulfates des eaux du bassin versant de l'oued DjenDjen. Mémoire de magister université de Constantine.algérie.P262

-Vila .J.M.1958 : Géologie de la petite kabyle.

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau n°II.1 : caractéristiques morphométriques de bassin versant de l'oued El-Kantara.....</i>	17
Tableau n°II.2 : Répartition altimétrique de bassin de l'oued El-Kantara.....	18
Tableau n°II.3 : Classifications O.R.S.T.O.M. pour des bassins versants dont la surface est des l'ordre de 25 km².....	21
Tableau n°II.4 : Classification de la densité de drainage.....	23
Tableau n° III-1 : Coordonnées Labret et altitude en mètre de la station de Jijel aéroport.....	27
Tableau n° III-2 : moyenne mensuelle des précipitations et leurs pourcentages. (Station aéroport F .Abbes. Période : 1961à1991).....	28
Tableau n°III-3: moyenne saisonnière des précipitations (Station aéroport F .Abbes .Période 1961à1991).....	29
Tableau n° III-4 : Température moyenne saisonnière.....	31
Tableau n° III-5: Nombre de jours de grêle.(station aéroport F .Abbes ; 1961à1991).....	33
Tableau n° III-6 : calcul de l'E.P.T selon Thornthwaite.....	34
Tableau n°IV-1 : les paramètres de Coefficient de ruissellement	38

Liste des figures

Figure n° I-1: Carte géologique de la région de secteur étudié extraie de la carte de la chaîne alpine orientale et des confins Algéro-Tunisienne.....	11
Figure n° I-2 : coupe géologique à travers le site.....	13
Figure n°II-1 : Bassins hydrographiques de l'Algérie du Nord et position de la zone d'étude (A.Mebarki, 2005).	14
Figure n°II-2 : Situation de bassin versant de l'oued El-Kantara.....	15
Figure N° : II-3 Classification des bassins versant selon l'indice de Gravelius.....	17
Figure n°II-4 : Courbe hypsométrique de bassin versant de l'oued El-Kantara..	18
Figure n°II-5 : Carte hypsométrique de l'oued El-Kantara.....	19
Figure n°II-6 : Profil en long de bassin versant de l'oued El-Kantara.....	21
Figure n°II-7: Carte du réseau hydrographique de Bassin Versant.....	22
Figure n°III-1: Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est Algérien (Établie d'après A.N.R.H., 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1er septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989) (A.Mebarki ,2005).....	25
Figure n°III-2 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel, d'après A.N.R.H.199.....	26
Figure n°III-3 : Diagramme des moyennes annuelles des précipitations <i>Station F.Abbes</i> , période 1961/1991.....	27
Figure n°III-4 : moyennes mensuelles des précipitations. (<i>Station aéroport F.Abbes. Période : 1961à1991</i>).....	28
Figure n°III-5 : Histogramme des moyennes saisonnières des précipitations....	29
Figure n°III-6: diagramme des maxima et minima des températures moyennes mensuelles. (Station aéroport F .Abbes ; 1961à1991).....	30
Figure n°III-7: Température moyenne saisonnière.....	31
Figure n°III-8:Évaporation mensuelle.(Station aéroport F.Abbes ;1961à1991)...	32
Figure n°III-9: Diagramme ombrothermique	33
Figure n° III-10-A : diagramme en bâtons.....	36

Figure n°III-10-B : courbe limnigraphique.....	36
Figure n°IV-1: Photo illustre le dimensionnement de canal de l'oued El-Kantara.	45
Figure n°IV-1: schéma représente le dimensionnement de pont de l'oued El-Kantara.....	47