

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université KASDI Merbah de Ouargla

—ooOoo—

Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

—ooOoo—

Mémoire
Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De

MASTER

Filière: Hydraulique
Option: Génie de l'eau



Thème:

Étude des hydrogrammes des crue du bassin versant Isser(09) Algérie
(W.Boumerdes)

Réalisé Par : Abdelhafid BOUSSAID

Soutenu Publiquement Le:

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Université	Qualité
M.HAHI Mme.FERGGUUGGI MERIEM		Ouargla	Président Examineur
M.HOUARI ZEGGANE	Maitre Assistant A	Ouargla	Examineur Encadreur

Année Universitaire : **2013 /2014**

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect à :

Mes parents surtout la chandelle de ma vie ma mère

Mes sœurs en précisant Farida & Dida, mes frères

Mon deuxième frère & mon gémeaux Abdedhak

Le Directeur de Centre de Boughoufala Mr Ahmed Yahia

Mes amis : Tarek, Hadjer, Afaf, Warda..

ABDELHAFID

Remerciements

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs remerciements

A mon promoteur Mr " Zeggane Houari" pour ses orientations et précieux conseils.

A tout le corps enseignants et le personnel du département de Génie Civil & Hydraulique qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.

Aux membres de jury qui auront à juger et à apprécier ce travail.

Je tiens aussi remercier Mr 'Ahmed Yahia' pour ses précieux services & aides.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : CADRE DE L'ETUDE

I.1 PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	3
I.1 PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	3
I.1.1 GEOGRAPHIE	3
I.1.2.1 MORPHOLOGIE DU BASSIN	8
I.1.3 TOPOGRAPHIE	10
I.1.4 CLIMAT	12
I.1.5 VEGETATION	15

CHAPITRE II : DÉTERMINATIONS DES HYDROGRAMMES DE CRUE

II.1 MESURE DES DÉBITS	19
II.2 EXPLOITATION DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES	20
II.3 MÉTHODE DE CONCEPTION DES HYDROGRAMME DE CRUE	22
II.3.1 EN PRESENCE DE DONNEES DE MESURE.	22
II.3.2 EN ABSENCE DE DONNEES DE MESURE	23
II.3.2.1 METHODE DE SOKOLOVSKI	23
II.3.2.2 METHODE DES HYDROGRAMMES MODELES	27
II.3.2.3 METHODE D'ALEKCEEV	28

CHAPITRE III : ÉTABLISSEMENT DE MÉTHODE DE CONCEPTION DES HYDROGRAMMES

III.1 LES MODÈLES EN HYDROLOGIQUE	31
III.2 CONSTRUCTION DE L'HYDROGRAMME DE PROJET PAR FORMULATION ANALYTIQUE	32
III.2.1.MODELE DE SINNIGER	32
III.2.2 LE MODELE DE BERTOLI ET MOISELLO	33
III.2.3 LE MODELE SCS ET SES DERIVEES	34
III.2.4 MODELE NASH	35
III.2.5 MODELE PEARSON	36
III.3 PRESENTATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES	37
III.4 ÉTABLISSEMENT DE MÉTHODE DE CONCEPTION DES HYDRO GRAMME DE CRUES.....	38
III.4.1. STATION LAKHDARIA (090501).	38
III.4.1.1. MODELE DE NASH.....	38
III.4.1.2. AJUSTEMENT DU L'HYDROGRAMME MEDIAN A LA LOI DE NASH	40
III.4.1.3. ÉCRITURE DE L'HYDROGRAMME DE NASH ET SA VALIDATION.....	41
III.4.1.4. MODELE DE PEARSON.....	41
III.4.2. LES RESULTATS POUR LES AUTRES STATIONS HYDROMETRIQUES.....	42

III.5 EXEMPLE D'EXPLOITATIONS DES RÉSULTATS	43
III.5.1 EN PRESENCE DE DONNEES.....	43
III.5.2 EN L'ABSENCE DE DONNEES.....	44
CONCLUSION	
ANNEXES	
A- LES CRUES DES STATIONS.....	46
B- LES HYDROGRAMMES BRUTE DES STATIONS.....	46
C- LES HYDROGRAMMES UNITAIRES NORMES DE RUISSELLEMENT DES STATIONS.....	48
D- LES HYDROGRAMMES MEDIANS DES STATIONS AVEC AJUSTEMENT A NASH ET PEARSON	49

Liste des figures

Fig 1. Plan de situation du BV de Isser.....	5
Fig 1. Réseau Hydrographique du BV de Isser.....	7
Fig 3. Carte lithologique du bassin versant Isser.....	9
Fig 4 . Modèle Numérique de la Topographie du BV de Isser.....	11
Fig 2 .Situation des barrages dans le BV de Isser.....	17
Fig 6.Station hydrométrique d'Ain Smara sur l'oued Rhumel (profil en travers).....	19
Fig 7.Station de Grarem : seuil de jaugeage et échelles limnimétriques.....	19
Fig 8.Etapes de calcul d'un débit moyen journalier.....	20
Fig 9.Courbes de tarage de la station de Douar Tassadane(d'après A.N.R.H).....	21
Fig 10.Hydro gramme adimensionnel médian de l'oued Allalah.....	22
Fig 11.Décomposition de l'hydrogramme de crue.....	24
Fig 12.Hydrogramme de crue du barrage Boughrara (Méthode d'Alekceev).....	29
Fig 13. forme de l'hydrogramme de projet et calage sur les observation (crue de 24-sept 1944 dans la retenue de Mattmark)-d'après : [sinniger,1995].....	32
Fig 14. L'hydro gramme de crue par le modèle de Bertoli et Mosello.....	33
Fig 15. Hydrogrammes de projet selon Yeu et al [2002].....	35
Fig 16.L'emplacement des stations hydrométrique au niveau du bassin versant.....	38
Fig 17.Hydrogramme unitaire normés de la station Lakhdaria.....	39
Fig 18.Hydrogramme médian la station Lakhdaria.....	40
Fig 19.résultat graphique d'ajustement.....	40
Fig 20.résultat graphique d'ajustement.....	41
Fig 21. hydrogramme des crues de la station la Traille.....	46
Fig 22 . hydrogramme des crues de la station BENI SLIMANE.....	47
Fig 23 .Hydrogramme des crues de la station MEZAHIM.....	47
Fig 24. hydrogramme unitaire de station la Traille.....	48
Fig 25. hydrogramme unitaire de station MEZAHIME.....	48
Fig 26. hydrogramme unitaire de station BENI SLIMANE.....	49
Fig 27.hydrogramme médiane avec ajustement à Nash et Pearson de la station BENI SLIMANE.....	49
Fig 28. hydrogramme médiane avec ajustement à Nash et Pearson de la station Traille.....	50
Fig 29. hydrogramme médiane avec ajustement à Nash et Pearson de la station MEZAHIME.....	50

Liste des tableaux

Tableau 1. Répartition mensuelle de la température.....	12
Tableau 2. Nombre de jours de Gelée aux stations de Tablat et Bir – Ghbalou.....	12
Tableau 3. Nombre de jours de sirocco aux stations Beni Slimane et Bir Ghbalou.....	13
Tableau 4. ETR au niveau du bassin Isser.....	13
Tableau 5. ETP de différentes stations hydrométriques en mm.....	14
Tableau 6 .Caractéristiques des barrages en exploitation.....	16
Tableau 7. Courbes de tarage de la station de Douar Tassadane(d'après A.N.R.H).....	26
Tableau 8 : Code, année de mise en service et coordonnées Lambert des stations hydrométriques.....	37
Tableau 9. Principaux résultats des trois stations de mesures.....	42
Tableau 10. Résultats de calcul.....	43
Tableau 11. les crues des stations.....	46

Introduction

En Algérie, pays à dominance aride et où l'eau est au coeur des préoccupations de la société et des pouvoirs publics, la notion de bassin versant rentre de plus en plus dans le langage courant des ingénieurs et des décideurs.

Le bassin est défini comme une entité topographique et hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau (sous forme de précipitations essentiellement, sans oublier les apports souterrains issus d'autres bassins) et où l'écoulement (et le transport de matériaux mobilisés par l'érosion) s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur.

Il convient d'ajouter à cette idée que c'est également, à l'échelle du bassin versant, qu'il devient de plus en plus aisé d'étudier les aménagements hydrauliques et de leurs impacts sur le cycle hydrologique, de même que les phénomènes de pollution et de leurs transferts amont-aval. En somme, les questions de la gestion de l'eau au sens large du terme.

Mais, condition fondamentale, ce sont les données de mesures hydrométriques accumulées au niveau des bassins jaugés qui permettent de quantifier valablement les débits des cours d'eau et d'analyser les mécanismes hydrologiques dans le temps et dans l'espace.

L'inventaire des inondations à travers le pays pour la période allant de 1969 à 2008 révèle qu'il n'existe pas de régions prémunies contre ce risque et que ces événements sont imprévisibles dans le temps et dans l'espace. Aussi, il ressort que des grande inondations engendrées par des pluies exceptionnelles généralisées sur de grands bassins versants et pouvant toucher plusieurs régions atteignant parfois l'ampleur d'une catastrophe nationale telle que : les inondations de l'automne 1968 en Algérie et en Tunisie, celle de Mars 1973 affectant l'EST du pays ,les inondations de 1974 des bassins versants de l'algérois et de la Sebaou , celle de 1984 touchant tout l'EST du pays et les inondations par ruissellement urbain provoquées par des orages localisés d'automne et d'été affectant surtout les agglomérations et les villes (cas des inondations du 10 novembre 2001 qui furent les plus meurtrières de l'histoire des inondations en Algérie).

Le bon dimensionnement des ouvrages d'évacuation (évacuateurs de crues, canaux, conduites, fossés etc...) repose sur la bonne évaluation des hydrogramme de crue , nécessaires pour la détermination des gabarits des ouvrages . Il y a donc lieu d'étudier les crues des cours d'eau pour déterminer les caractéristiques de l'ouvrage.

Exemple d'utilité de calcul des hydrogrammes de crue pour la conception des ouvrages hydrauliques. Cas d'un Barrage.

La réalisation d'ouvrages hydrotechniques, nécessite la connaissance de la crue de projet (crue fréquentielle pour le dimensionnement d'ouvrage, crue fréquentielle pour la protection du chantier). cependant la distribution de cette crue dans le temps est généralement approché par des modèles empiriques , on citer sokolovski (Russie) à titre d'exemple, ces modèles généralement établi en zones différentes des nôtres.

Dans cette optique nous allons essayer d'établir des modèles propre à la région d'étude, qui le bassin Isser, nous intéresserons à deux modèles, NASH et PEARSON.

I.1 PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

I.1.1 GEOGRAPHIE :

Le bassin de l'Isser est situé au Centre - Nord de l'Algérie, avec une superficie totale de 4 149 Km², ce qui vaut à 8.72% de la superficie totale du bassin Algérois - Hodna - Soummam avec une population totale estimée en 2030 à 812 291 habitants.

Il est limité comme suit:

- A l'Est par le bassin de la Soummam;
- Au Sud par le bassin du Hodna;
- A l'Ouest et au Nord par le bassin du Côtier-Algérois.

Le bassin versant de l'oued Isser au droit du barrage de Beni Amrane draine une superficie de 4126 km².

Le bassin versant Isser est situé environ à 70 Km au Sud Est d'Alger. Il présente sensiblement la forme d'un quadrilatère d'orientation Sud –Ouest /Nord-Est.

Le cadre géographique dans lequel se développe le bassin versant est constitué de l'atlas tellien algérois au Nord qui culmine à 1130 m au Djebel Tamesguida et de la chaîne des Bibans au Sud qui culmine à 1810 m au Djebel Dira. Ces deux chaînes sont séparées par la plaine des Aribes d'altitude 550 m.

Le bassin versant de l'Oued Isser dont les lignes de crête se situent entre 90 et 1810 m a une altitude moyenne de 710 m

Le cours d'eau principal parcourt une distance de 98,2 km.

En relation avec le contexte géologique et structural, on distingue le Haut et Moyen Isser d'une part, et le Bas Isser d'autre part.

Bas Isser: il est situé à 60 Km à l'Est d'Alger et limité comme suit:

- Au Nord par la mer Méditerranée;
- Au Sud par le contrefort de la dorsale Kabyle et Djebel Ahmed;
- Au Nord-Est par le Massif de Cap Djinet;
- A l'Est par les Massifs Raïcha et Chender;
- A l'Ouest par les Massifs de Thénia.

Haut et Moyen Isser: la plaine du Haut et Moyen Isser est limitée comme suit:

- Au Nord par le Massif de Beni Amrane;
- A l'Est par l'oligocène de Drâa El Mizane;
- A l'Ouest par les formations oligocènes du Djebel Bou Zegza.

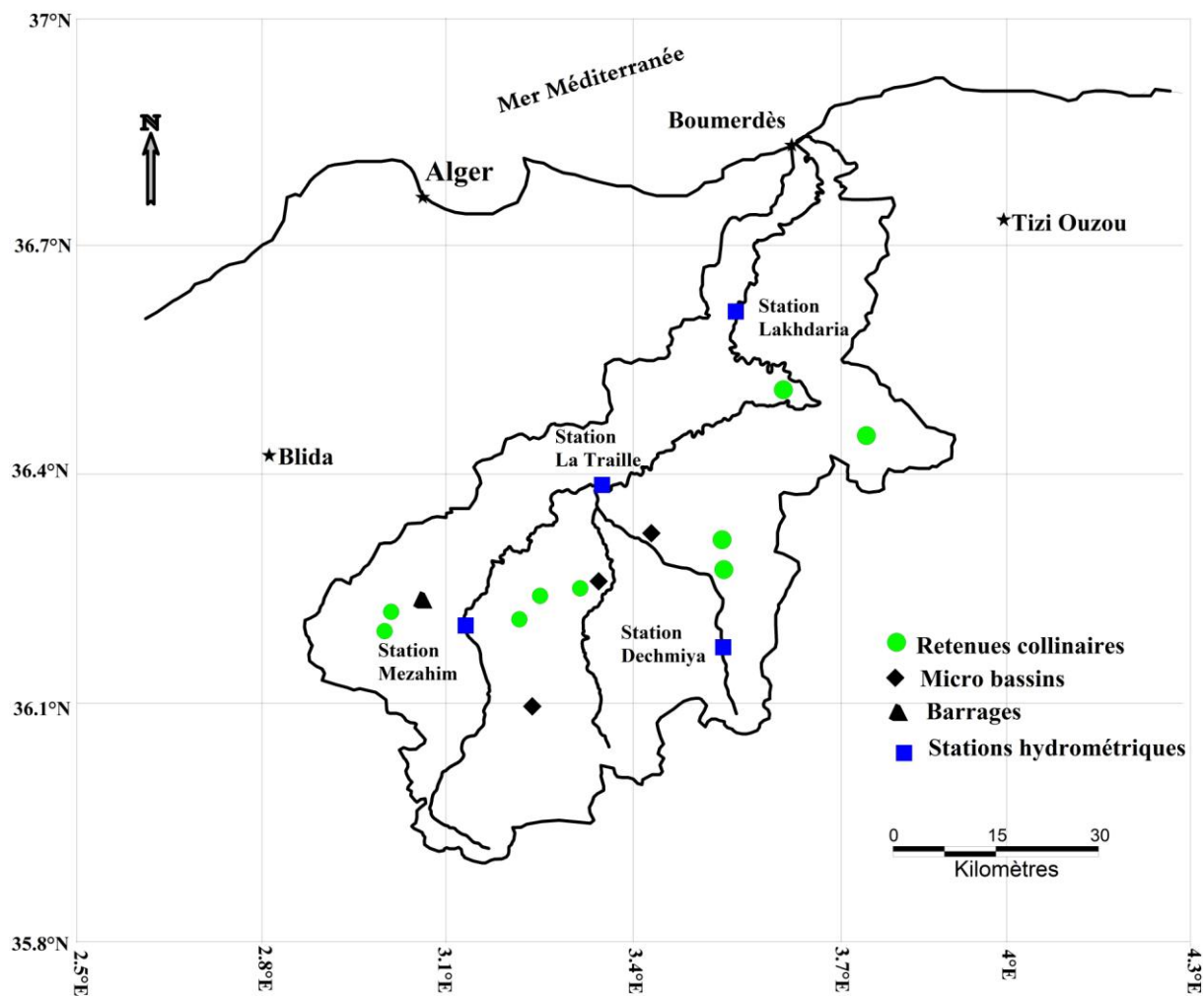


Fig 1. Plan de situation du BV de Isser.

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est l'une des plus importantes caractéristiques d'un bassin versant.

Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes. La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux, que sont :

- **La géologie** : qui de par sa plus ou moins grande sensibilité à l'érosion, la nature du substratum influence la forme du réseau hydrographique. La structure de la roche, sa forme, ses failles, ses plissements, forcent le courant à changer de direction.
- **Le climat** : le réseau hydrographique est dense dans les régions montagneuses très humides et tend à disparaître dans les régions désertiques.
- **La pente du terrain**: elle détermine si les cours d'eau sont en phase érosive ou sédimentaire. Dans les zones plus élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion de la roche sur laquelle ils s'écoulent. Au contraire, en plaine, les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation prédomine.
- **La présence humaine** : le drainage des terres agricoles, la construction de barrages, l'endiguement, la protection des berges et la correction des cours d'eau modifient continuellement le tracé originel du réseau hydrographique.

LE HAUT ISSER

On y trouve deux principaux cours, l'Oued MELLAH et l'Oued ISSER. L'Oued ISSER est formé par la réunion de l'Oued EL HAMMAM issu de calcaires marneuses de crétacé inférieur de BERROUGHIA et de l'Oued MELLAH qui draine 1/3 de la superficie de ce bassin.

LE MOYEN ISSER

Il est drainé par les Oueds:

- ✓ DJEMAA à l'Est.
- ✓ BOU-HAMMOUD à l'Ouest.
- ✓ ISSER au milieu.

LE BAS ISSER

Le bas ISSER est traversé par l'oued ISSER et quelques affluents à l'Est et à l'Ouest de celui-ci. Le réseau hydrographique est présenté sur la figure 2.

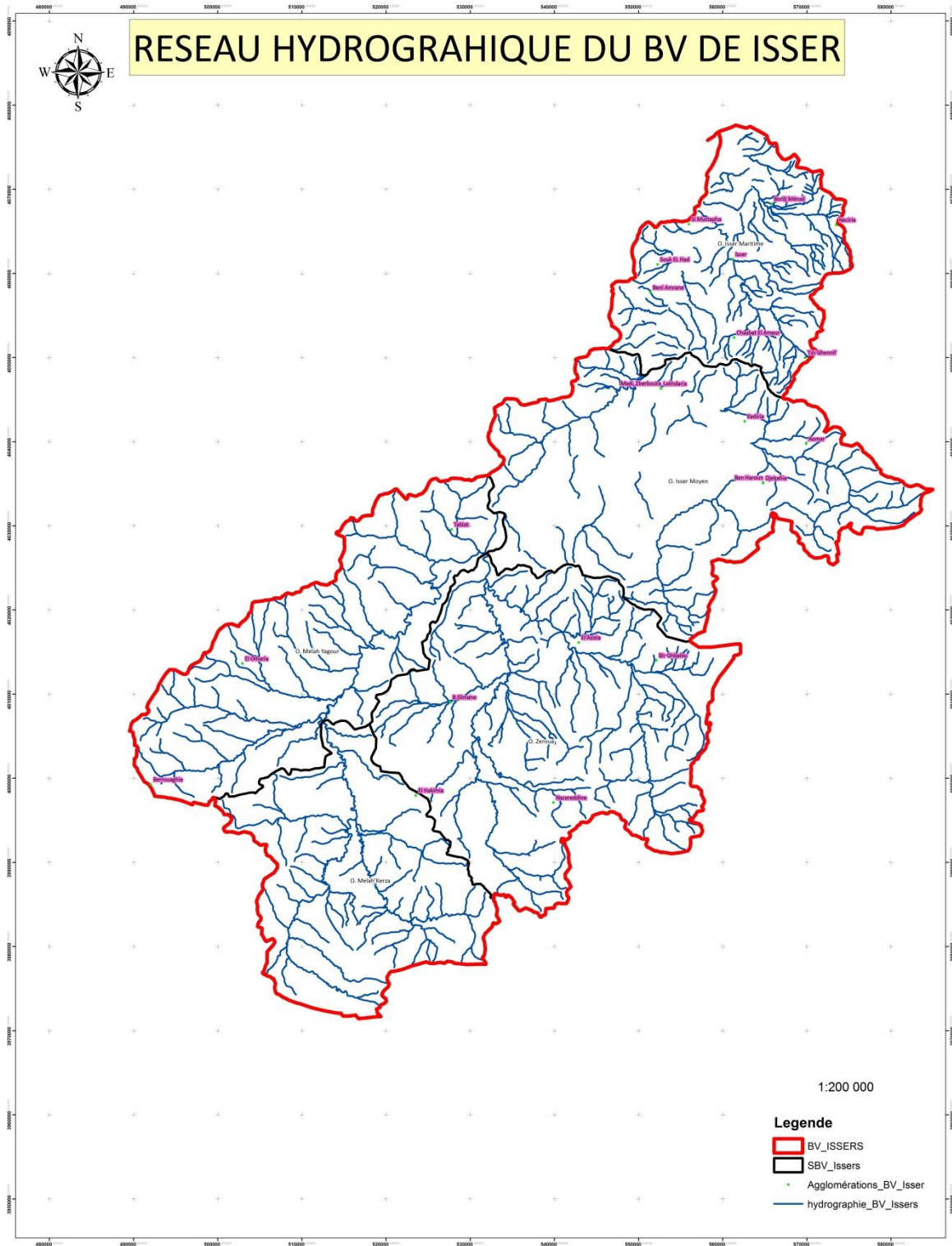


Fig 1. Réseau Hydrographique du BV de Isser.

I.1.2 GEOLOGIE

I.1.2.1 MORPHOLOGIE DU BASSIN

- **Lithologie**

Pour l'étude géologique, on se limitera à une description lithologique du bassin versant afin de connaître le degré d'érodabilité et de dégradation.

LE HAUT ISSER

Le haut ISSER est constitué à 60% de formation marneuse et marno- calcaire appartenant au crétacé inférieur, moyen et supérieur.

Les argiles et sable rouge de l'aquitainien continental occupent 13 % du bassin.

On y trouve également des alluvions en terrasses du quaternaire continental. Ces formations occupent 12% de la surface du bassin. Des pointements triasiques dans le crétacé supérieur ont provoqué la salure des eaux de l'oued Mellah.

Ces marnes qui constituent 69 % de la superficie totale, se fissurent et craquent par déshydratation pendant la saison sèche. Elles s'altèrent sur plusieurs centimètres en formant un tapis des gravillons mêlé de poussière argilo- calcaire qui partent en débâcle aux premières averses orageuses de la saison de pluie. Ces formations sont assez facilement érodables. (Figure II.2).

LE MOYEN ISSER

La description lithologique du bas ISSER et moyen ISSER est extraite de la carte de géologie.

Les schistes argileuses, les marnes grises et schisteuses avec des couches de grés occupent 70 % du moyen ISSER. Ces formations appartiennent au crétacé inférieur, moyen et supérieur.

On rencontre l'oligocène marin dont les formations sont présentées par des conglomérats, grés et marnes constituent 13.41% de la superficie totale de bassin.

Le miocène inférieur est représenté par des grés et marnes ; ces formations constituent 4 % du bassin.

Les alluvions du quaternaire continentales occupent 6,90% de la superficie totale. Figure 3.

On note la présence des traces de trias marin ou lagunaire formant 0,6 % du bassin.

Le moyen ISSER présente en général des formations meubles, facilement érodables.

LE BAS ISSER

Le bas ISSER est constitué de 43.15% des formations marneuses des grès et des conglomérats, appartenant à l'oligocène marin. Le miocène inférieur marin dont les formations sont des grès et des marnes constituant 14,91% du bas ISSER.

Les schistes cristallins et micacés sont respectivement des schistes à chlorite et à séricine et quartz à biotite, formant 19,84% de la superficie totale.

Le crétacé inférieur occupe 2,11 % du bassin. Ces formations sont représentées par des schistes argileuses, des marnes grises et des grès ; Les alluvions de quaternaire continentales occupent 18.6 % du bas ISSER.

On y trouve des granites formant 1.93 % de la superficie totale. Ces formations dures 'conglomérats et granites' donnent au bas ISSER, la caractéristique du moins érodable en comparaison avec le haut ISSER. Voir figure3.

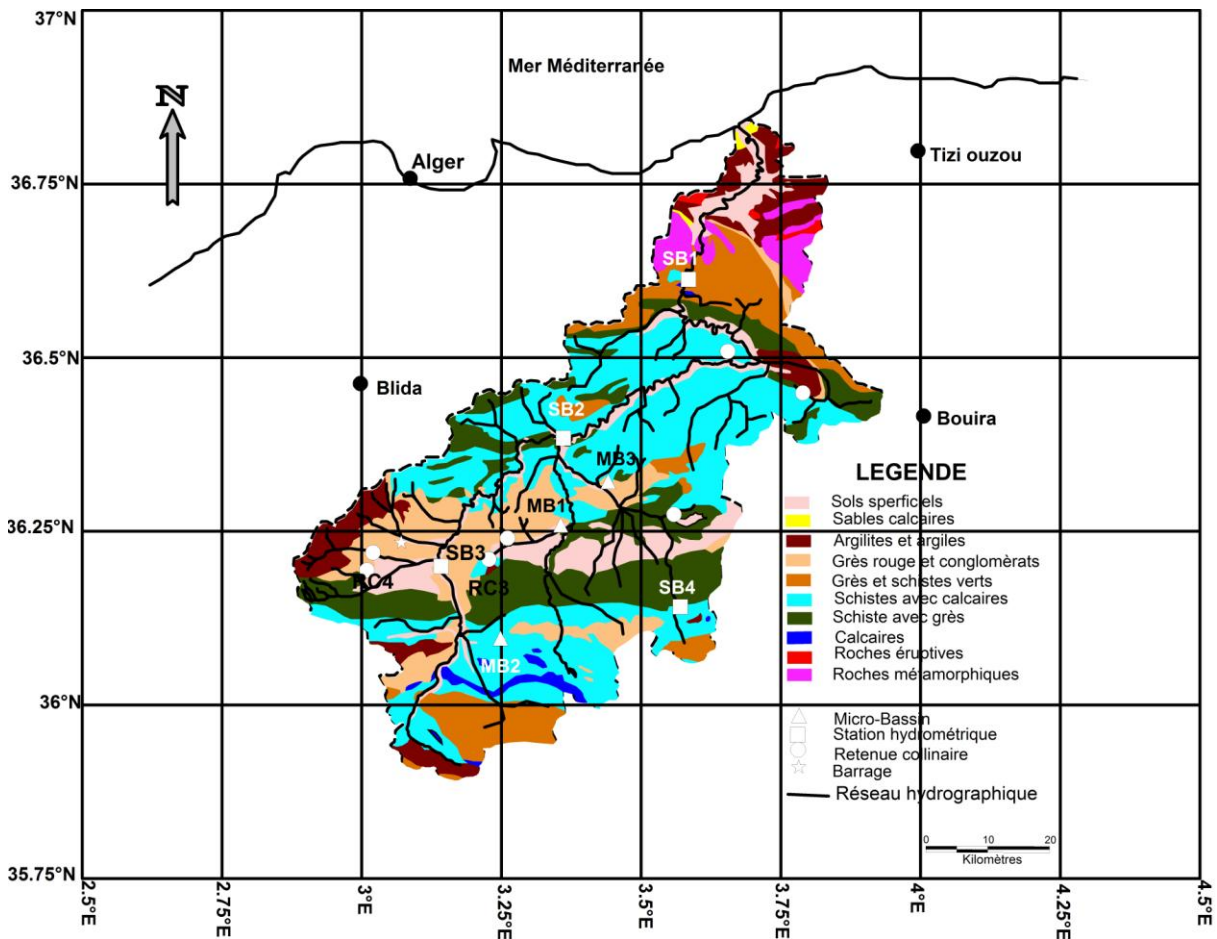


Fig 3. Carte lithologique du bassin versant Isser.

I.1.3 TOPOGRAPHIE

LE HAUT ISSER

Le haut ISSER dont les lignes de crête se situent entre 1200-1800 m à une altitude moyennes 843 m, 50% de la surface est comprise entre les altitudes 700- 1100 m.

Il Nord- Ouest est moins élevée, son altitude passe de 1240 m au KEF-R'MEL à 1971 au Bou mali.

L'arrête présente deux arrêtes principales orientées, Sud – Ouest et Nord –Est. L'arrête Sud –Ouest est plus élevée et passe de 1460m à KEF LAKHDAR CHERGUI à la cote 1810 au BJEBLE DIRA, point culminant du bassin.

LE MOYEN ISSER

Le relief est plus au moins accentué. Il se situe entre l'altitude 900 à la station LAKHDARIA à 1265m au BJEBLE FOUUDA.

LE BAS ISSER

Les altitudes du bas ISSER sont comprises entre 0-1031 m sur la bordure du massif occidental du DJURDJURA. Il présente une topographie accentuée.

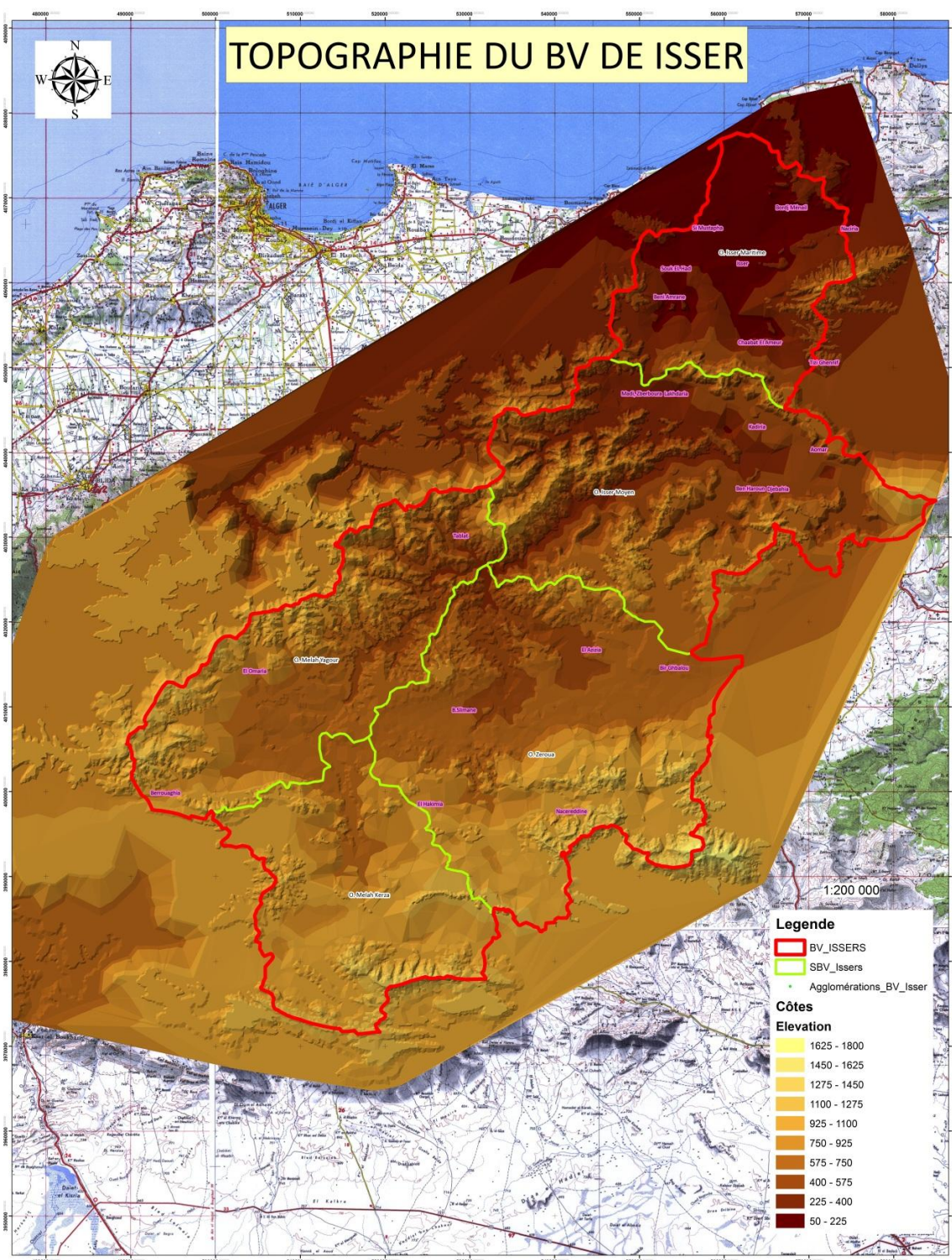


Fig 4 . Modèle Numérique de la Topographie du BV de Isser.

I.1.4 CLIMAT

D'après **Sogetha-Sogreah (1962)**, la région de l'oued Isser est soumise au climat de l'atlas tellien, présentant des degrés de continentalité qui croît très rapidement en s'éloignant de la mer.

La température moyenne annuelle décroît de 17 °c à 10 °c par effet orographique. L'amplitude moyenne mensuelle passe de 16°C à 20 °c du Nord au Sud de cette région du fait principalement des minima observés en hiver.

On peut observer des gelées blanches, pendant 1 à 50 jours par an de Novembre en Mars et la neige persiste plus de 20 jours par an sur les cimes au-dessus de 1000 m d'altitude.

Température : Le bassin est soumis à un climat méditerranéen intermédiaire. Entre le climat Tellien de montagne pluvieux et à l'amplitude thermique faible, avec des chutes de neige et le climat Tellien de plaine plus sec relativement chaud et présentant de forts écarts de température. Le bassin versant de l'oued ISSER est caractérisé par une température relativement humide d'octobre au mois d'Avril et sèche de Mai à Septembre. La température moyenne annuelle à BENI SLIMANE altitude (600m) est de l'ordre de 14 ° c.

Tableau 1. Répartition mensuelle de la température.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Minimale	1	1	3	6.5	9.5	16	16	17	14	10	5	3
Maximale	8	12	15	20	22	28	30	32	26	24	15	10
Moyenne	4.5	6.5	9	13	16	22	23	24.5	20	17	10	6.5

A.N.R.H (1996)

Gelée :

La gelée est enregistrée du mois de novembre au mois de mai, le nombre moyen de jour par mois enregistré aux stations de Tablat et Bir Ghablou est donné dans le tableau n ci-dessus (**A.N.R.H ,2001**).

Tableau 2. Nombre de jours de Gelée aux stations de Tablat et Bir – Ghablou.

Station	Altitude(m)	sept	Oct	Nov	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Total annuel
Tablat	450	0	0	1	5	6	3	3	1	0	0	0	19
Bir Ghablou	624	0	0	3	11	11	8	5	4	1	0	0	13

Vent : Les vents chargés d'humidité sont de direction Nord –Sud à Nord -Ouest sud- Est alors que les vents déssechant sont de direction Sud –Nord. Le sirocco souffle sur tout le bassin, le nombre moyen de jour de sirocco par an enregistré sur la station de Beni Slimane et Bir Ghablou est donnée par le tableau 3 :

Tableau 3. Nombre de jours de sirocco aux stations Beni Slimane et Bir Ghablou.

Station	sept	Oct	Nov	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total annuel
Beni Slimane	3	0	0	0	0	0	1	2	5	6	8	25
Bir Ghablou	3	1	1	0	0	0	1	1	2	5	4	18

A.N.R.H (2002)

Evapo- transpiration

Elle est calculée à l'aide de la formule II.1

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \tag{II-1}$$

Avec : $L = 300 + 25T + 0.05T^3$.

P : précipitations interannuelles (mm) 511 mm.

T : température interannuelle 14°C.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4:

Tableau 4. ETR au niveau du bassin Isser.

Sous Bassins	ETR (mm)
Haut Isser	418
Moyen Isser	445.7
Bas Isser	523.9

Nous donnerons en tableau 4 l'évaporation potentielle (ETP) extraite des cartes évaporations (ETP) établie par l'ANRH en 2002.

Tableau 5. ETP de différentes stations hydrométriques en mm.

Station	MEZAHIM 90101	Beni Slimane 90305	Déchia 90309	La Traille 90408	Lakhdaria 90501
Septembre	145.18	146.52	140.76	144.81	143.1
Octobre	94.71	96.05	85.77	95.64	95.21
Novembre	51.37	52.46	44.08	53.3	54.57
Décembre	35.1	35.37	28.28	37.83	39.84
Janvier	38.03	38.42	30.2	40.41	43.42
Mars	87.01	85.73	76.95	89.45	93.66
Avril	124.1	123.21	114.64	122.81	125.32
Mai	165.31	166.42	154.98	162.95	159.92
Juin	201.97	206.02	192.7	198.41	189.06
Juillet	226.36	225.38	224.94	221.53	203.96
Août	201.86	199.88	200.35	199.08	197.27

ANRH 2002

I.1.5 VEGETATION

LE HAUT ISSER

La caractéristique la plus apparente en étudiant le bassin est l'absence d'une couverture végétale arbustive dense, ce qui favorise le phénomène de l'érosion et provoque des dégâts tels que, les pertes des terres cultivables et l'envasement des ouvrages hydrauliques existants au niveau de ce bassin.

Les collines marneuses de haut ISSER sont couvertes des cultures céréalières, maraîchères et fourragères. On y trouve aussi, mais en faible quantité l'arboriculture fruitière. Les versants abrupts sont dénudés ou couverts de broussailles clairsemées, on y trouve surtout du Pin d'Alep et le chêne vert. Figure II.4.

LE MOYEN ISSER

Les cultures annuelles occupent la quasi-totalité des terres agricoles de moyen ISSER, Les plaines, tout en long d'oued ISSER sont couvertes des cultures maraîchères et d'arboricultures fruitières. Les collines sont occupées par la céréaliculture et l'arboriculture.

On note que le moyen ISSER manque d'un couvert végétal forestier dense, seuls subsistes les forêts au sud du bassin, mais souvent dégradées.

LE BAS ISSER

On rencontre le même problème de végétation arbustive dans le bas ISSER.

Les cultures annuelles dominant la majeure partie basse du bassin à savoir l'arboriculture fruitière, fourragère et aussi céréalicultures qui occupent les plaines.

Les collines sont couvertes d'une grande partie de céréaliculture et fourragère. Quant aux montagnes et les piémonts, on y trouve de l'olivier et autres espèces forestières.

Tableau 6 .Caractéristiques des barrages en exploitation.

Nom du barrage	Code du barrage	Code SBV	Wilaya	Commune	Coordonnées (m)			Oued	Sup B.V (Km ²)	Type de barrage	Année M.E.S
					X	Y	Z				
Beni Amrane	BG0901	0905	Boumerdès	Beni Amrane	570 100	369 750	90 000	Isser	3 710	Enrochement	1988
Ledrat	BG0902	0902	Médéa	El Omaria	533 300	326 550	650 000	Ledrat	73,50	Terre	1989

Nom du barrage	Apport moy (Hm ³ /an)	Envasement moy annuel (Hm ³ /an)	Capacité initiale (Hm ³)	Volume utile initial (Hm ³)	Volume Rég initial (Hm ³ /an)	Capacité totale actuelle (Hm ³)	Volume utile actuel (Hm ³)	Volume Rég actuel (Hm ³ /an)	Usage	Volume affecté (Hm ³ /an)
Beni Amrane	414	4,10	16,00	11,60	Trans-Keddara	6,00	ND	ND	Trans-Keddara	110
Ledrat	8	-	10,00	6,80	4,70	29,00	ND	ND	-	4,70



Fig 2 .Situation des barrages dans le BV de Isser.

..

II.1 MESURE DES DÉBITS

En chaque station, en plus de l'enregistrement en continu des hauteurs d'eau à l'aide du limnigraphe (comparé aux relevés de hauteur à l'échelle limnimétrique), sont entrepris des jaugeages périodiques au moulinet (vélocimétrie à élément rotatif pour mesurer la vitesse de l'eau ou méthode d'exploration du champ des vitesses) (Audinet M., 1995). Le moulinet est fixé à un support maintenu (perches et micro-perches) ou suspendu (saumon). Les jaugeages de crue sont entrepris, lorsque les condition d'équipement s'y prêtent (station équipée de traille téléphérique ou à partir d'un pont par le biais d'une cyclopotence), à l'aide du moulinet monté sur saumon ou lest profile (figure 6 et 7).

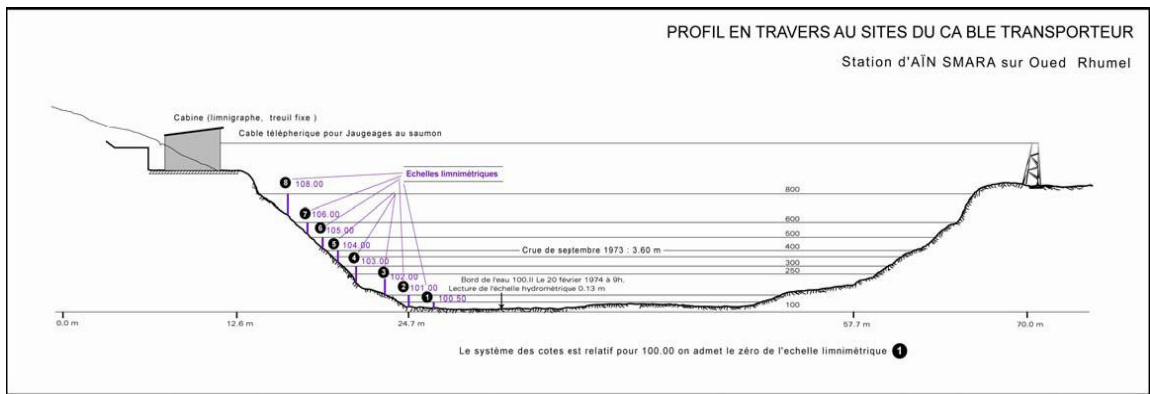


Fig 6. Station hydrométrique d'Ain Smara sur l'oued Rhumel (profil en travers).

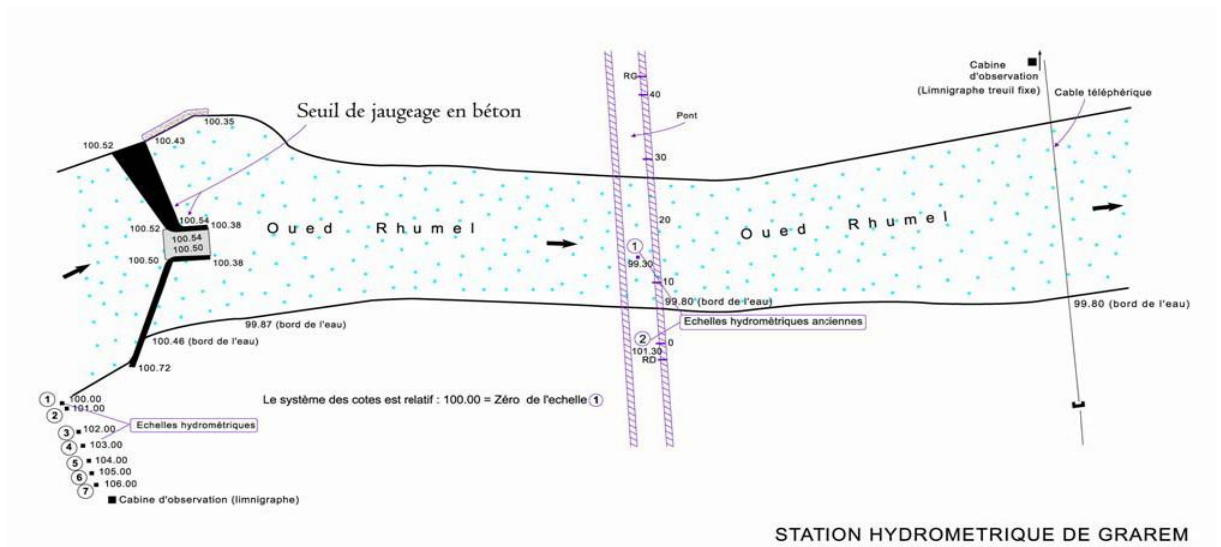


Fig 7. Station de Grarem : seuil de jaugeage et échelles limnimétriques.

En étiage, les jaugeages sont établis au déversoir lorsque l'emploi du moulinet devient impossible (cf. sur la figure 7, seuil en béton de Grarem, station aujourd'hui abandonnée car située dans le lac de retenue du barrage de Beni Haroun).

Le réseau hydrométrique algérien connaît, depuis peu de temps, un début de modernisation avec l'installation progressive de stations dites « automatiques » (enregistreurs électroniques), remplaçant le mode d'enregistrement graphique sur papier (le limnigraphe classique). Le transfert des données sur ordinateur est facilité grâce à la capacité de mémoire dont est muni l'appareil d'enregistrement électronique.

II.2 EXPLOITATION DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES

Les étapes de calcul des débits moyens journaliers en une station hydrométrique sont illustrées par la figure 8. Grâce à la traduction de la courbe de tarage $Q(H)$ en barème d'étalonnage d'une part, et le dépouillement des limnigrammes $H(t)$ (cotes d'eau de l'oued enregistrées en continu sur des bandes limnigraphiques) d'autre part possible de déduire, dans une dernière étape, les débits moyens journaliers $Q_j(t)$.

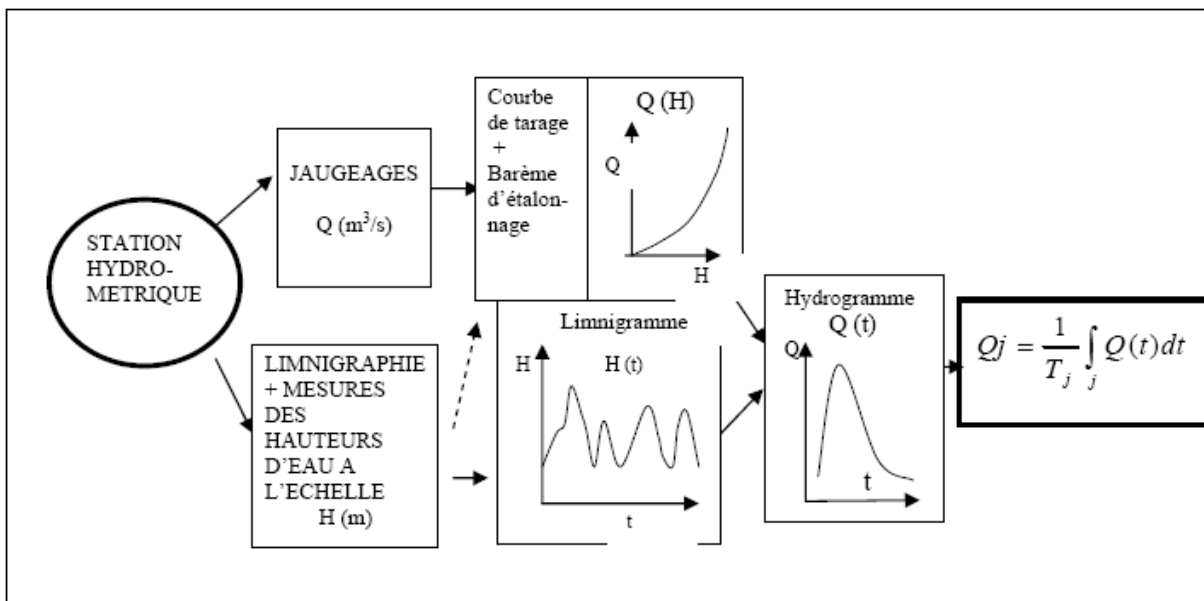


Fig 8. Etapes de calcul d'un débit moyen journalier.

Tracée à l'aide d'une série de jaugeages périodiques, la courbe de tarage $Q(H)$ représente les débits instantanés en fonction des hauteurs d'eau correspondantes. Il est bien souvent nécessaire d'établir différentes courbes suivant les périodes de l'année « On obtient donc un faisceau de courbes de tarage auxquelles sont attachées différentes périodes de validité » (Laborde J-P., 2000).

Les courbes de tarage ne sont pas stables. En basses eaux, la relation hauteur-débit est perturbée en raison des modifications subies par le lit de l'oued et de l'influence de la végétation. En hautes eaux, malgré les précautions prises, les courbes de tarage sont considérées comme approximatives pour le calcul des débits de crue (Voire la figure II-5

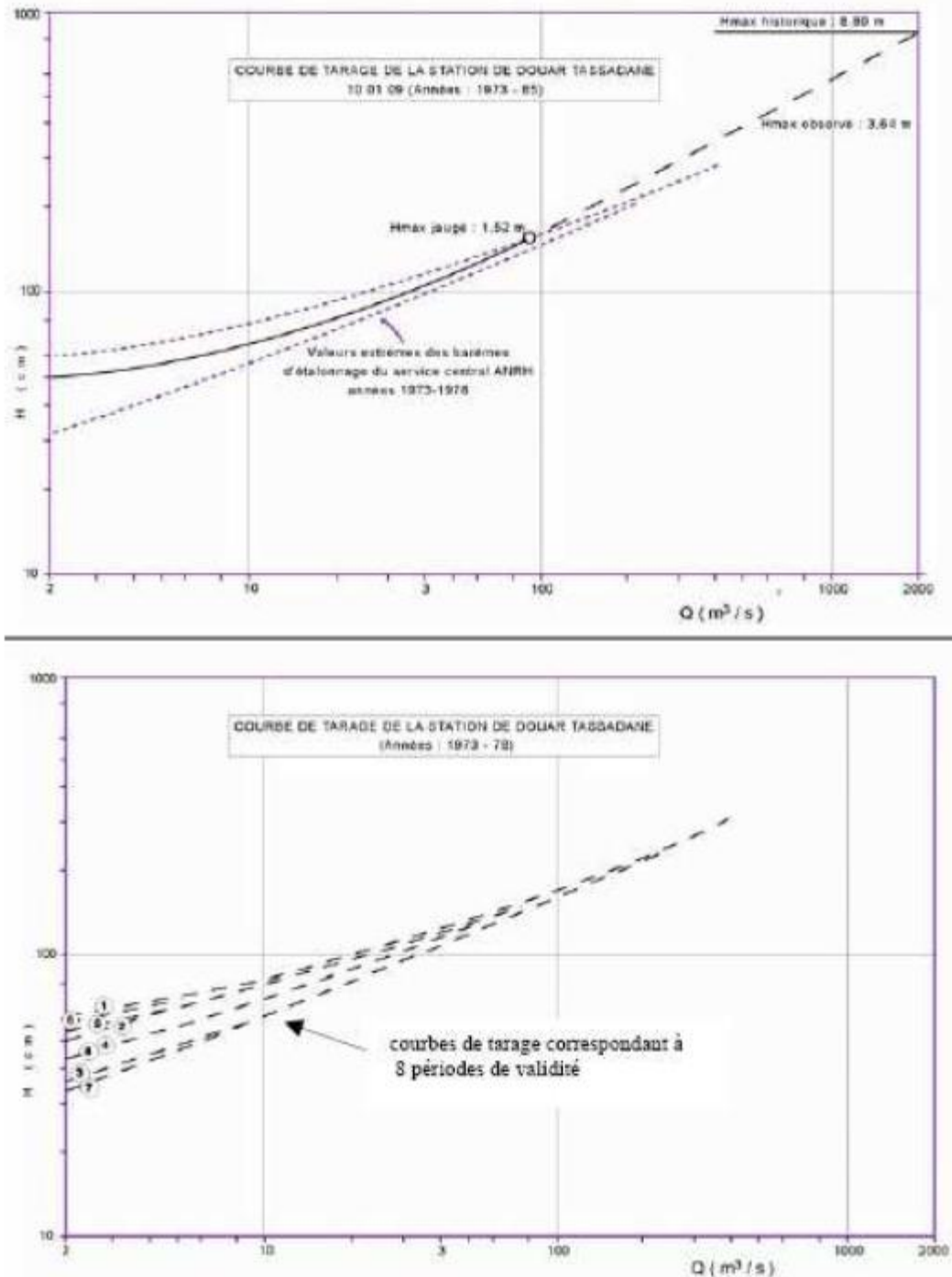


Fig 9. Courbes de tarage de la station de Douar Tassadane (d'après A.N.R.H).

Pour estimer les débits des crues non jaugées, les services d'hydrométrie de l'A.N.R.H. utilisent fréquemment la formule de Manning-Strickler pour le calcul de la vitesse moyenne et ensuite la reconstitution du débit (Q) comme le produit de la vitesse (V) et de l'aire de la section mouillée (S). La formule de Manning-Strickler s'écrit :

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Dans laquelle :

V : vitesse moyenne en m/s ;

R : rayon hydraulique en mètres = rapport de l'aire de la surface mouillée à la longueur du périmètre mouillé (pour une rivière, il est pratiquement assimilable à la profondeur moyenne) ;

K : coefficient de rugosité ;

I : pente de la ligne d'énergie (souvent assimilée à la pente de la surface libre).

II.3 MÉTHODE DE CONCEPTION DES HYDROGRAMME DE CRUE

II.3.1 En présence de données de mesure.

Si l'on dispose d'observation sur les crues, il est possible de sélectionner les hydrogrammes unitaires et les superposer. En fait évaluez l'hydrogramme unitaire moyen ou médian entre ces différentes observations. (Figure 10). L'hydrogramme médian est présenté sur la figure par une courbe discontinue.

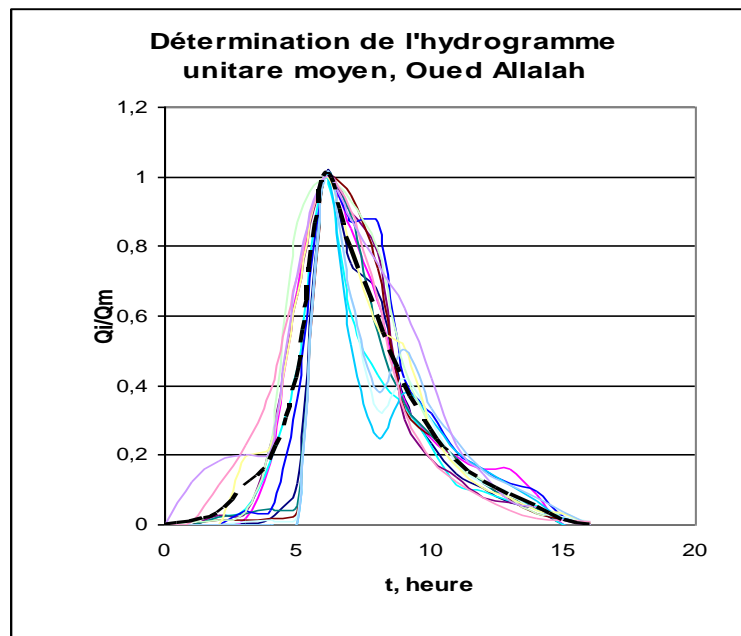


Fig 10. Hydrogramme adimensionnel médian de l'oued Allalah.

II.3.2 En absence de données de mesure

Dans le cas où l'on ne dispose pas de mesure des débits de cours d'eau, on peut recourir aux méthodes empiriques pour calculer des hydrogrammes de crues. On peut utiliser les méthodes suivantes

II.3.2.1 Méthode de Sokolovski

Cette méthode est d'un usage très courant dans les services d'hydrologie de états Indépendants de l'ex URSS ainsi qu' 'en Alegria .la formule de base de SOKOLOVSKI repose sur les hypothèses suivantes:

1. La formule d'estimation de la crue ne peut prétendre à une précision scrupuleuse et à une considération globale de tous les facteurs du ruissellement «mais elle tendre à considérer, dans les limites d'une précision pratique, uniquement les facteurs essentiels rentrant dans l'analyse du ruissellement. Au même temps elle doit être souple est assurer la possibilité d'ajuster les paramètres en fonction des conditions locales.
2. La formule doit tenir compte non seulement de la phase de montée, mais aussi toutes les phases de la crue, Ainsi que son volume et de sa durée. Le débit maximal est pris égal au Produit du volume de la crue par l'ordonnée maximale.
3. la forme de la crue est prise sur la basa d'hydrogrammes réellement observés comme Curviligne (deux paraboles convergentes en pointe).
4. La caractéristique principale de la crue est le temps de montée (t_m), de durée égale au Temps de concentration (T_c)
5. La fréquence du débit maximal, du fait de la variabilité de l'état de saturation du sol, est prise quelque peu moindre que la fréquence correspondante la pluie génératrice. A la base de la deuxième hypothèse on peut écrire:

$$Q_{\max} = W Y_{\max}$$

W : volume de la crue, $W = 10000 P_n S$.

Avec :

P_n :pluie nette génératrice du ruissellement,

S : surface du bassin versant,

Y_{\max} : ordonnée maximale déterminée sur la base de Schématisation parabolique de l'hydrogramme de la façon suivante:

Si on considère pour la courbe de montée (crue) une parabole de «m» degré et pour la Courbe de décrue (descente) «n» degré ,on peut écrire(voir figure 11)

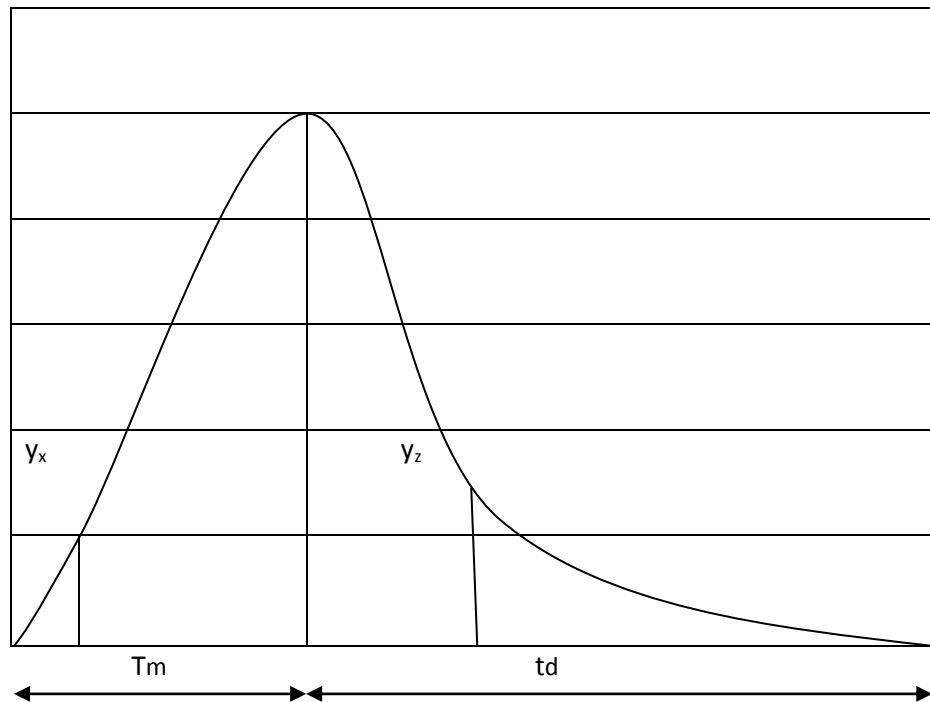


Fig 11. Décomposition de l'hydrogramme de crue.

Pour la montée de la crue :

$$Y_x = Y_{\max} \left(\frac{x}{t_m} \right)^m$$

Pour la décrue – la descente de la crue :

$$Y_z = Y_{\max} \left(\frac{t_d - z}{t_d} \right)^n$$

Y_n et Y_z – ordonnées de la crue, exprimées en valeurs relatives (par rapport au débit de pointe ou au volume de la crue) de ses unité de temps à partir du début de montée x et de z unité de temps à partir du maximum en décrue.

t_m – temps de montée de la crue ;

t_d - temps de descente de la crue (décrue) ;

À partir de ces deux expressions, il découle que pour

$$x = 0. \quad y = 0.$$

$$\text{Pour } x = t_m \quad y_x = Y_{\max};$$

$$\text{Pour } z = 0 \quad y_z = Y_{\max} \text{ et}$$

Pour $z = t_d$ $y_z = 0$.

pour $z = 0$ $y_z = y_{max}$.

L'aire de la partie gauche de l'hydrogramme de crue (W_1) est égale :

$$w_1 = \int_0^{t_m} y_x dx = \int_0^{t_m} y_{max} \left(\frac{x}{t_m} \right)^m dx = y_{max} \frac{t_m}{m+1}$$

L'aire de la partie droite de l'hydrogramme de crue (W_2) est égale :

$$w_2 = \int_{t_d}^0 y_z dz = \int_{t_d}^0 y_{max} \left(\frac{t_d - z}{t_d} \right)^n dz = y_{max} \frac{t_d}{n+1}$$

L'aire totale de l'hydrogramme W est égale :

$$W = W_1 + W_2 = y_{max} \left[\frac{t_m}{m+1} + \frac{t_d}{n+1} \right]$$

Considérant que le temps de décrue $t_d = \gamma t_m$ (ou γ - coefficient > 1.0), on obtient :

$$W = y_{max} t_m \left[\frac{1}{m+1} + \frac{\gamma}{n+1} \right]$$

Ou bien

$$y_{max} = \frac{W}{t_m} \left[\frac{(m+1)(n+1)}{(n+1) + \gamma(m+1)} \right]$$

L'expression entre croches dépend des valeurs de « m » et « n » et du rapport (décrue/montée) et peut être appelée - coefficient de forme de l'hydrogramme de crue.

En désignant cette expression par « f », on peut écrire : $Y_{max} \frac{W}{t_m} f$

Si $W = 100\%$ ou 1 on aura

$$Y_{max} \frac{1}{t_m} f$$

Les données d'observation montrent que la meilleure similitude entre hydrogrammes observés et calculés est obtenue pour « $m = 3$ » et « $n = 2$ », c'est-à-dire que les débits en montée proportionnellement au carré du temps et décroissent en décrue proportionnellement au cube du temps. Pour $m = 2$ et $n = 3$, on obtient,

$$f = \frac{(m+1)(n+1)}{(n+1) + y(m+1)} = \frac{3.4}{4+3y} = \frac{12}{4+3y}$$

le rapport $(t_d/t_m) = y$ dépend de la capacité de régularisation du bassin et du lit de l'oued, de l'influence de eaux souterraines.

A partir des données d'expérimentation $y = 2.0$ pour les petits cours d'eau à capacité de drainage insignifiante ; $y = 2.5 - 3.0$ pour moyens et grands cours d'eau à lit majeurs peu prononcés ; $y = 4.0$ pour grands cours d'eau forestiers et lits majeurs importants.

Pour ces différentes valeurs de y on obtient :

Tableau 7. Courbes de tarage de la station de Douar Tassadane(d'après A.N.R.H).

Y	2.0	2.5	3.0	4.0
F	1.20	1.04	0.92	0.75

$$Q_{max} = \frac{W}{t_m} f$$

Puisque le volume de la crue (en exprimant la quantité de pluie P en mm, la surface S en Km^2) est égale

$$W = 1000 p. S$$

$$Q_{max} = \frac{1000 P.S}{N t_m} f$$

f : coefficient de forme de l'hydrogramme de crue.

W : volume de la crue.

P : quantité de pluie en mm.

S : la surface en Km^2 .

N : quantité de seconde dans l'unité de temps choisie. Si le temps de montée t_m est exprimé en heure

$$Q_{max} = \frac{1000 P.S}{3600 t_m} f = \frac{0.28 P.S}{t_m} f$$

La formule finale de calcul de crue proposée par Sokolovski est la suivante :

$$Q_{max} = \frac{0.28 P.S}{t_m} f$$

Remarque:

Pour une variation linéaire de la crue et de la décrue ($m= 1.0$ et $n= 1.0$), on obtient

$$f = \frac{2}{1+\gamma}$$

Il découle que pour $\gamma = 1$ (triangle isocèle) on obtient $f = 1$, d'où :

$$Q_{max} = \frac{0.28 P.S}{t_m}$$

Cette formule n'est autre que la formule de Turazza. Ainsi dans la méthode de Turazza n'est qu'un cas particulier de la méthode de Sokolovski. Concernant le tracé de l'hydrogramme de crue ;

Pour la montée :

$$Q_1 = Q_{max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^2$$

Pour la décrue :

$$Q_1 = Q_{max} \left(\frac{t_d - t'}{t_d} \right)$$

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

Q_1 : débit de pointe en (m^3/s).

t : l'instant t en (seconde).

t_m : temps de montée de la crue ;

t_d : temps de descente de la crue (décrue).

II.3.2.2 Méthode des hydrogrammes modèles

En absence des données de mesure, il est possible d'utiliser les hydrogrammes modèles des cours d'eau jaugés. Ce type d'hydrogramme adimensionnel ($\frac{Q_1}{Q_{max}}$ et $\frac{t}{t_m}$) est établi à partir de la sélection de quelques hydrogrammes à fortes pointes observés fig12.

Nous présentons ci-dessous, l'exemple d'établissement de l'hydrogramme de crue de période de retour $T = 1000$ ans du barrage BOUGHRARA (W.Tlemcen).

II.3.2.3 Méthode d'Alekceev

L'hydrogramme de crue selon Alekceev peut être simulé par la fonction de répartition statistique de Goodritch :

$$y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}}$$

$y = \frac{Q}{Q_{\max}}$, débit adimensionnel (débit exprimé en pourcentage par rapport au débit max)

$x = \frac{t}{t_m}$, temps adimensionnel (temps exprimé en pourcentage par rapport au temps de montée de la crue)

$a = f_1(\lambda)$ – paramètre fonction du coefficient de forme de l'hydrogramme de crue.

$$\lambda = \frac{Q_m t_m}{w_m} = \frac{Q_m t_m}{1000 h_m S}$$

L'hydrogramme de crue est établi sur la base de la table donnée ci-dessous qui donne les valeurs normées des coordonnées x et y (en unités) correspondant au paramètre λ .

On commence tout d'abord à calculer la valeur λ , ensuite on détermine les coordonnées normées x et y correspondant à cette valeur ou à une valeur plus proche d'elle fournie par la table. On multiplie ces coordonnées par le temps de montée t_m et le débit de crue max Q_{\max}

(Les abscisses par les valeurs de x et les ordonnées par les valeurs de y)

$$t = x t_m \text{ et } Q = y Q_{\max}$$

Exemple d'établissement de l'hydrogramme de crue millénaire ($T = 1000$ ans), au barrage BOUGHRARA par la méthode d'Alekceev

$$S = 4000 \text{ Km}^2$$

$$Q_{0.1\%} = Q_{\max} = 5580 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_{0.1\%} = 101 \text{ mm}$$

$$t_m = 19.1 \text{ heures}$$

On calcul d'abord λ :

$$\lambda = \frac{Q_m t_m}{1000 h_m S} = \frac{5580 \cdot 19.1 \cdot 3600}{1000 \cdot 101 \cdot 4000} \cong 1.0$$

A partir de la table on détermine les valeurs normées des coordonnées x et y correspondant au paramètre $\lambda = 1.0$ et on détermine le temps et les débits de l'hydrogramme par les relations :

$$t = x t_m \text{ et } Q = y Q_{\max}$$

Le résultat de calcul est donné sur la figure12.

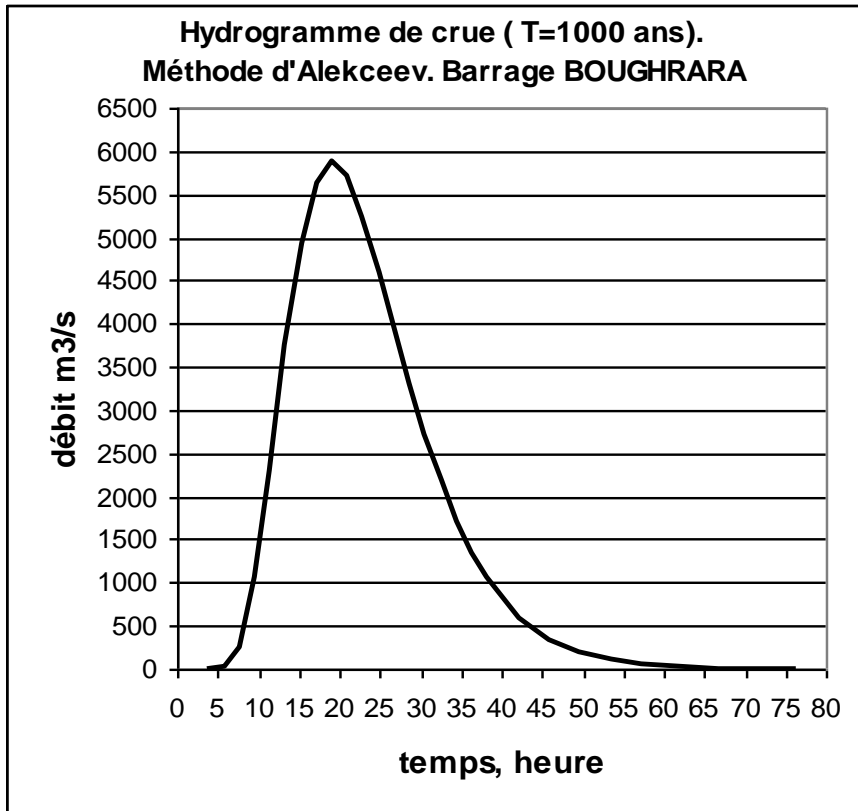


Fig 12. Hydrogramme de crue du barrage Boughrara (Méthode d'Alekceev).

III.1 LES MODÈLES EN HYDROLOGIQUE

Les modèles hydrologiques sont nés bien avant l'avènement de l'informatique. A quelles besoins répondaient et répondent encore ces modèles.

Au début de $XX^{ième}$ siècle, les théoriciens anglo-saxons ; Pearson et Fisher ont mis l'accent sur l'induction, c'est-à-dire : a partir des résultats d'expérience, utiliser des modes de raisonnement permettent de connaître quelque chose de la structure interne des phénomènes. Toutefois on peut distinguer trois types d'utilisation de modèle mathématique en hydrologie

La modélisation comme outil de recherche: suite a l'interprétation des donnée mesurée différents scénarios de fonctionnement hydrologique des bassins versent peuvent être avancé et confrontés aux mesure.

La modélisation comme outil de prévision: anticipation des évolutions futures de débit d'un cours d'eau. Il s'agit de l'utilisation opérationnelle la plus courante des modèles hydrologiques. Dans la plupart des cas, il fait appel à la connaissance des processus hydrologiques.

La modélisation comme outil de reconstitution des séries de débits plausible: dans certains cas, comme par exemple le dimensionnement des déversoirs de sécurité des barrages hydro-électriques ou encore la délimitation des zones inondable dans le cadre d'un PPRI (plan de prévention de risque inondation), il est nécessaire de proposer de scénario de crue de période de retour nettement supérieure a la durée d'observation des débits sur la cite étudiée

• QUELQUES NOTION DE LA MODÉLISATION

Le modèle est une nécessité qui tient a la nature même des phénomènes étudiés et des paramètres qui caractérisent leur complexité, un modèle est une représentation simplifiée; relativement abstraite, d'un processus, d'un système, en vue de la décrire, de l'expliquer ou de la prévoir. Les modèles peuvent toucher plusieurs domaines, par exemple: modèle économique pour les projections financières; modèle mathématique pour la prévision de la pollution thermique des eaux de rivière; modèle physique pour l'étude de la diffusion de la pollution atmosphérique.

Les objectifs assignés au modèle correspondent aux trois types d'opération suivants:

- représentation du comportement de bassin,
- transforme d'information,
- extrapolation dans le temps et interpolation géographique de série d'observation

III.2 CONSTRUCTION DE L'HYDROGRAMME DE PROJET PAR FORMULATION ANALYTIQUE

De nombreux auteurs choisissent d'attribuer a priori une forme analytique à l'hydrogramme de projet. En générale, ces méthodes précèdent de trois étapes:

- détermination de composantes de la crue par analyse statistique des données disponibles au centre d'intérêt
- choix d'une formule analytique pour l'hydrogramme de projet et calage des paramètres utiles sur les observations.
- routage de la crue de projet jusqu'à l'exutoire.

III.2.1.Modèle de Sinniger

La fonction de transfert assure la transformation de la pluie nette en hydrogramme de crue en fonction de phénomène qui interviennent le long de bassin versant. L'hydrogramme de crue de Sinniger et al.[1955]est décrit par :

$$Q(t)=Q_{max}q^*(t)$$

$$\text{Avec: } q(t)=\left[\left(\frac{t}{t_m}\right)^\beta \exp\left[1 - \left(\frac{t}{t_m}\right)^\beta\right]^n\right]$$

Où Q_{max} est le débit de pointe, t_m est le temps de montée et n est un facteur de forme supérieure à deux et dépendant essentiellement du temps de montée. Sinniger et al. notent qu'il est possible de caler la valeur de n lorsque les deux autres paramètres sont connus (fig 13) et dans le cas contraire, il précisent qu'une valeur $n=10$ est un bon compromis. **(Sinniger)**

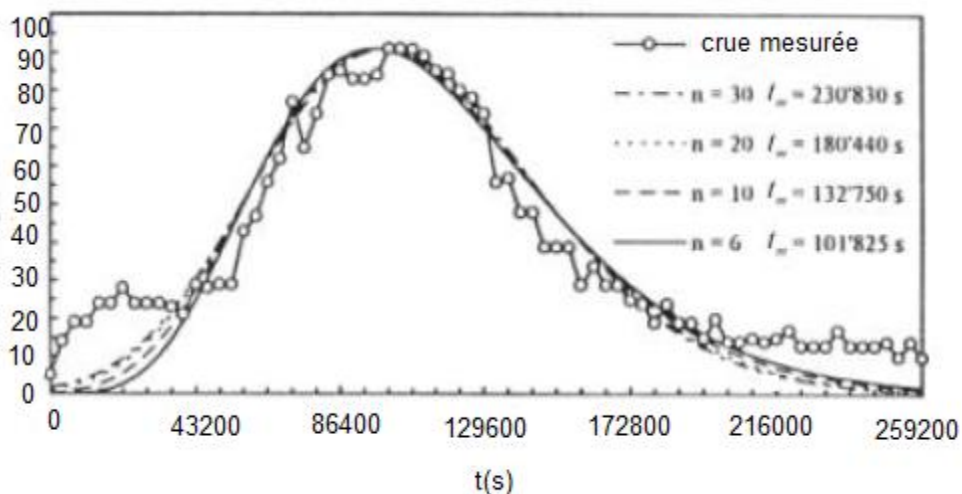


Fig 13. forme de l'hydrogramme de projet et calage sur les observation (cru de 24-sept 1944 dans la retenue de Mattmark)-d'après : [sinniger,1995].

III.2.2 le modèle de Bertoli et Moisello

Dans le modèle de Bertoli et Moisello [1940], un événement de crue est caractérisé par quatre variable aléatoires: le débit de pointe Q_{max} , le débit de base Q_b ; le volume venant du ruissellement direct v , le temps montée t_m la loi distribution du débit maximale annuel Q_{max} est déterminer à l'aide d'un modèle régional: on calcul pour tous les bassins versants de la région une distribution de probabilité des maxima annuel normés par la valeur moyenne locale. Les quatre variables aléatoires ont des distributions conditionnelles conjointes de la façon suivante:

- distribution marginale de Q_{max} ;
- distribution conditionnelle de Q_b connaissant Q_{max} ;
- distribution conditionnelle de v connaissant Q_{max} et Q_b ;
- distribution conditionnelle de t_m connaissant Q_{max}, Q_b et v .

La durée d'un évènement de crue est définie comme le temps passer entre le début de la montée de l'hydrogramme jusqu'au moment où le débit à de nouveau atteint son niveau initial.

Bertoli et Moisello précisent les formes analytiques des courbes de montée et décrue (figure 14).

-Pour la courbe de montée:

$$Q(t) = Q_b + (Q_{max} - Q_b) \left[\frac{t}{t_m} \right]^n$$

-pour la courbe de décrue:

$$Q(t) = Q_b + (Q_{max} - Q_b) \exp \left[- \frac{t}{t_m} \right]^n$$

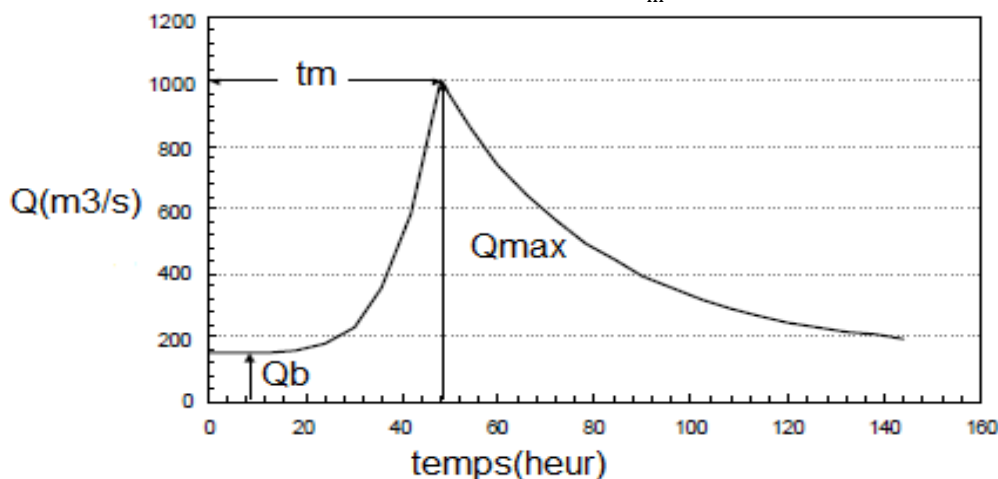


Fig 14. L'hydro gramme de crue par le modèle de Bertoli et Mosello.

Dans ce modèle, chaque loi de distribution est caractérisée par deux paramètres que l'on peut déterminer à partir de la valeur de la moyenne et de l'écart-type de l'échantillon. Il a été appliqué à seize bassins versants en toscan (Italie). Pour cela, une série de débits maximum annuels est calculé en générant aléatoirement des débits normés et en les multipliant par le débit maximal annuel local. Les valeurs des trois autres paramètres de crue sont déterminées à partir de cette série et de leur loi de distribution conditionnelle. On compare pour chaque variable aléatoire, les moyennes et écart-types des échantillons simulés et observés. Il s'avère que les moyennes sont bien restituées au contraire des écart-types qui sont pour le moment surestimés.

III.2.3 Le modèle SCS et ses dérivées

Le *Soil conservation service* [1972] considère deux allures possibles, dont la plus simple: la forme triangulaire. Le volume sous le courbe $Q_{\max} q^*(t)$ est de $2.62 Q_{\max}$ l'hydrogramme recherché est obtenu en multipliant q^* par le débit de pointe souhaité Q_{\max} en (m^3/s) et le paramètre t_m en (minute) par le calcul $0.0127V/Q_{\max}$ où V représente le volume souhaité de la crue en (m^3). Yeou et al [2002] ajustent la fonction Béta à deux paramètres α et b habituellement réservée à la description statique d'un échantillon:

$$q^*(x) = \frac{1}{B(a,b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1} \text{ avec } B(a,b) = \int_0^1 x^{a-1} (1-x)^{b-1} dx \text{ avec } x = t/t_b$$

Les auteurs calent pour chaque épisode un couple (α ; b) puis en étudient la distribution statistique α et b conditionnent l'aplatissement et la symétrie des hydrogrammes observés. L'hydrogrammes de projet associé à T présentera une allure définie par les quantile de t_b , puis l'ordonnée par le quantile de volume est enfin une forme triangulaire au voisinage de la pointe est considérée pour respecter $Q_{\max} = Q(T)$. (figure 15)

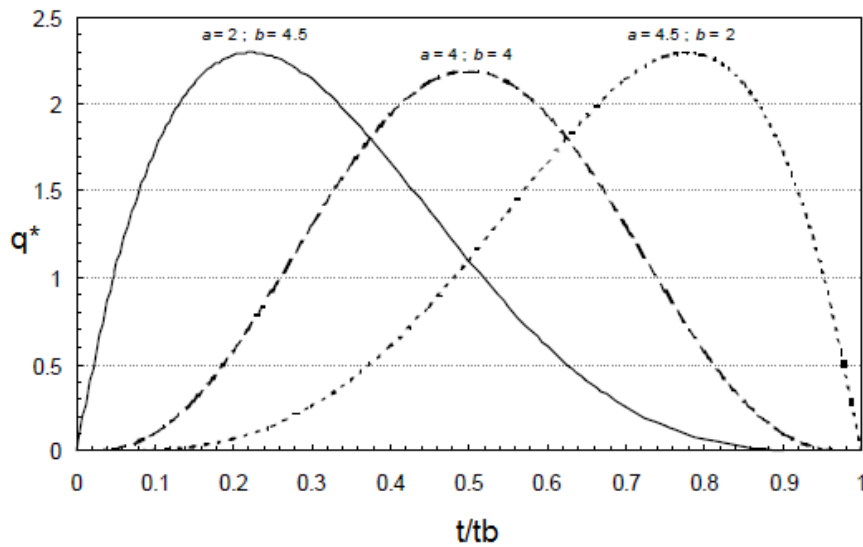


Fig 15. Hydrogrammes de projet selon Yeu et al [2002].

III.2.4 Modèle Nash

Rappelons que l'Hydrogramme Unitaire Conceptuel (HUC) de Nash est entièrement caractérisé pour un bassin versant donné, par les valeurs prises pour les paramètres n (nombre de réservoir) et t_p (Temps de montée). (**NASH**)

Sa fonction est formulée telle que :

$$K = \frac{t_p}{(n-1)}$$

$$Q_p = \frac{1}{K \cdot \Gamma(n)} \cdot (n-1)^{(n-1)} \cdot e^{1-n}$$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot \left(\frac{t}{t_p}\right)^{(n-1)} \cdot e^{-(1-n)\frac{t}{t_p}} \cdot e^{1-n}$$

(I)

Avec :

K : coefficient de stockage des réservoirs, en [h]

t_p : temps de montée, en [h]

n : nombre de réservoirs, adimensionnel

Q_p : débit de pointe, en [1/h]

$\Gamma(n)$: fonction Gamma, adimensionnelle

$Q(t)$: fonction de vidange des n réservoirs, en $[1/h]$

fonction-critère de Nash

La fonction-critère de Nash peut être utilisée pour déterminer l'écart quadratique moyen entre une courbe de référence ($Y_{\text{réf}}(x)$) et une courbe simulée ($Y_{\text{mod}}(x)$) qui se veut modéliser correctement la courbe de référence. Il est défini de la façon suivante lorsque les courbes sont définies en un nombre discret de points n (Nash et al 1970) :

$$\text{Nash}[Y(x)] = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n (Y_{\text{mod}}(XK) - Y_{\text{réf}}(XK))^2}{\sum_{k=1}^n (Y_{\text{réf}}(XK) - Y_{\text{réf}})^2}$$

Si $\text{Nash}[Y(x)] = 1$: estimation de $Y_{\text{réf}}(x)$ parfaite avec $Y_{\text{mod}}(x)$,

* si $0 < \text{Nash}[Y(x)] < 1$: estimation de $Y_{\text{réf}}(x)$ meilleure avec $Y_{\text{mod}}(x)$, qu'avec $Y_{\text{réf}}$,

* $\text{Nash}[Y(x)] < 0$: estimation moins bonne.

III.2.5 Modèle PEARSON

La formulation du modèle de l'hydrogramme unitaire est le suivant

$$\frac{Q}{Q_m} = \left(\frac{e}{tp}\right)^\alpha * (t)^\alpha * (e)^{-\alpha \frac{t}{tp}}$$

Q : débit à l'instant t en (m^3/s) .

Q_m : débit de pointe en (m^3/s) .

T_p : temps de pointe (en seconde).

T : l'instant t en (seconde).

α : coefficient d'ajustement du modèle. (SOKOLOVSKI.D.L ,1952)

III.3 PRESENTATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES

Le bassin versant de l'oued Isser est équipé de cinq(05) stations hydrométriques, en fonctionnement dont les caractéristiques sont données dans le tableau 8, l'emplacement des stations hydrométriques est illustré au niveau de la figure 16.

Tableau 8 : Code, année de mise en service et coordonnées Lambert des stations hydrométriques.

Code	Station	Oued	X (Km)	Y (Km)	Superficie (Km ²)	Année de Mise en service
09 03 05	BENI SLIMANE	Mellah Est	557,55	322,25	273	1973
09 01 01	MEZAHIM	-----	539,7	322,65	665	1970
09 04 08	LA TRAILLE	ISSER	559,25	343,25	2570	1968
09 05 01	LAKHDARIA	ISSER	579,1	368,75	3620	1954

ANRH, (1996)

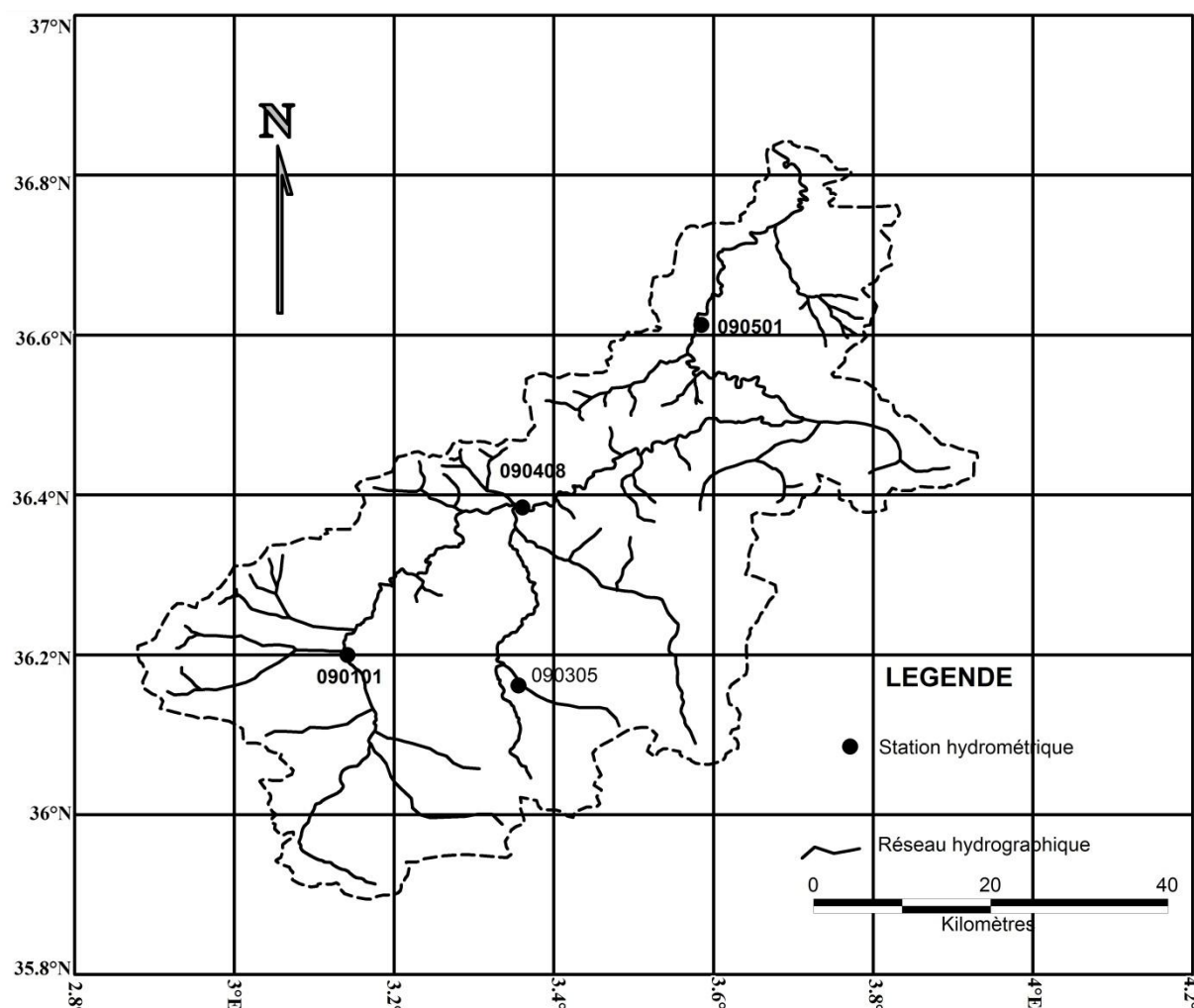


Fig 16.L'emplacement des stations hydrométrique au niveau du bassin versant.

Nous déposons des valeurs observées des crues aux niveaux des quatre stations hydrométriques, les données sont fournies par l'ANRH (Agence National des Ressources Hydriques).

Les données sont présentées en couples (Q_{ins} , T_i)

Q_{ins} : débit instantané à l'instant T_i

T_i : le temps (heures de la mesure).

III.4 ÉTABLISSEMENT DE MÉTHODE DE CONCEPTION DES HYDROGRAMMES DE CRUES

III.4.1. Station LAKHDARIA (090501).

III.4.1.1. Modèle de NASH.

Nous avons sélectionné onze hydrogrammes ; en sélectionnant les crues de la station Lakhdaria (le temps et les débits instantanés); nous présentons sur la figure 17 les hydrogrammes unitaires après transformation en (Q/Q_p) et (t/t_p), sachant que :

Q : débit instantané en m^3/s .

Q_p : débit de pointe en m^3/s .

t : temps qui correspond à Q (en heure)

t_p : temps de montée qui correspond au débit de pointe (en heure).

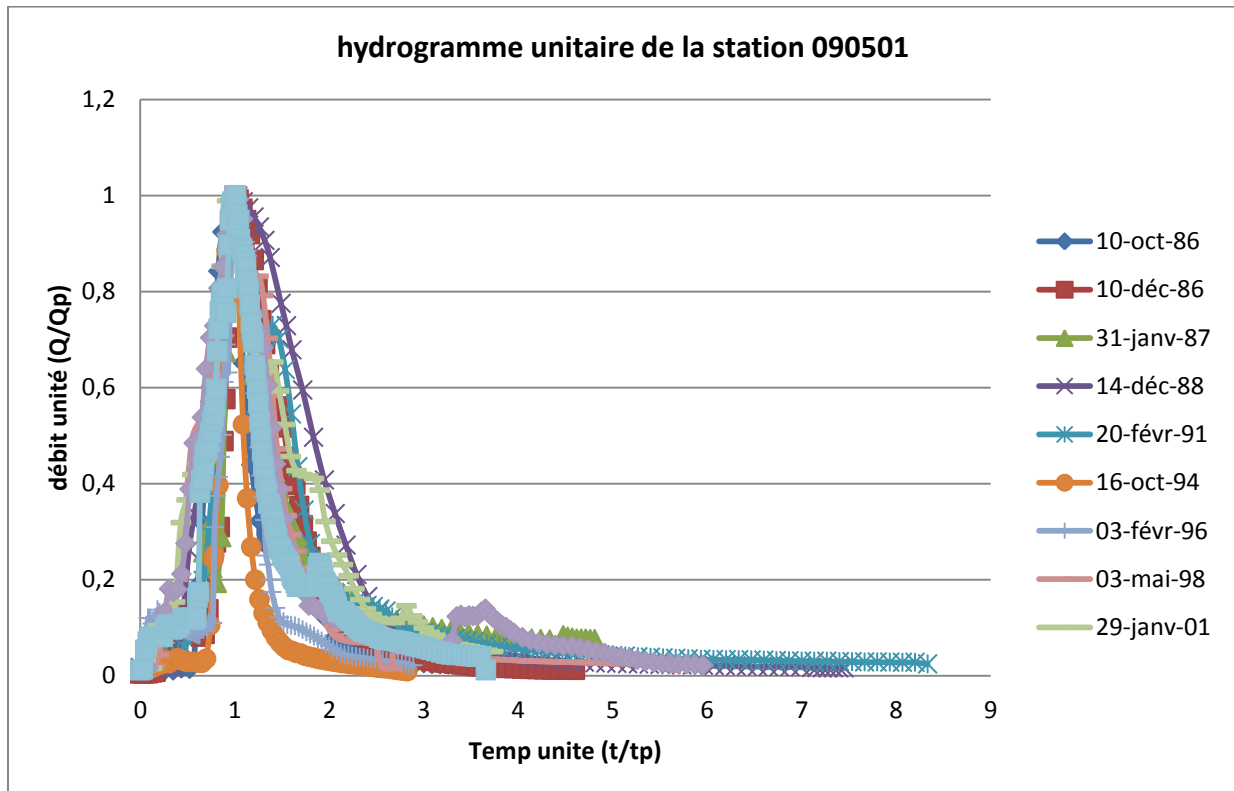


Fig 17. Hydrogramme unitaire normés de la station Lakhdaria.

Nous présentons ci-après l'hydrogramme médian des hydrogrammes sélectionnés.

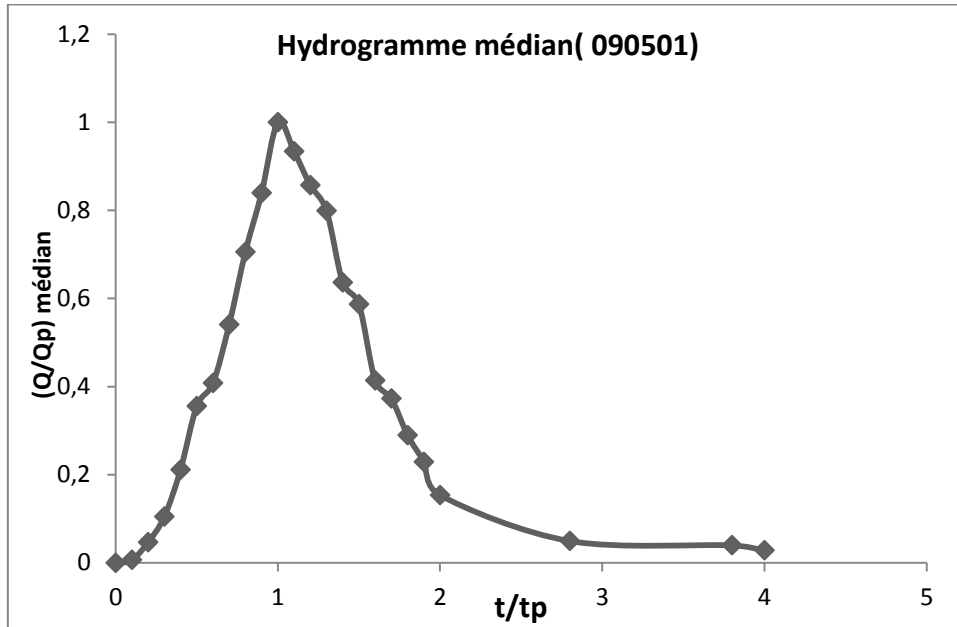


Fig 18.Hydrogramme médian la station Lakhdaria.

III.4.1.2. Ajustement du l'hydrogramme médian à la loi de NASH

Une fois l'hydro gramme médian établi, nous ajusterons celui-ci à une loi de NASH, le résultat d'ajustement graphique est donné saur la figure 18.

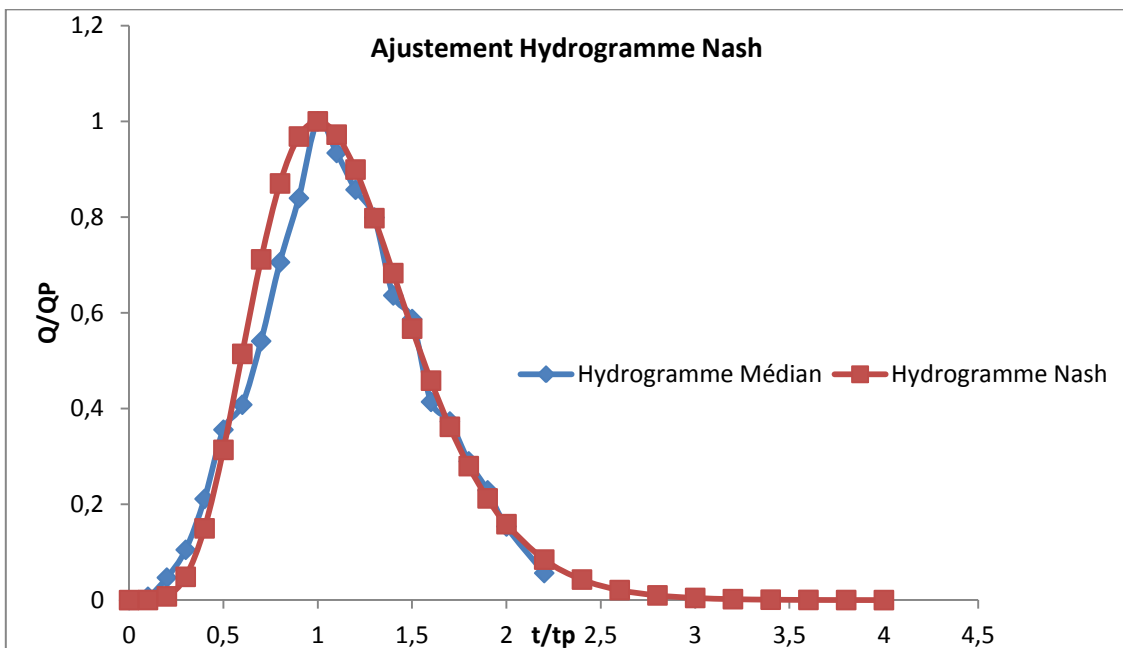


Fig 19.résultat graphique d'ajustement.

III.4.1.3. Écriture de l'hydrogramme de NASH et sa validation.

L'équation générale de NASH est la suivante :

$$Q(t) = Qp. \left(\frac{t}{tp}\right)^{(n-1)} . \exp^{(1-n)\frac{t}{tp}}. \exp^{n-1}$$

Après ajustement en prenant en considération le critère de NASH de validation, il a été conclu que le nombre de réservoir de NASH est de 7, pour un coefficient de NASH de **0.96**, l'équation générale s'écrira de la manière suivante :

$$Q(t) = Qp. \left(\frac{t}{tp}\right)^6 . \exp^{-6\frac{t}{tp}}. \exp^6$$

III.4.1.4. Modèle de PEARSON.

Le résultat d'ajustement graphique est donné par la figure 19. **(PEARSON)**

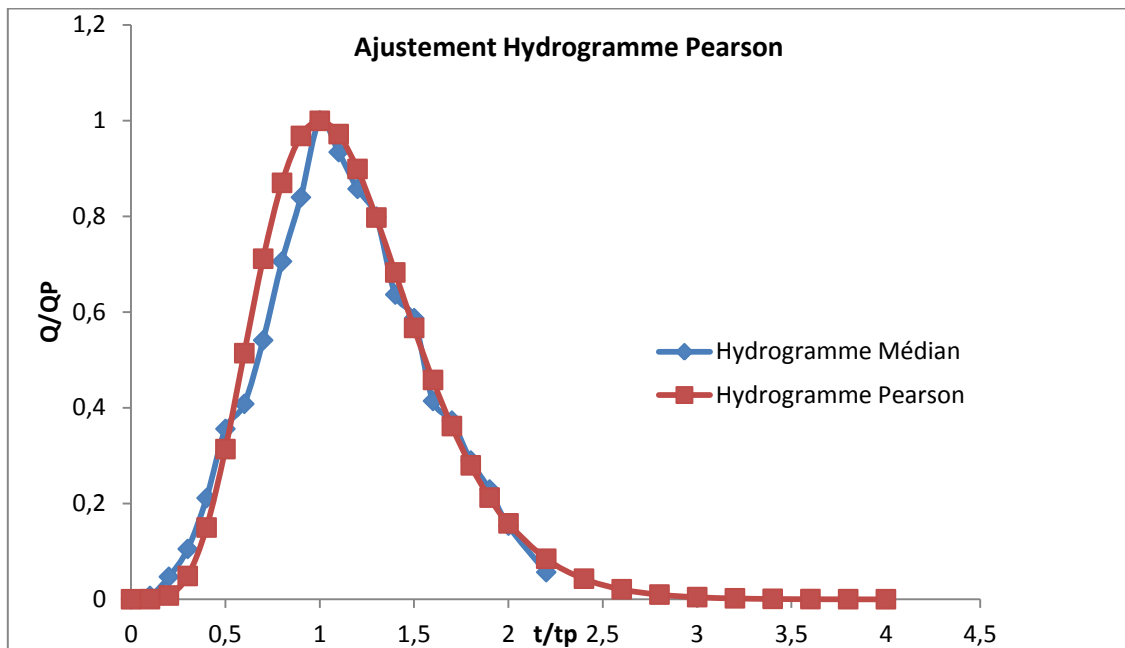


Fig 20.résultat graphique d'ajustement.

Le modèle ressorti est le suivant :

$$\frac{Q}{Qm} = \left(\frac{e}{tp}\right)^6 * (t)^6 * (e)^{-6\frac{t}{tp}}$$

Avec un critère d'ajustement de NASH de **0.96**

Conclusion partielle

Les deux modèles ressortis pour la modélisation de la station de Lakhdaria donnent pratiquement le même résultat (NASH et Pearson).

III.4.2. Les résultats pour les autres stations hydrométriques.

Les principaux résultats pour les stations 090408, 090305 et la 090101. Sont donnés dans le tableau qui suit.

Tableau 9. Principaux résultats des trois stations de mesures.

Stations de mesure	Nombre de réservoirs (n)	Alpha de Pearson	Critère Nash pour le modèle NASH	Critère Nash pour le modèle PEARSON	Résultats d'ajustement
090305	8	6	0.97	0.96	Excellent
090408	09	7	0.79	0.79	Bon
090101	10	6	0.79	0.75	Bon

À la lumière de ce tableau nous remarquons que les deux modèles donnent pratiquement les mêmes résultats quant à l'ajustement des hydrogrammes observés à ces deux lois. Les résultats d'ajustement des trois stations sont présentés en annexes.

III.5 EXEMPLE D'EXPLOITATIONS DES RÉSULTATS**III.5.1 En présence de données.**

Soit la crue observée au niveau Station de LAKHDARIA le 14 décembre 1988.

Tableau 10. Résultats de calcul.

14-déc-88				
Temps (Heures)	Débits Obs	Modèle NASH	Modèle Pearson	
0	0	0	0	0
1	22.4654	0.05	0.05	0.05
2	60.6608	1.99	1.98	1.98
3	121.8162	13.39	13.38	13.38
4	159.7716	44.56	44.53	44.53
5	194.127	100.64	100.58	100.58
6	227.8824	177.95	177.84	177.84
7	284.2378	265.70	265.54	265.54
8	309.6332	350.56	350.35	350.35
9	346.6486	420.83	420.57	420.57
10	387.054	468.89	468.60	468.60
11	440.0854	491.87	491.56	491.56
11.45	494.2148	494.21	493.91	493.91
12	492.8132	490.91	490.61	490.61
13	486.6236	469.89	469.60	469.60
14	479.477	434.04	433.77	433.77
15	469.4574	388.80	388.56	388.56
16	458.4808	339.10	338.89	338.89
17	443.6752	288.88	288.70	288.70
18	425.0386	241.04	240.89	240.89
20	375.958	159.03	158.93	158.93
21	351.7634	126.19	126.11	126.11
22	325.6688	98.78	98.72	98.72
24	282.5642	58.38	58.34	58.34
26	231.8796	33.09	33.07	33.07
28	186.135	18.10	18.09	18.09
30	149.9904	9.60	9.59	9.59
32	116.0458	4.96	4.95	4.95
34	84.3012	2.50	2.50	2.50
36	60.4966	1.24	1.23	1.23
38	44.612	0.60	0.60	0.60
40	31.1174	0.29	0.29	0.29
42	26.6228	0.13	0.13	0.13
44	19.8582	0.06	0.06	0.06
46	14.1736	0.03	0.03	0.03
48	10.109	0.01	0.01	0.01
50	6.2244	0.01	0.01	0.00

Avec : comme données de base :

Q_p : débit de pointe $494.2148 \text{ m}^3/\text{s}$

T_p : temps de pointe ou de montée 11.5 heures.

III.5.2 En l'absence de données

Si on est amené à déterminer le débit fréquentiel (d'une période de retour donnée), $Q_{\max,p\%}$ d'une part, on peut déterminer le temps de montée par des formules empiriques dans le cas , on dispose pas de celui-ci.

La distribution de ce débit dans le temps peut être approchée par les deux modèles ressortis, sachant que le modèle de NASH donne des résultats satisfaisants.

CONCLUSION GENERALE

De nos jours, en algérien, la détermination des hydrogrammes de crue, et la détermination de la forme de l'hydrogramme repose sur des formules empiriques, ce qui induit des erreurs quant à la réponse du bassin versant à une pluviométrie donnée, parmi ces erreurs la détermination du volume de la crue, généralement prise comme triangulaire, d'où la nécessité de développer une des formulations propres au bassin versant d'Algérie, qui se caractérisent par un climat aride ; des réponse rapide, généralement, à l'exutoire du bassin.

Deux modèles ont été ajustés à des hydrogramme observés au niveau des quatre stations hydrométriques du bassin versant Isser.

Après avoir sélectionné les hydrogrammes bruts représentatifs des quatre stations, nous avons procédé à la séparation du débit de base de l'hydrogramme brut.

Deux principaux modèles mathématiques susceptibles de traduire le comportement de l'hydrogramme de ruissellement ont été ajustés, on citera le modèle de NASH et celui de PEARSON. Après calage de ces modèles et validation par le critère de NASH, des résultats satisfaisants ont été observés au terme de cette étude.

Les modèles NASH et PEARSON, donne un meilleur ajustement pour la station de Lakhdaria du fait que le critère de Nash avoisine 1.

À noter pour la station de la Traille donne ajustement bon du fait que le critère est de 0.74.

Les hydrogrammes synthétiques type NASH et PEARSON proposés permettra de dériver un hydrogramme de crue pour un bassin non jaugé à partir de la connaissance de ses caractéristiques (temps de montée, de décrue et du débit max).

Le but de ce travail est de trouver la distribution du débit (Q_{max}) fréquentiel en fonction du temps, généralement le débit fréquentiel est déterminé par des formule empirique en l'absence les donnez hydrométrique.

Alors il manque se distribution (hydrogramme de crue) pour le dimensionnement des évacuateurs de protection contre les inondations et d'ouvrage hydrotechnique.

Résumé

La réalisation d'ouvrages hydrotechniques, tel que les évacuateurs de crue, aménagements contre les inondations, prise d'eau en rivière ou simplement un ouvrage hydrotechnique d'une manière générale, nécessite la connaissance de la crue de projet (crue fréquentielle pour le dimensionnement d'ouvrage, crue fréquentielle pour la protection du chantier). cependant la distribution de cette crue dans le temps est généralement approché par des modèles empiriques , on cite Sokolovski (Russie) à titre d'exemple, ces modèles généralement établi en zones différentes des nôtres. Dans cette optique nous allons essayer d'établir des modèles propre à la région d'étude, qui le bassin Isser, nous intéresserons à deux modèles, NASH et PEARSON.

خلاصة

إن إنجاز الاعمال الهيدروتقنية ، مثل قنوات لتصريف فائض المياه ، التخطيطات ضد الفيضانات، كمية المياه في النهر أو مجرد اى عمل هيدروتقنى بطريقة عامة يتطلب معرفة تصميم الحملة (حملة ترددية من أجل ابعاد العمل، حملة تواترية لحماية الموقع). غير أن توزيع هذه الحملة مع الوقت اقترب عن طريق نماذج تجريبية، نذكر كمثال سوكولوفسكي (روسيا) ، وهذه النماذج قد أنشئت عموما في مناطق مختلفة من بلدنا. في هذا السياق سنحاول وضع النماذج الخاصة و الصالحة لمنطقة الدراسة، والتي هي حوض يسر(بومرداس)، سنركز على نموذجين، ناش وبيرسون .

summary

The realization of hydrotechnical works, such as spillways, planning against flooding, the amount of water of the river or just hydrotechnical work generally requires knowledge of the design flood (flood frequency for dimensioning work, flood frequency for site protection). However the distribution of the flood with times is usually approached by empirical models, we mention Sokolovsky (Russia) as an example, these models generally established in different areas of ours. In this context we will try to establish the perfect models to the study area which is Isser basin, we will focus on two models, NASH and PEARSON.

A.N.R.H : Annuaire Hydrologiques de l'Algérie

A.N.R.H ,1996 : Etude Grille de qualité des eaux de surface.

A.N.R.H, 1970 : Etude transport solide dans le Nord Algérie. Rapport de l'Agence Nationale des ressources hydrique .Alger

A.N.R.H ,2001 .Rapport Interne de L'A.N.R.H, Alger.

A.N.R.H, 2002 . Rapport Interne de L'A.N.R.H, Alger.

A.N.R.H,2000 : Rapport Interne de L'A.N.R.H, Alger.

Audinet M., 1995.Hydrométrie appliquée au cours d'eau.

Bertoli et Moissello. Edition 1940 étude statistiques et analytique des crue de Rhône à Lyon. Congrès pour l'utilisation des eaux.

Bravard J-P et Petit F., 2000, Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial. Paris, Colin, 222 p., 2e édition 2000.

Laborde J-P.,2000.Elément d'hydrologie de surface, université de Nice France.

NASH.1950. ENAE.ISTE.HYDRAM. Cours Hydrologie appliquées : Principe de modélisation. Ecole Polytechnique Fédérale de LAUSANE.

Robinson M. 2000, Hydrologie continentale, Armand Colin, Paris, 2000, 368 p.

Sandrine le Clerc,2004. Revisiter la notion de scénario hydrologique de référence pour la caractéristique des inondations.

Sinniger I.1955, HAGER W.H. « Constructions Hydrauliques. Ecoulements stationnaires» Traité de Génie Civil, Vol. 15, Presses Polytechniques Romandes.

Sogetha-Sogreah.1962, Aménagements hydro-agricoles en collines : reconnaissance générale de l'Algérie septembre.

Soil conservation service.1972,Hydrologie-cheminements de l'eau, François Anctil, Jean Rousselle et Nicolas Lauzon.

SOKOLOVSKI.D.L ,1952.Ecoulement fluvial, Edition Hydrométéo. 491P . Russie.

A- LES CRUES DES STATIONS

Tableau 11. les crues des stations.

LAKHDARIA	BENI SLIMANE	MEZAHIM	LA TRAILLE
10-oct-86	28-sept-85	24-sept-1992	01-avr-71
10-déc-86	14-sept-88	16-oct-86	25-sept-71
31-janv-87	10-avr-89	13-oct-88	26-nov-71
14-déc-88	04-sept-89		08-déc-71
20-févr-91	09-avr-92		01-mai-72
16-oct-94			26-sept-72
03-févr-96			27-sept-72
03-mai-98			
29-janv-01			

B- LES HYDROGRAMMES BRUTE DES STATIONS

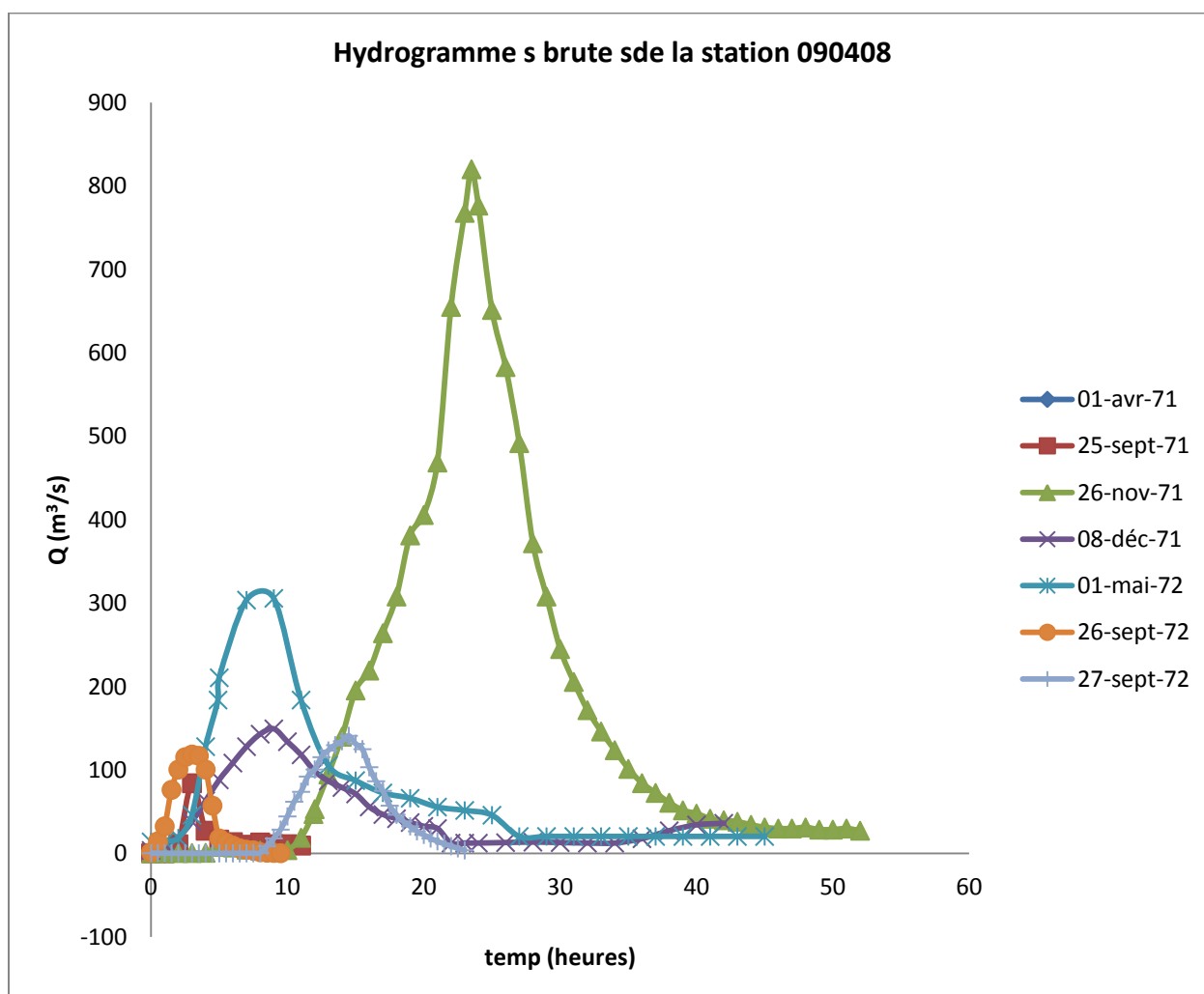


Fig 21 . hydro grammes des crues de la station la Traille.

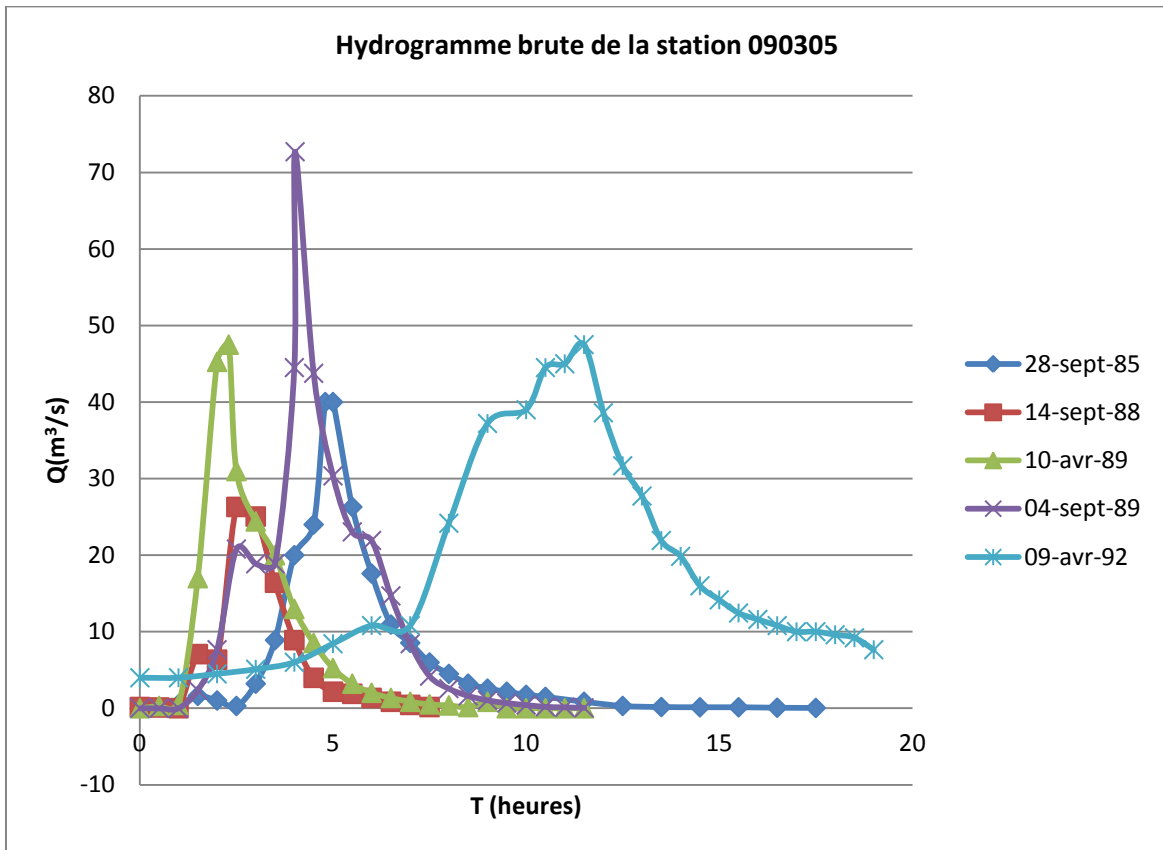


Fig 22 . hydrogramme des crues de la station BENI SLIMANE.

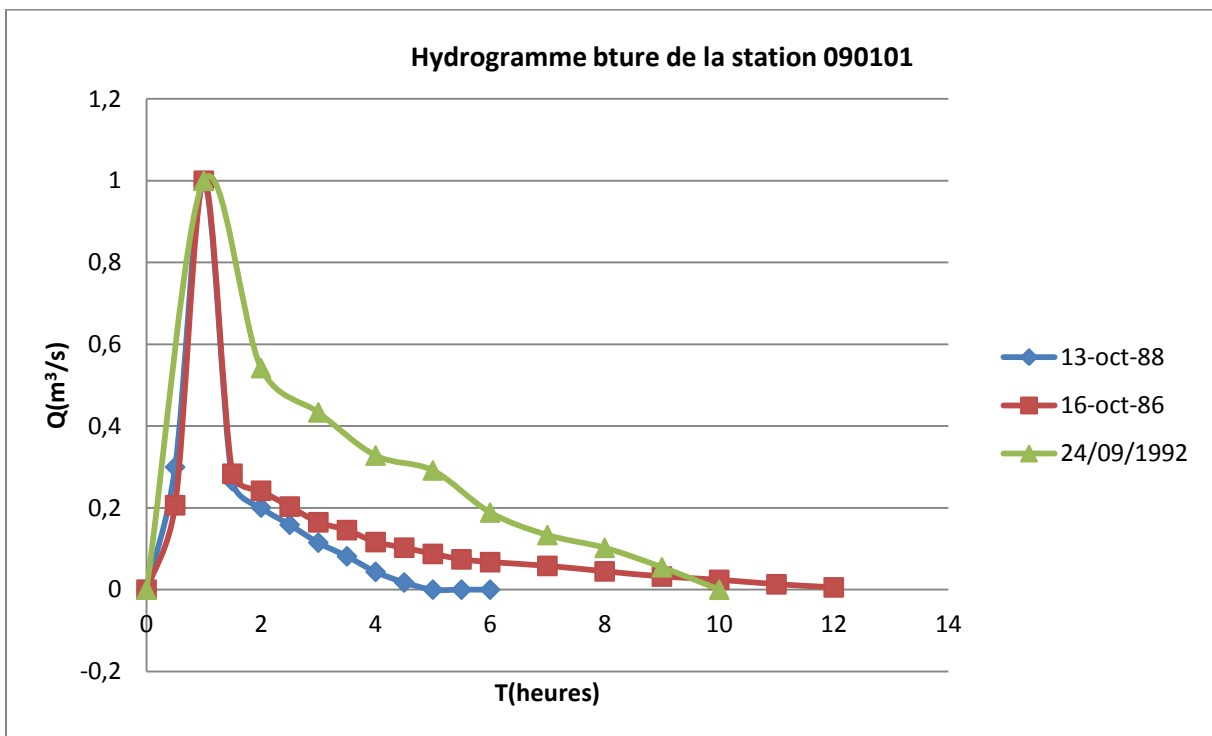


Fig 23 .Hydrogramme des crues de la station MEZAHIM.

C- Les Hydrogrammes unitaires normés de ruissellement des stations.

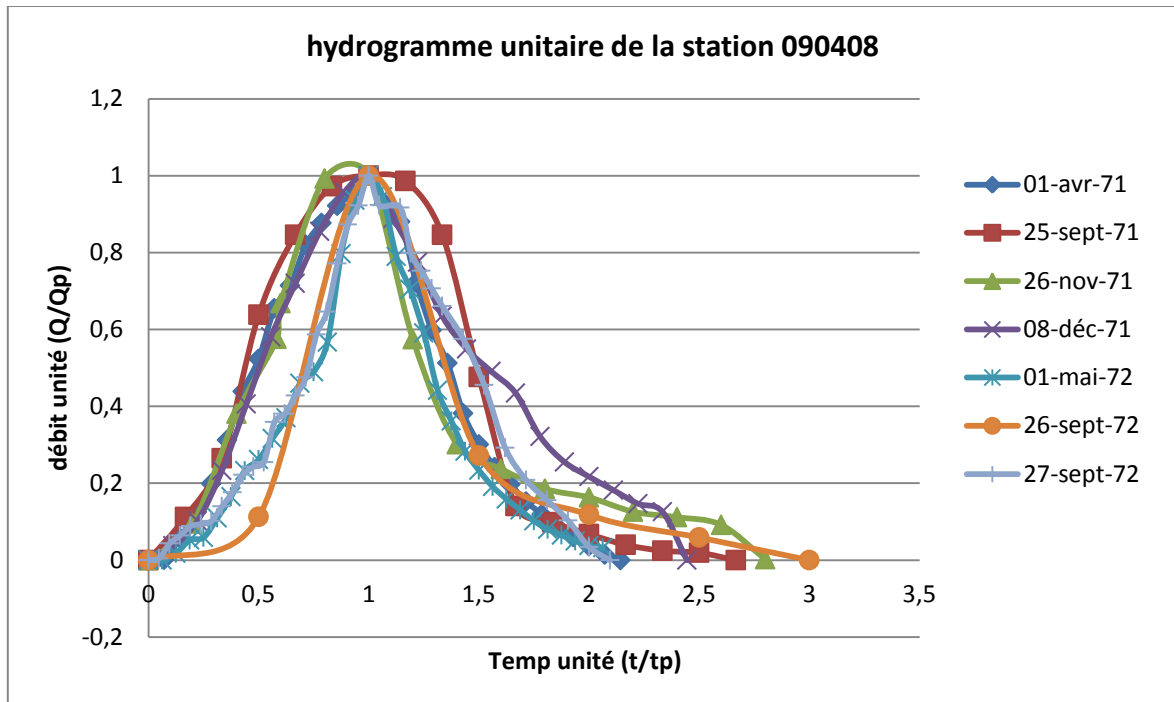


Fig 24. hydrogramme unitaire de station la Traille.

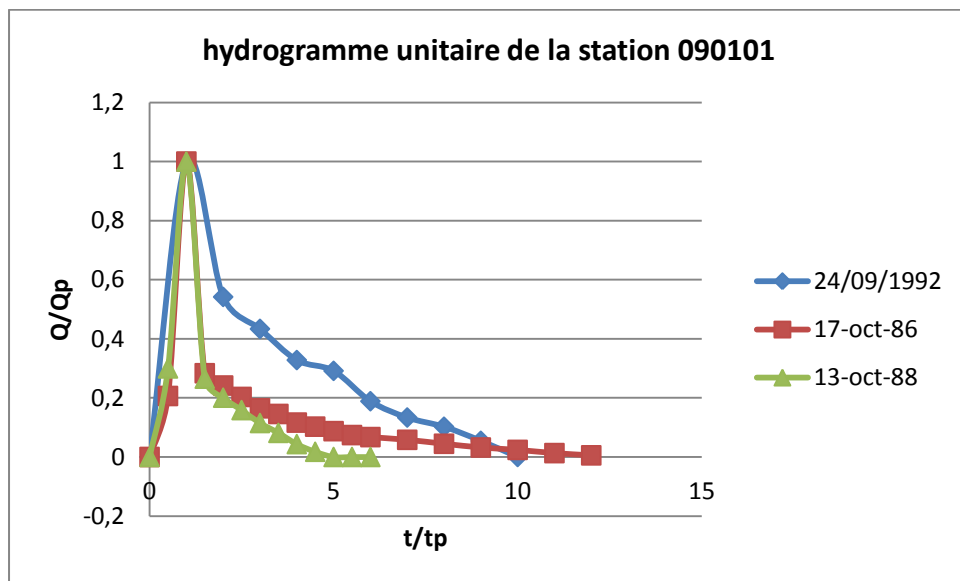


Fig 25. hydrogramme unitaire de station MEZAHIME.

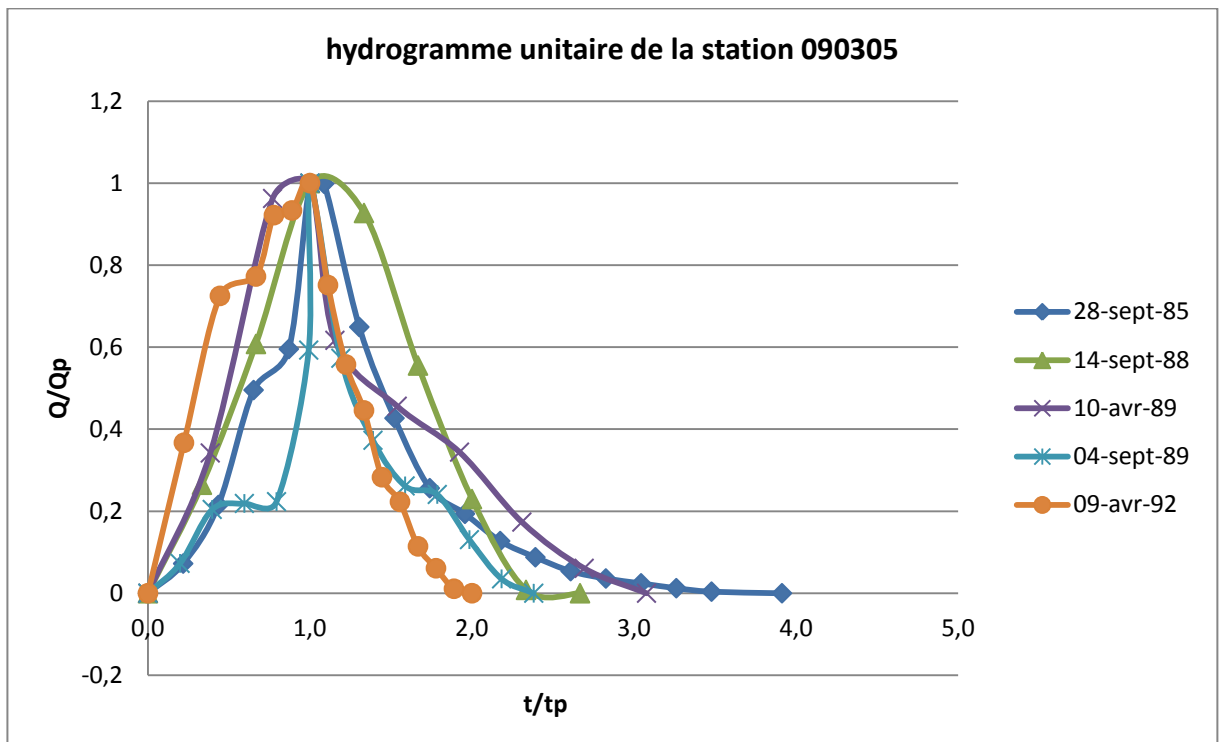


Fig 26. hydrogramme unitaire de station BENI SLIMANE.

D- Les hydrogrammes médianes des stations avec ajustement à Nash et Pearson

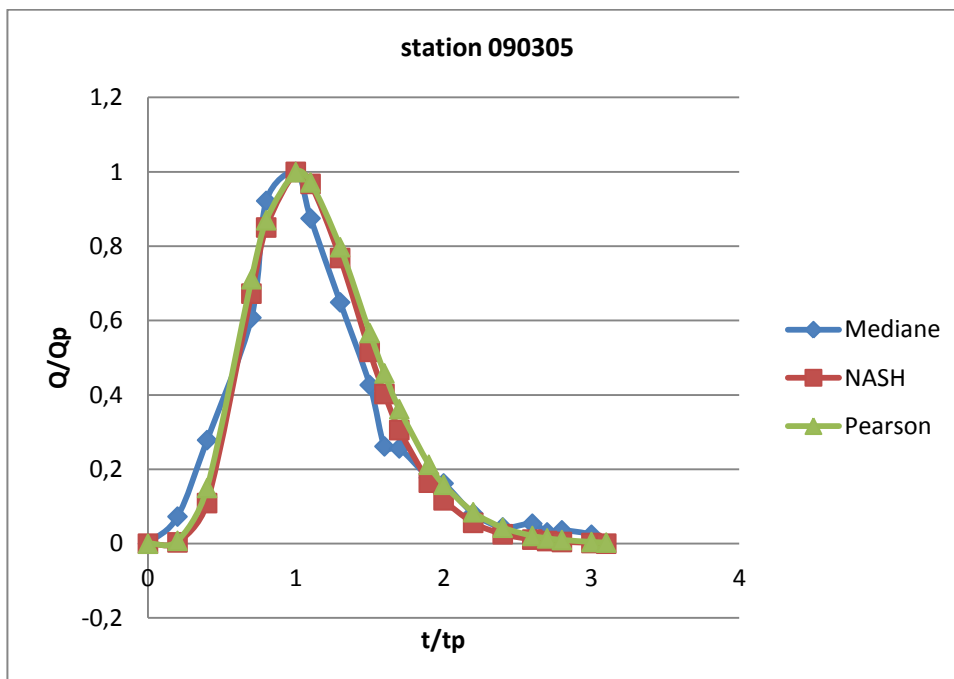


Fig 27. hydrogramme médiane avec ajustement à Nash et Pearson de la station BENI SLIMANE.

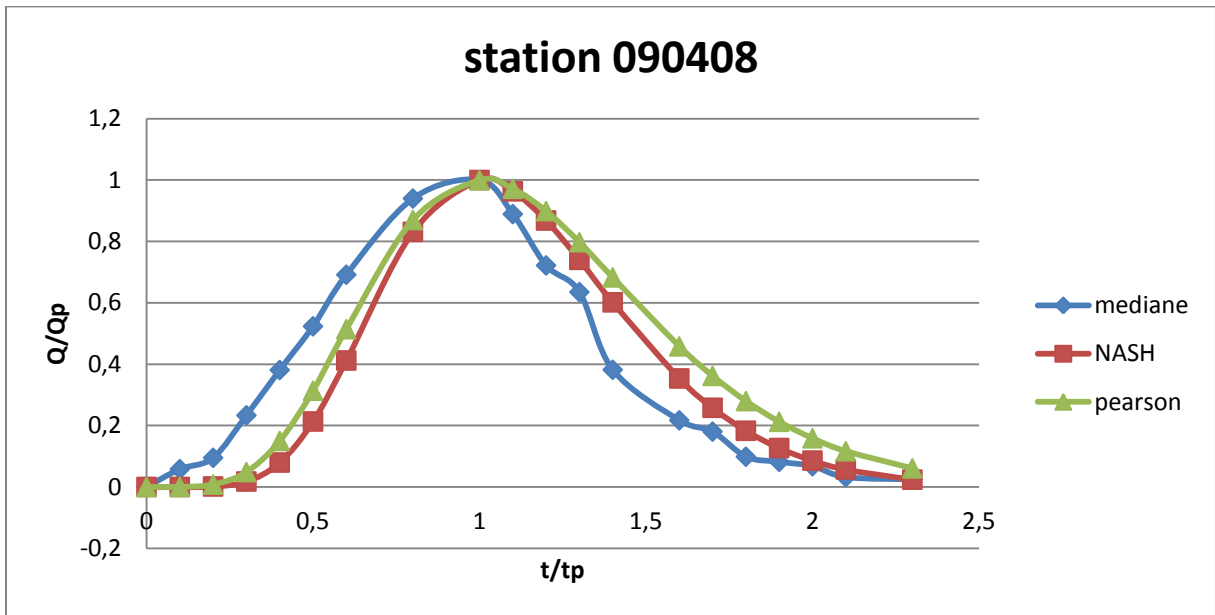


Fig 28. hydrogramme médiane avec ajustement à Nash et Pearson de la station la Traille.

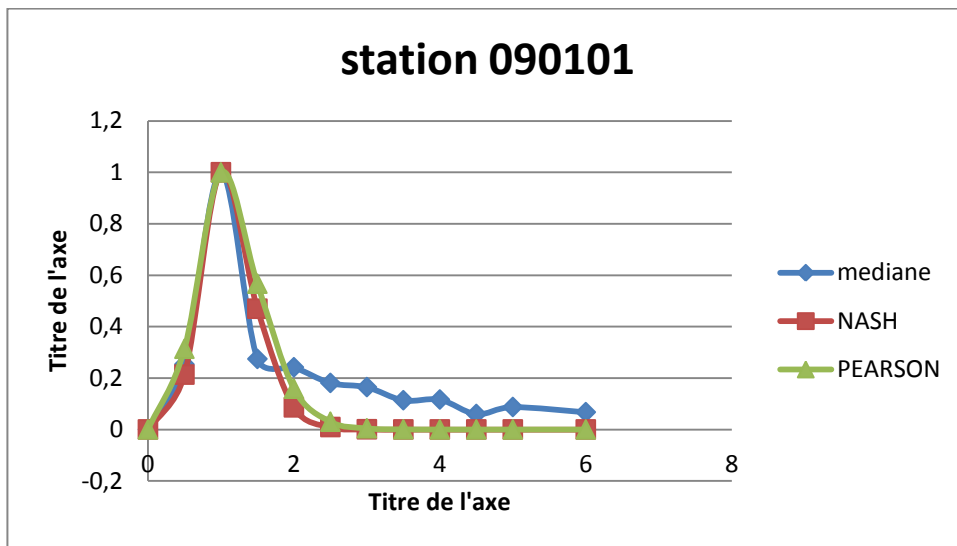


Fig 29. hydrogramme médiane avec ajustement à Nash et Pearson de la station MEZAHIME.