



Université d'Oran 2
Faculté des sciences de la terre et de l'Univers

MEMOIRE DE MASTER

Option : Hydrosystèmes et Ressources en Eau

METHODE D'ETUDE D'ECOULEMENT DES BASSINS VERSANTS

Présente par
-Belabbas Yahia

- Taky-Eddine Aid

Nom et Prénoms	Devant les membres du jury	
	Grade	Qualité
BOUZID RABAH	MCB	PRESIDENT
BAKRETI AMAL	MCB	ENCADREUR
BELKHEIR KHADIDJA	MAA	EXAMINATRICE

Année : 2020 /2021

SOMMAIRE

Introduction générale	01
RESUME.....	02
SYNTHSE GENERALE	03
Introduction	04
I-1 Situation géographique du bassin Chélif	04
I-2 Aspect géologique	05
Litho-stratigraphie	08
Les formations anti-néogènes	08
Les formations néogènes et quaternaires	08
Impact de la géologie sur l'hydrologie	08
3-Aspect structurale	08
3.1 Tectonique souple	09
3.2. Tectonique cassante	10
3.2.1 Le pli-faille de Boukadir	10
3.2.2 La faille de Relizane	10
ASPECT HYDROGÉOLOGIQUE	11
Aquifère des calcaires à lithothamnium du Miocène	11
Aquifère du Pliocène marin	12
Aquifère des grés à Hélix de la Pliocène supérieure continentale :	
Aquifère du Quaternaire-Pliocène continentale :	
I.6 Réseau hydrographique	12
MNT	14

4-ASPECT CLIMATOLOGIQUE	15
-------------------------------	----

Eléments du climat :

4.1- la température	16
---------------------------	----

4.2- Evapotranspiration	16
-------------------------------	----

4.3- L'humidité	17
-----------------------	----

4.4- Le vent	17
--------------------	----

4.5 Le ruissellement	17
----------------------------	----

CHAPITRE II Matériels et Méthodes

INTRODUCTION	19
--------------------	----

1. METHODE DU GRADEX	20
----------------------------	----

2. Calcul de la lame d'eau spatiale	20
---	----

3. Calcul du Gradex des pluies spatiales	20
--	----

L'hypothèse sur les pluies se base sur la distribution à décroissance exponentielle

A-HYPOTHESE PROBABILISTE	21
--------------------------------	----

Explicitons cette hypothèse	21
-----------------------------------	----

B-HYPOTHESE DETERMINISTE	24
--------------------------------	----

Explicitons cette hypothèse	24
-----------------------------------	----

APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE DU GRADEX	25
--	----

A-MISE EN OEUVRE DE LA METHODE DU GRADEX	26
--	----

1-CHOIX DU PAS DE TEMPS	26
-------------------------------	----

2-PASSAGE DE LA PLUIE PONCTUELLE A LA PLUIE MOYENNE D'UN BASSIN VERSANT	27
--	----

3-PASSAGE DU DEBIT JOURNALIER MAXIMAL ANNUEL AU DEBIT DE POINTE.....	28
---	----

4-COINCIDENCE DE LA LOI DES DEBITS $G(Q)$ AVEC LES SERIES DES VALEURS EXTREMES DES DEBITS OBSERVER	28
5-ESTIMATION DU PARAMETRE "A" GRADIENT DES VALEURS EXTREHES	29
B-PERSPECTIVES ENVISAGEABLES POUR LE DOMAINE D'APPLICATION DE LA METHODE	30
1-VALIDITE DU COMPORTEMENT EXPONENTIEL DE LA FREQUENCE DES PRECIPITATIONS POUR D'AUTRES TYPES DE CLIMATS	31
2-APPLICATION DE LA METHODE A DE GRANDS BASSINS VERSANTS	31
3-VALIDITE DE LA METHODE DU GRADEX A DES BASSINS PERMEABLES	31
Etude des Précipitations	32
Estimation de la lame d'eau précipitée	32
La moyenne arithmétique	32
Etude statistique des données	33
Les paramètres de position	33
Conclusion et recommandations	34
Bibliographies	35
Annexes.....	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte des bassins versants de l'Algérie (Source : ABH-CZ)	05
Figure 2: Carte schématique montrant les grands domaines géologiques de l'Algérie	06
Figure 3: Structure du Tell « centre ouest » (F.ACHOUR,1997)	07
Figure 4: cadre géologique du bassin du Chelif (Perrodon 1967 - Mattauer 1958)	07
Figure 5: Coupe NO-SE établie à travers de la plaine du Cheliff sur la base des recoupements géologiques	09
Figure 6: Situation des failles principales dans le bassin du bas Chélif, d'après M.MEGHRAOUI et al, (1986)	10
Figure 7: Schéma structural du calcaire à lithothamnium de l'oued Sly à oued Taflout sismique d'oued Sly, 1966)	11
Figure 8: Réseau Hydrographique du bassin Chélif-Zahrez (Mehaiguene , 2005)	14
Figure 9: Carte du MNT de BV Chélif après la correction (fill_sinks)	15
Tableau (1): Températures moyennes mensuelles(C°). (ANRH, 2003-2004)	16
Tableau(2): Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles (mm). (ANRH 2003_2004)	16
Figure 1: (GUILLOT & DUBANO)	23
Figure 2: (GUILLOT & DUBAND)	24
Figure 3: (GUILLOT & DUBANO)	25
Figure 4: (MASSON)	29

Introduction général

Les études hydrologiques spécifiques sont nécessaires pour la détermination des débits de référence de crues. Grâce à un traitement exhaustif de l'information disponible sur le bassin versant, ces études peuvent mettre en évidence la spécificité du bassin versant. Les études statistiques relatives aux inondations permettent la détermination de l'action structurale ou l'utilisation de la terre contre des inondations. Le modèle est "une représentation simplifiée, relativement abstraite, d'un processus, d'un système, en vue de le décrire, de l'expliquer ou de le prévoir". La modélisation hydrologique est donc une représentation, partielle ou totale, du cycle de l'eau. Dans ce travail, on se limite à l'étude des modèles pluie débit, qui représentent la transformation de la pluie en écoulement sur les surfaces continentales. Les applications de ces modèles sont multiples, et permettent de simuler l'impact d'aménagements anthropiques sur l'hydrologie d'un bassin versant (construction d'un barrage, imperméabilisation d'une zone par construction), de gérer les alertes de crue sur les bassins versants ou encore de reconstituer des chroniques de débits sur des bassins sur lesquels on ne dispose que de chroniques de pluies [. Donc, il est important de définir des outils de gestion et d'aménagement du territoire rigoureux qui présupposent une appréhension scientifique non biaisée des phénomènes naturels. On définit généralement le concept du risque d'inondation par le croisement de deux composantes : le phénomène aléatoire des crues, lié à l'hydrologie de la rivière, et la vulnérabilité aux inondations, liée quant à elle à l'occupation du sol. Parmi ces outils, on propose dans ce travail d'exploiter les informations et ce, par l'utilisation de la méthode du Gradex développée par Electricité de France (EDF) pour le dimensionnement des évacuateurs de crue des barrages qui est défini comme étant un invariant climatologique saisonnier et local dépendant de la situation géographique .

Résumé

En cette période de vulnérabilité accrue aux inondations, il existe une forte demande sociale pour prévenir et prévoir ces catastrophes naturelles qui posent de graves problèmes humains et économiques. Pour protéger la population contre les inondations provoquées par les crues, il faut pouvoir disposer d'outils de prévision opérationnels et fiables. Le modèle pluie débit utilise la connaissance de la pluviométrie. Il est applicable en tout point du réseau hydrographique. Différentes techniques et procédures d'estimation ont été proposées et utilisées dans diverses régions du monde. Parmi ces modèles hydrologiques, on a choisi un modèle probabiliste (Gradex) pour évaluer les risques de crues extrêmes et qui permet une extrapolation à différentes périodes de retours. Notre espace d'étude est le bassin versant du Cheliff, situé au Nord Ouest d'Algérie. L'examen des Gradex ponctuels des 22 sous bassins, d'amont en aval du Cheliff, a été appliqué aux échantillons des maximums annuels des pluies journalières ou horaires.

Mots clés : : Prévision, crue, modèle pluie-débit, Bassin versant du Cheliff, Nord Ouest d'Algérie

Abstract

In this period of increased vulnerability to floods, there is a strong social demand to prevent and predict these natural disasters which pose serious human and economic problems. To protect the population from the floods that rise in the level, it is necessary to have operational and reliable forecasting tools. The rain-flow model uses knowledge of rainfall. It is applicable at any point of the hydrographic network. Different estimation techniques and procedures have been proposed and used in various parts of the world. Among these hydrological models, we chose a probabilistic model (Gradex) to assess the risks of extreme floods and which allows extrapolation to different return periods. Our study area is the « Cheliff » watershed, which is located in the North West of Algeria. The examination of the punctual Gradex of the 22 sub-basins, from upstream to downstream of the Cheliff, was applied to the samples of the annual maximum daily or hourly rainfall.

Keys Words : Forecast, flood, rain-flow model, Cheliff watershed, North West Algeria.

SYNTHSE GENERALE

Ce chapitre présente une synthèse hydrogéologique de la plaine alluviale du bas Cheliff, il est consacré à une description générale de la plaine étudiée, dont la situation géographique, l'aperçu géomorphologique, les caractéristiques hydro-climatologiques.

Introduction

Le bassin du Chélif a été choisi comme une zone d'application de notre travail en raison de sa vaste superficie (43750 km²) par conséquent un nombre maximal des sous bassins versants et ainsi de suite une grande variabilité des caractéristiques morpho-métriques (le phénomène de variabilité spatiale) qui nous permet de régionaliser les sous bassins homogènes. Donc, cette partie est consacrée à une description générale du bassin versant Chélif afin de donner les indications en termes de pente, système de drainage, topographie, géomorphologie et la lithologie du bassin. Les principales caractéristiques d'un bassin versant étudié ont une importance majeure car elles interviennent, et souvent d'une façon combinée à la future analyse des paramètres morpho-métriques et hydrographiques du bassin à l'aide des modèles numériques de terrain.

1 Présentation générale de la région hydrographique

Le pays est subdivisé en cinq (5) régions hydrographiques regroupant les dix-sept (17) bassins du pays (Figure.1, Figure.2) respectivement. Les agences de bassin hydrographiques sont :

- Oranie-Chatt Chergui ;
- Algérois-Hodna-Soummam ;
- Chélif-Zahrez ;
- Constantinois-Seybouse-Mellegue ;
- Sahara ; (ABH, 2004) ;

I-1 SITUATION DE LA ZONE ETUDIEE

Le bassin de Cheliff se localise à l'intérieur des chaînes de l'Atlas Tellien de l'Algérie occidentale. Il est constitué par une succession de plaines, de plateaux et de collines orientés suivant une direction E-W à NE-SW.

Cette zone du bas Cheliff correspond à une cuvette intra-montagneuse parallèle au littoral méditerranéen, elle est limitée par :

- Au Nord, par le versant sud de la chaîne de Dahra.
- Au Sud, par les monts de l'Ouarsenis .
- A l'Est, par la plaine du moyen Cheliff occidental .
- A l'Ouest, par la plaine de Relizane.

La zone d'étude couvre cinq wilayas, Chélif, Relizane, Mostaganem, Oran et Mascara. Elle est située entre les longitudes « 00°15'00''W, 01°30'00''E », et de latitude 35°15'00''N.

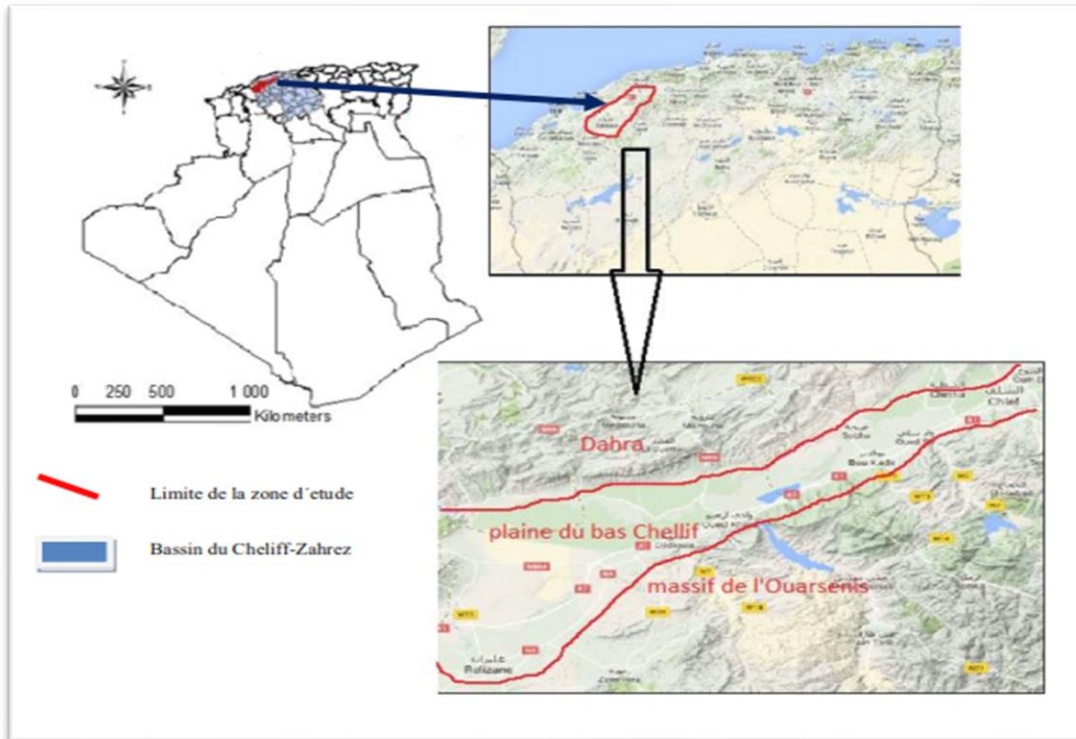


Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude. (Google maps)

I-2 Aspect géologique

L'étude géologique de la région d'étude est basée sur la synthèse de plusieurs travaux effectués par plusieurs auteurs: Perrodon (1957), Achour (1997) ...etc.

Si l'on examine un schéma structural de cette zone, deux domaines principaux sont distincts (Figure 2).

Un domaine méridional, le Sahara, où affleurent les socles précambriens du Hoggar et du Eglab, et leur couverture, la plate-forme saharienne.

Un domaine septentrional, la zone atlasique, comportant :

Un Atlas saharien au Sud, forme une longue suite de reliefs orientés NE-SO s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie.

Au Nord, l'Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales.

Entre les deux Atlas s'étendent les hautes plaines qui se terminent à l'est par la chaîne du Hodna et se continuent à l'Ouest par la Meseta oranaise.

Notre secteur d'étude correspondant à la plaine du Cheliff appartient au domaine de l'Algérie septentrional dans l'Atlas Tellien.

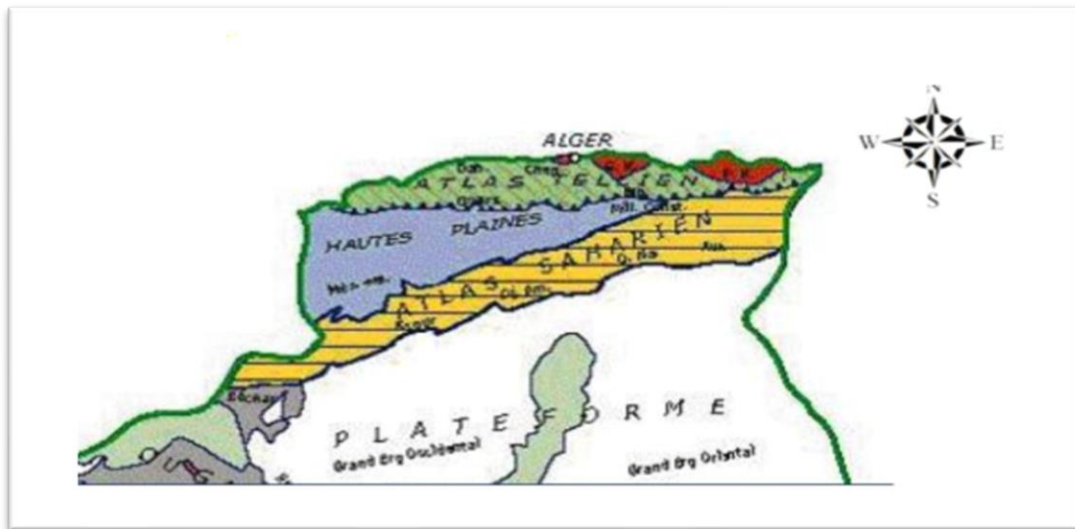


Figure 2: Carte schématique montrant les grands domaines géologiques de l'Algérie

(Belayouni et al. 2013)

Du point de vue structural, ce bassin forme un sillon complexe plus ou moins continu s'allongeant suivant une direction générale WSW-ENE, entre les massifs secondaires plissés qui peuvent être assimilés en première approximation à des aires anticlinales majeures. Les ensembles lithologiques rencontrés dans la plaine sont (Figure 2 et 3) :

- Les terrains néogènes et quaternaires dans la zone centrale du bassin ;
- Le substratum, essentiellement secondaire sur les bordures du bassin représenté par :

Les monts de l'Ouarsenis au Sud, du Dahra au Nord et par les massifs épi-métamorphiques à schistosités du Doui, Rouina et Temoulga à l'Est (F.ACHOUR, 1997)

Les terrains allochtones (figure N°3) mis en place lors des différentes phases tectoniques alpines (Eocène moyen, Miocène inférieur).

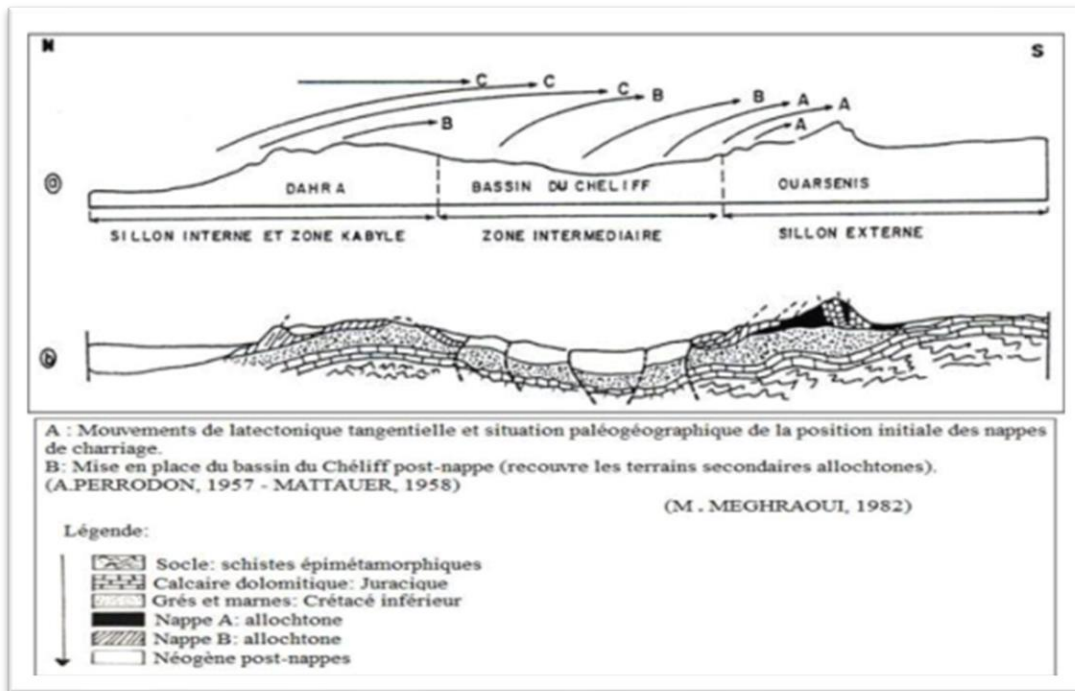


Figure 3: Structure du Tell « centre ouest » (F.ACHOUR, 1997).

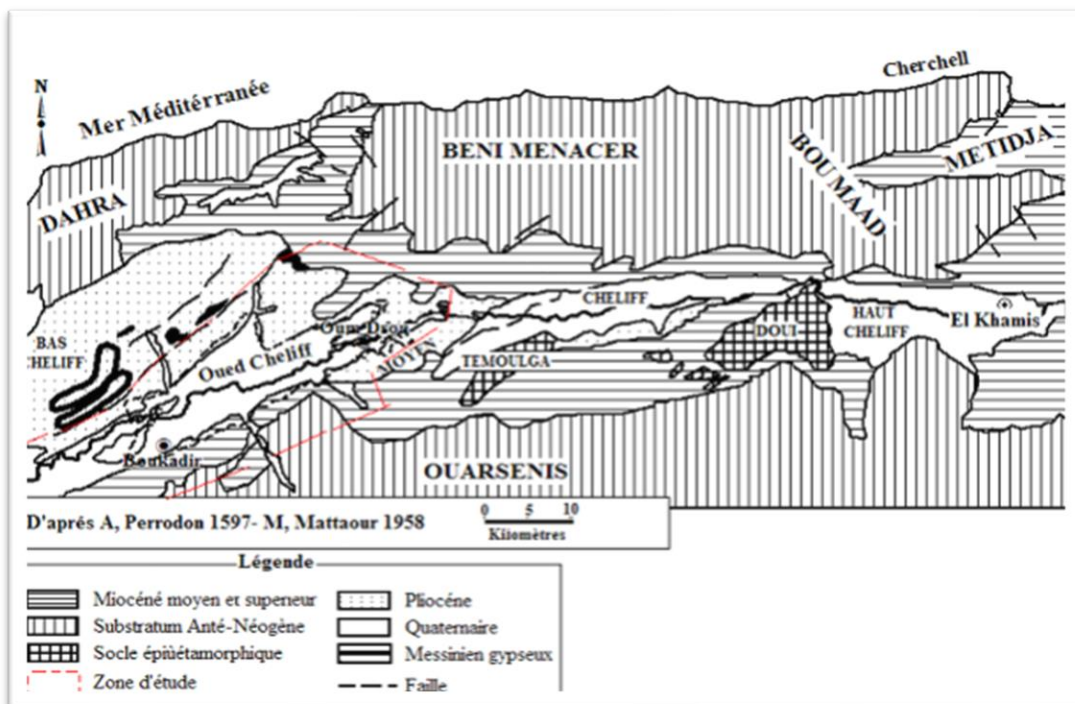


Figure 4: cadre géologique du bassin du Chellif (Perrodon 1967 - Mattauer 1958).

Lithostratigraphie

Du point de vue litho-stratigraphique la zone d'étude comprend 2 ensembles lithologiques :

- les formations néogènes et quaternaires.
- les formations anti-néogènes.

Les formations Anti-Néogènes

Le substratum des dépôts sédimentaires anti-néogènes (post nappes) est constitué de terrains autochtones d'âge Primaire, son substratum affleure en îlots dans le bassin du bas Cheliff, tandis que les nappes présentent sur ses bordures, et des terrains allochtones constitués d'un empilement de nappes d'âge crétacé inférieure-oligocène.

Les formations néogènes et quaternaires :

Les terrains néogènes correspondent à une épaisse accumulation de dépôts Mio-plioquaternaires issus du démantèlement des reliefs environnants et reposent en discordance sur les formations anciennes.

Impact de la géologie sur l'hydrologie :

Le type de formations géologiques qui affleurent dans la plaine de moyen Cheliff a une influence sur la répartition des écoulements superficiels. En effet, un bassin formé de matériaux très perméables avec une couverture végétale continue aura en générale une densité de drainage faible assurant une meilleure infiltration des eaux superficielles. Par ailleurs, un bassin formé de roches imperméables mais meubles et érodables, comme des marnes et des argiles, avec une végétation moyenne, présente souvent une densité de drainage élevée, ce qui favorise le ruissellement des eaux superficielles aux dépens de l'infiltration.

3-Aspect structurale :

La zone d'étude se caractérise par une structure globalement orientée NE – SW caractérisée par un synclinal bordé au Nord par l'anticlinal de Medjadjas qui se poursuit vers l'Est par l'anticlinal des Beni- Rached et au Sud par le monoclinale complexe de l'Ouarsenis occidental.

Le synclinal est compliqué dans le détail par une ride anticlinale où les formations villafranchiennes sont redressées. Cette ride formant les montagnes Rouges divisant à ce niveau, la plaine de Cheliff en une dépression Sud : la plaine de Chlef - Oum Drou d'une dépression Nord, la plaine de Mouafkia et une dépression à l'Ouest, la plaine de Chlef - Boukadir. (F. ACHOUR, 1997).

Suivant une coupe NW – SE (figure suivante), cette région montre les structures suivantes :

L'anticlinal des Medjadjas.

Le synclinal de Mouafkia.

Le monoclinal qui occupe la partie sud de l'Oued Cheliff.

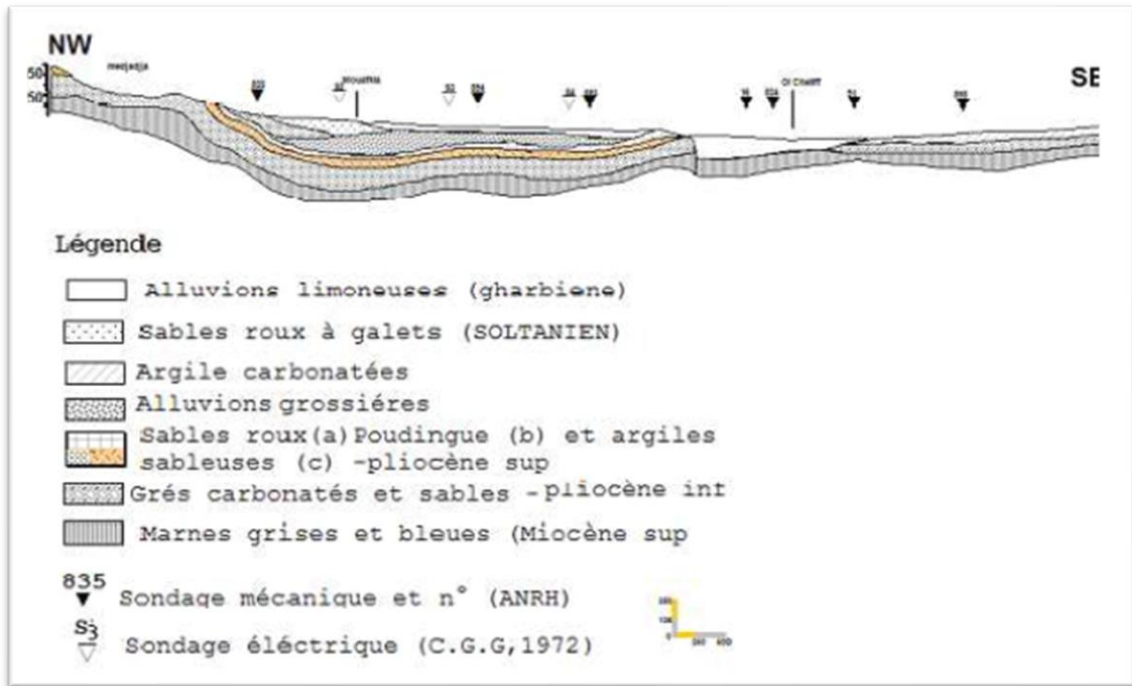


Figure 5: Coupe NO-SE établie à travers de la plaine du Cheliff sur la base des recoupements géologiques

3.1 Tectonique souple :

Au Miocène supérieur, une phase transgressive provoque le dépôt d'une épaisse série de marnes qui se continuent jusqu'au Miocène terminal. Cet événement a pour effet de combler les bassins préexistants, et en même temps que le comblement se faisait, des mouvements tectoniques compressifs apparaissent et se matérialisent par la formation des structures plissées suivant la direction E-W à ESE-WNW. Pendant le Pliocène, un événement compressif se produit, les déformations qui l'accompagnent s'expriment nettement constituant des structures plissées qui tendent à réduire le bassin à un couloir étroit allongé E-W. une importante phase se manifeste à la fin de cette période et met en place des plis de direction E.N.E-W.S.W. Au Pliocène supérieur, un épisode compressif déforme les niveaux continentaux du Pliocène supérieur suivant des plis de direction E-W. Au Quaternaire, des plis se mettent en place de direction N.E-S. W à E.N.E-W.S.W.

Cette direction correspond à une phase compressive de direction N.N.W-S.S.E

3.2. Tectonique cassante :

Deux failles assez importantes sont à signaler dans notre zone d'étude :

3.2.1 Le pli-faille de Boukadir :

Cette structure anticlinale a une direction N.50° E et située à 40 Km du pli-faille de Chleff. Elle est transverse à la direction générale du bassin du bas Chélif qui a une direction N.70° E - N.80° E. Cette faille inverse (faille compressive) sépare la vallée du Chélif de la vallée de Relizane et semble se subdiviser en trois segments et montre l'activité récente qui affecte les dépôts du Quaternaire.

3.2.2 La faille de Relizane :

La limite Sud du bassin (qui représente la limite Sud des dépôts plio-quaternaires) est bien marquée par un contact tectonique linéaire entre les dépôts du Quaternaire et les calcaires à lithothamnium du Miocène. Ce contact tectonique est la faille de Relizane qui a une direction N.70° E et parcourt une distance d'environ 150 Km en passant par la ville de Chleff et Relizane (figure N°6).

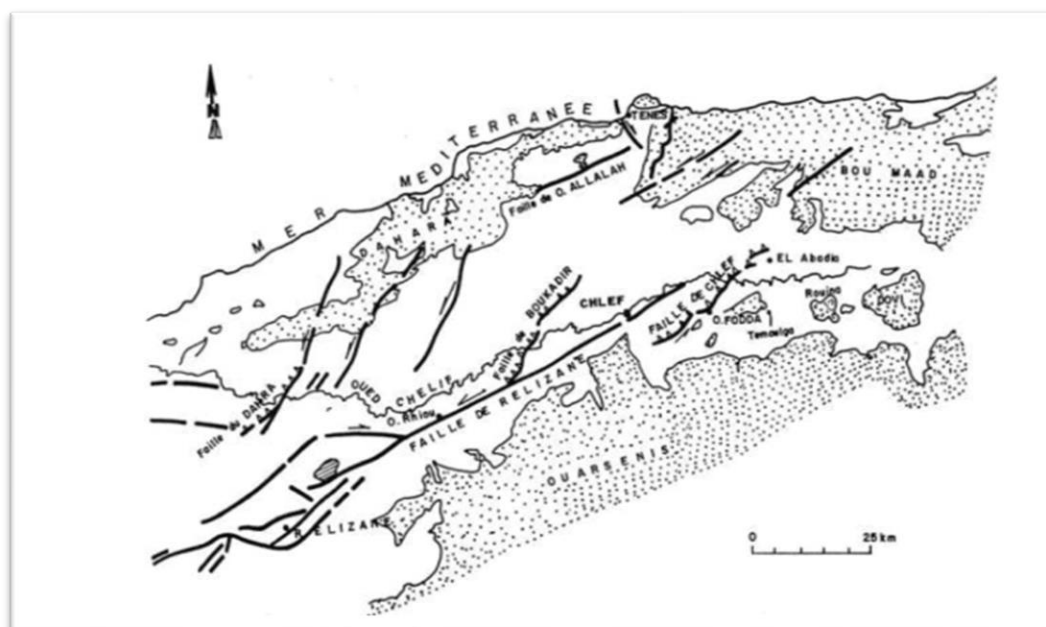


Figure 6: Situation des failles principales dans le bassin du bas Chélif, d'après M.MEGHRAOUI et al, (1986)

ASPECT HYDROGÉOLOGIQUE :

Distinction des formations aquifères :

A l'issue de cette étude géologique il convient de distinguer dans la région de la plaine du bas Cheliff quatre aquifères potentiels distincts :

Aquifère des calcaires à lithothamnium du Miocène :

Les calcaires du Miocène affleurent le long de la limite sud de la vallée entre Hmadena et Chlef ville avec un pendage peu accusé NNO. Les descriptions lithologiques ont montré l'existence de zones de fracture productives entre 37 et 60 m de profondeur.

La structure des calcaires a été mise en évidence par les forages et par la campagne de géophysique réalisée en 1966 et 1972 (figure N°7).

La partie captive de la nappe des calcaires est encadrée par les marnes du Miocène supérieur et ceux du Pliocène.

La structure d'ensemble (inclinaison vers le Nord) suggère que l'écoulement général des eaux souterraines s'effectue selon cette orientation. Ainsi comme l'indique la figure suivante, l'écoulement de la nappe s'effectue du sud- Est vers le Nord –Ouest.

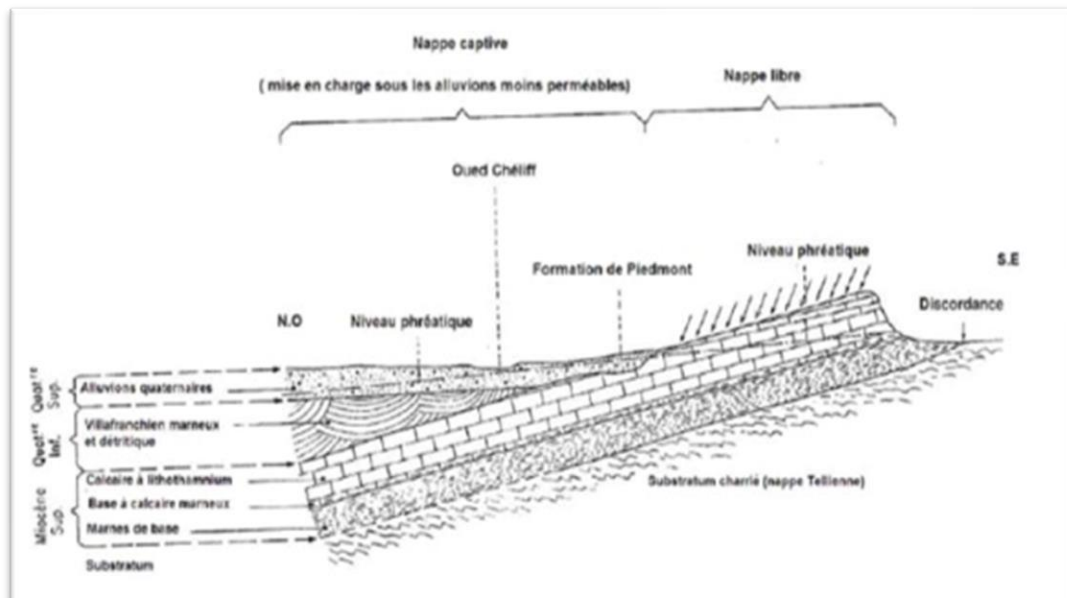


Figure 7: Schéma structural du calcaire à lithothamnium de l'oued Sly à oued Taflout sismique d'oued Sly, (1966).

Aquifère du Pliocène marin :

Composée d'une suite d'argile et de marnes, avec des couches minces de grès, le Pliocène marin affleure au nord de la vallée du Cheliff, mais il n'a pas été identifié dans la vallée. Des forages peu profonds traversent les couches de grès du Pliocène marin sur la partie nord de la vallée (Ouarizane n°2 à 55m).

Les grès sont généralement à granulométrie fine à moyenne, et peuvent être classés comme étant à profil argileux ou calcaireux à tendances gréseuses pour les deux.

L'aquifère se situe à une profondeur minimum de 100 mètres au centre de la plaine de Mouafkia où elle atteint son épaisseur maximum (200 à 320 mètres). Elle s'amincit vers les bordures et disparaît complètement au sud des montagnes rouges.

Aquifère des grès à Hélix de la Pliocène supérieure continentale :

Cet aquifère est représenté par des sables roux et grès à mollusque d'eau douce avec des passages conglomératiques d'origine alluvionnaire et affleure sur les bordures de la rive droite de la vallée du Cheliff et au Nord de la ville de Chleff dans la montagne rouge. L'épaisseur de l'aquifère varie de 25m dans la partie orientale de la plaine à 75m vers le centre de celle-ci avec une valeur moyenne de perméabilité de 9.10⁻⁵m/s (F. Achour).

Aquifère du Quaternaire-Pliocène continentale :

Constitué de sédiments détritiques d'âge Sub-Pliocène à Quaternaire, cet aquifère forme le remblai de la vallée. Ces sédiments incluent des argiles et des marnes épaisses avec des lits de sables, de graviers et de conglomérats. Les descriptions lithologiques des forages indiquent que plus de 20% des matériaux traversés sont décrits comme étant des sables, des graviers ou des grès (Achour, 1985).

I.6 Réseau hydrographique

Le bassin Chélif résulte de la jonction de deux cours d'eau importants :

l'Oued Touil et Nahr Ouassel, drainant respectivement une superficie de 16 338 km² et 3 651 km² et dont la confluence donne naissance à l'Oued Chélif (figure II.10).

L'oued Touil prend sa source dans l'Atlas saharien, près d'Aflou dans les monts de Djebel Ammour. Il traverse les hautes plaines de quatre wilaya successivement : Laghouat, Djelfa, Tiaret et Medea au barrage Boughzoul, avec une orientation SW-NE jusqu'à Chahbounia à Médéa pour confluer avec l'oued Nahr Ouassel qui coule en oblique vers le Nord-Est et traverse successivement (03) wilayas : Tiaret, Tissemsilt et Médéa.

L'Oued Chélif résultant de jonction des deux grands cours d'eau précédents, prend d'abord une direction Sud-Nord et franchit la chaîne de Médea (Boughari). Ensuite, suivant une orientation SE-NW il traverse le massif de Gantass, et enfin il coule on oblique de l'Est à l'Ouest, traversant ainsi successivement (04) wilayas : Ain Defla, Chlef, Relizane et Mostaganem, jusqu'à son embouchure dans une large vallée vers la mer méditerranée. Sur la majeure partie de son cours d'eau, il serpente au fond d'une vallée parallèle à la mer bordée au sud par le massif des Ouarsenis et au nord par la chaîne côtière des monts du Dahra et du Zaccar. De Boughzoul à l'embouchure du Chélif, la distance en ligne droite est d'environ 250 km et la dénivellation à peu près 625 m. Durant tout ce parcours, l'Oued Chélif ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive droite sauf l'Oued Ebda et l'Oued Ras Ouahrane, mais sur sa rive gauche, il collecte les eaux de l'Oued Deurdeur, Harreza, Rouina Zeddine, Fodda, Sly, Rhiou, Djediouia et l'affluent important plus au Ouest : Oued Mina qui suit une direction Sud-Nord.

Les cours d'eau du massif Côtier du Dahra, qui s'étend sur une centaine de kilomètres d'Est en Ouest et sur une trentaine de kilomètres de large, sont orientés Sud-Nord vers la méditerranée et sont très courts et présentent une forte pente (Oued Damous, Allala, Tarzoult et Kramis). De cet ensemble, il est possible de délimiter trois grandes parties du bassin :

- 1- Le bassin Chélif à l'amont du barrage Boughzoul : correspondant à l'Oued Touil et Nahr Ouassel ainsi que le bassin du Zahrez.
- 2- Le bassin Chélif à l'aval du barrage Boughzoul : formé par l'Oued Chélif et ses affluents jusqu'à son embouchure.
- 3- Le bassin Côtier-Dahra : correspondant de l'Ouest à l'Est aux Oueds de Kramis, Allala et Damous. (Mehaiguene, 2005).

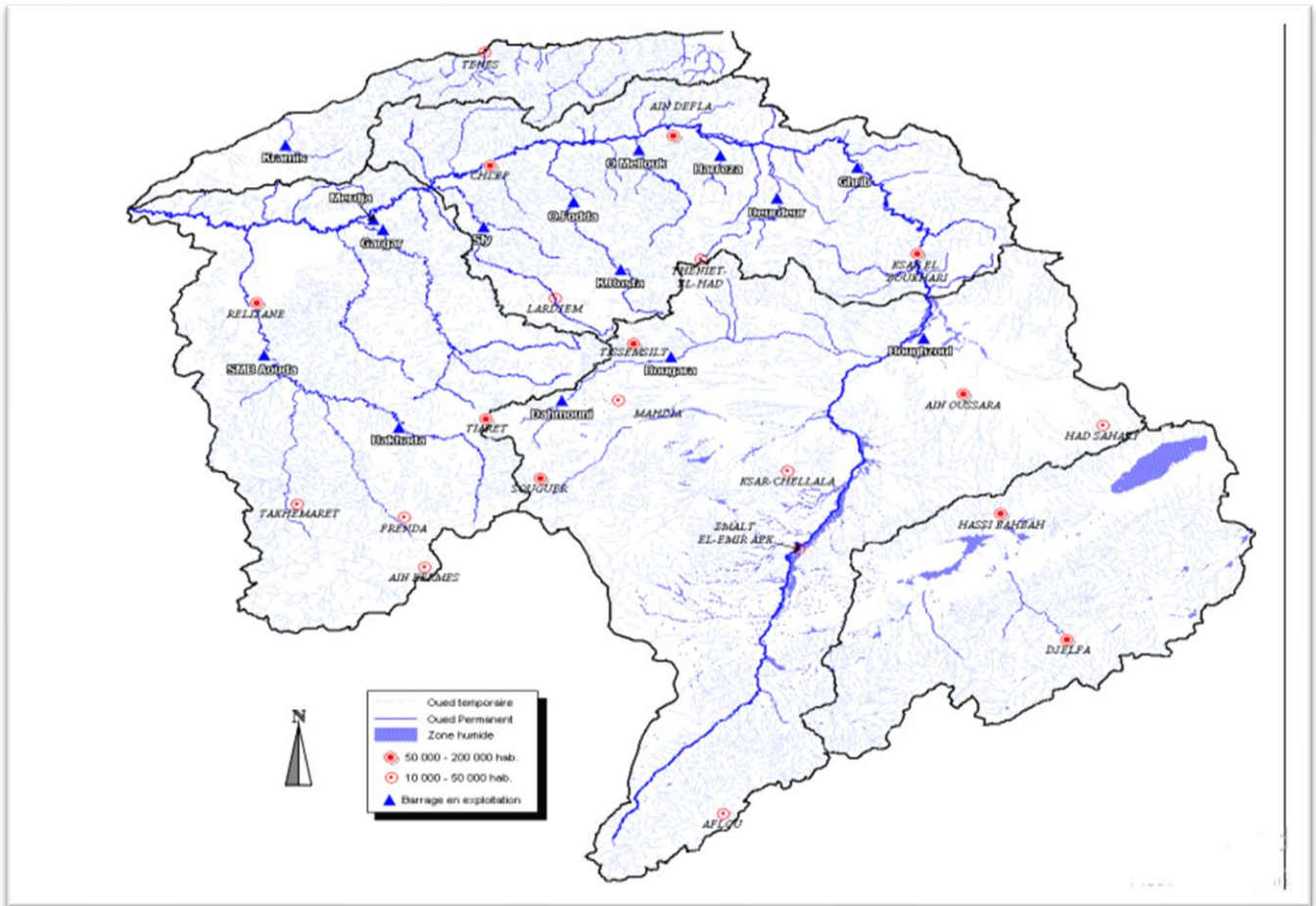


Figure 8: Réseau Hydrographique du bassin Chélif-Zahrez ,Mehaiguenne (2005)

MNT :

Les données utilisées dans cette étude c'est un modèle SRTM (MNT) de résolution de 30*30 m, il est stocké sous extension de fichier .dem , les données ont été importées dans (ILWIS), déjà géo-référencé avec le système de projection suivant :

Projection: UTM

Zone: 31 (0°E-6°E-Northern Hémisphère)

Datum : WGS84

Le bassin de Chélif est situé entre les coordonnées 3750000m et 4050000 m longitude et 250000m et 550000m en latitude.

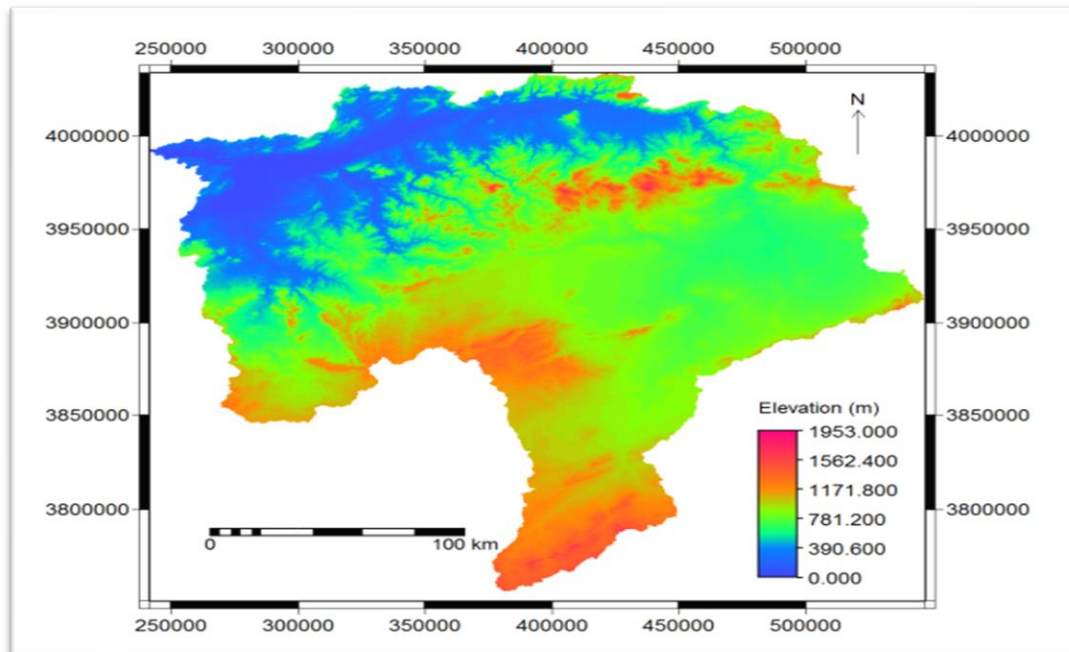


Figure 9: Carte du MNT de BV Chélif après la correction (fill sinks)

4-ASPECT CLIMATOLOGIE

La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales: température, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels. (Hufty, 2001).

Le climat des plaines du Chélif est un climat spécifique, rude et contrasté, avec des étés très chauds et des températures basses en hiver. Cette particularité lui a aussi valu des qualificatifs célèbres, tels que « le four du tell » ou encore « une portion du Sahara égarée dans le tell » (Yacono, 1955 ; Boulaine, 1957).

Eléments du climat :

Le climat d'une région est influencé par de nombreux paramètres climatologiques qui sont :

- la température
- les précipitations
- les vents
- l'évapotranspiration
- l'humidité

4.1- la température

Les données sur les températures moyennes mensuelles présentées dans le tableau suivant sont celle des stations gérées par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH). Le bassin du haut et de moyen Cheliff est caractérisé par une température moyenne interannuelle oscillant de 13 à 20°C avec un maximum mensuel de plus de 30.6°C, enregistré au mois de Juillet et un minimum mensuel de 4.6°C, enregistré au mois de Janvier.

La température moyenne interannuelle varie de 14 à 20°C dans la plaine de bas du Cheliff, avec un maximum mensuel enregistré au mois d'Aout et un minimum de 6.1°C enregistré au mois de Janvier.

Sous bassin	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juin	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy ann	Max	Min
0.114	4.6	6.2	8.4	10.9	15.7	20	25.6	25.3	19.5	14.6	8.5	5.7	4.6	25.6	13.7

Tableau (1): Températures moyennes mensuelles(C°). (ANRH, 2003-2004)

4.2- Evapotranspiration

Les données de l'évapotranspiration présentées dans le tableau ci-dessous sont relevées à partir des cartes de l'évapotranspiration mensuelle et annuelle éditées par les services de l'ANRH. On observe de fortes valeurs dans vallée du Haut et du Moyen Cheliff. Elle atteint une valeur maximale de 1570mm dans la station d'Ain-Defla ; par contre on enregistre de faibles valeurs dans les stations de Teniet-El Had et Miliana situées dans les piémonts du bassin du Haut et du Moyen Cheliff. Le potentiel total annuel de l'évapotranspiration varie de 1200mm à 1600mm, soit plus du double du total de la pluviométrie. En saison froide l'ETP mensuelle décroît progressivement jusqu'à atteindre des valeurs inférieures à celles de la précipitation. Par ailleurs, elles sont fortement supérieures durant la saison chaude. Le bassin du bas Cheliff est caractérisé par une importante évapotranspiration ; elle varie de 1300mm à plus de 1600mm avec un maximum enregistré de 1326mm. En saison chaude, les valeurs de l'ETP mensuelles dépassent fortement celles des précipitations. En saison froide, l'ETP décroît progressivement elle reste importante ; seuls les deux mois de Décembre et Janvier, enregistrent les valeurs des précipitations supérieures ou égale à celles de l'ETP.

Sous bassin	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy an
0114	28	41	76	113	151	186	220	199	136	86	43	27	1306

Tableau(2): Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles (mm). (ANRH 2003_2004)

4.3- L'humidité :

C'est le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans un certain volume d'air et la quantité que peut contenir ce même volume à l'état de saturation, l'humidité relative de l'aire est généralement plus élevée le marin pour tous les mois ; elle est de l'ordre de 60 à 85% en automne et l'hiver et entre 35 à 60% en printemps et l'été. Le mois le plus humide est le mois de décembre et le mois le plus sec est le mois de juillet.

4.4- Le vent :

Le vent est un air en mouvement qui se déplace des zones de haute pression vers les zones de basse pression.

Dans la région, en général est faible puisque sa force est comprise entre 1,4 et 2.

(Pour $1 < F < 2$ donc le vent faible avec F est la force de vent).

4.5- Le ruissellement :

Apparaît dès que l'intensité d'une pluie devient supérieure à la vitesse d'infiltration du sol. Il est aussi en fonction de divers facteurs : la perméabilité, la pente et la capacité d'absorption des formations affleurantes. Ou en hauteur (mm) par rapport à une superficie. Les hauteurs d'eau ruisselées. Ce paramètre est exprimé en hauteur (lame d'eau ruisselée en (mm) = volume ruisselé (m^3) / surface réceptrice du bassin en m^2). Il est calculé par la formule de Tixeront Berkaloff : $R = P3 / 3(ETP)^2$ mm. (Saim 2013).

Localement, la lame d'eau ruisselée varie entre 8.6 et 17 mm, mais elle reste approximative pour les raisons suivantes:

- les limites d'application des formules de calcul qui doivent prendre en compte les paramètres régnant dans la région d'étude.
- le degré de l'incertitude relatif aux méthodes empiriques utilisées.
- la sous-estimation ou surestimation des paramètres qui contribuent à l'apparition du ruissellement.

CHAPITRE II

Matériels et Méthodes

INTRODUCTION

La précipitation est connue comme étant un phénomène naturel de grande variabilité dans l'espace et dans le temps. Dans l'espace, cette variabilité semble être particulièrement difficile à caractériser car les mesures de pluie demeurent ponctuelles et éparses, obtenues à l'aide d'un réseau de pluviographes (malgré les efforts faits avec les radars). Ainsi, en augmentant la densité et diminuant le temps d'enregistrement d'un réseau de pluviographes, il devient possible de mesurer les précipitations à des échelles d'espace et de temps plus fines. Chaque réseau a donc une précision de mesure qui lui est propre pour observer (et enregistrer) la précipitation.

1. METHODE DU GRADEX

La méthode du Gradex est une approche hydro-pluviométrique probabiliste du calcul des débits de crues extrêmes de période de retour supérieure à cent ans. La méthode se base sur l'information apportée par la loi de probabilité de la pluie spatiale pour les valeurs fortes. En effet, on suppose que la loi de distribution de la rétention du bassin ne change pas pour les pluies intenses, d'où on déduit le comportement asymptotique des volumes des crues extrêmes à partir de la distribution de la pluie moyenne maximale annuelle (pour un pas de temps adéquat). La distribution des débits instantanés maxima est déduite des volumes, par un coefficient de forme moyenne des hydrogrammes de ruissellement direct, rapport moyen de la pointe d'une crue par le volume moyen sur le pas temps considéré. La méthode s'applique à des bassins de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés, qui sont homogènes en terme de pluviométrie (la méthode ne s'applique pas à des bassins trop grands, où le comportement asymptotique de la pluie spatiale tend à devenir normal).

Principes de la méthode : La méthode du Gradex, développée par EDF pour la sécurité des grands barrages, est utilisée couramment en France pour l'estimation des débits de fréquences rare et exceptionnelle. La méthode utilise l'information pluviométrique pour extrapoler la distribution de fréquence des débits. La méthode part du principe que lorsque le débit dépasse une certaine valeur, le sol est saturé. Cette valeur, nommée débit seuil (ou point pivot), peut varier du débit décennal au débit cinquantennal, selon les sols et les caractéristiques du bassin versant. Ainsi, pendant le temps de base de ruissellement D (assimilé à la durée caractéristique), tout accroissement de pluie induit le même accroissement en débit.

La formulation est la suivante, pour les débits instantanés :

$$Q_p(T) = Q_p(T_0) + \left[(u(T) - u(T_0)) * G_p * R_m * S / (3,6D) \right]$$

$$u = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

Avec :

- $Q_p(T)$: valeur "instantanée" du débit recherché en m³/s (Q100),
- $Q_p(T_0)$: valeur "instantanée" du débit du seuil d'extrapolation en m³/s,
- D : temps de base de l'hydrogramme de ruissellement ou temps de concentration du bassin versant en heures (assimilé à la durée caractéristique),
- G_p : Gradex des pluies pour la durée caractéristique,
- G_q : Gradex des débits moyens sur la durée caractéristique au seuil d'extrapolation,
- R_m : coefficient de forme (rapport débit instantané/débit moyen sur durée D),
- T : période de retour en années
- T_0 : période de retour du seuil d'extrapolation (point pivot), S : superficie du bassin versant (km²)

2. Calcul de la lame d'eau spatiale :

L'estimation de la lame d'eau moyenne spatiale peut s'effectuer suivant plusieurs méthodes :

- une moyenne arithmétique des pluies ponctuelles sur le bassin versant.
- Moyenne de pondération de Thiessen couramment utilisée par les hydrologues.
- Cartographie des isohyètes d'épisodes pour évaluer des lames d'eau moyennes.
- Méthodes plus sophistiquées (ex : krigeage, cokrigeage, ...).

3. Calcul du Gradex des pluies spatiales :

L'hypothèse sur les pluies se base sur la distribution à décroissance exponentielle asymptotique de toutes les pluies ponctuelles ou spatiales de quelques heures à plusieurs jours. On propose deux lois de probabilité à décroissance exponentielle.

Loi de Gumbel : Loi de probabilité souvent utilisée pour les valeurs extrêmes :

$$F(x) = \exp(-\exp(-(x-x_0)/a))$$

$a = \frac{0,6}{p} \cdot s_x$ paramètre d'échelle (gradex)

$x_0 = m_x - 0,455 \cdot s_x$ paramètre de forme (mode)

m_x, s_x moyenne et écart-type de la population

Loi Somme de deux exponentielles :

$$a = \sqrt{6/\pi} \times \sigma_x \quad \text{paramètre d'échelle (gradex)}$$

$$x_0 = \mu_x - 0.455 \times \sigma_x \quad \text{paramètre de forme (mode)}$$

μ_x, σ_x moyenne et écart-type de la population

La distribution de toutes les pluies y compris les valeurs nulles (loi ajustée sur toutes les pluies successives de durées comprises entre 4 heures à 72 heures) :

$$F(x) = 1 - a'e^{-x/a} - b'e^{-x/c}$$

$$a = 1/CV^2 \quad \text{vérifiés expérimentalement}$$

$$1 - F(0) = a + b \quad \text{des valeurs non nulles}$$

$$a = \frac{\mu}{\alpha + \beta} \left(\sqrt{\frac{\beta}{\alpha} \left[\frac{\alpha + \beta}{2} (1 + CV^2) - 1 \right]} \right) \quad \text{le gradex des valeurs fortes}$$

$$c = (\mu - a \times \alpha) / \beta \quad \text{pente des valeurs faibles (paramètre très inférieur à a)}$$

$$CV = \sigma / \mu \quad \text{coefficient de variation}$$

La méthode du Gradex vise à estimer des débits de crue à partir des pluies, correspondant à des périodes de retour très élevées: supérieures à 100 ans. Cette méthode concerne des bassins versants de superficie moyenne

Cette méthode repose sur deux hypothèses fondamentales: -Une hypothèse probabiliste. -Une hypothèse déterministe.

A-HYPOTHESE PROBABILISTE :

La fréquence des pluies est à décroissance asymptotiquement exponentielle (du type $\exp(-p)$) qui se traduit sur le graphique de GUMBEL par une droite de pente "a" :

-Explicitons cette hypothèse :

En considérant la plus forte hauteur pluviométrique sur un intervalle de temps d'une période calendaire quelconque de l'année, il est couramment admis que cette variable aléatoire a une fonction de répartition qui tend pour les fortes valeurs de p vers la forme:

$$F(p) = 1 - \exp(-u)$$

Avec

$$u = (p - p')/a$$

a et p' étant des constantes positives.

Par ailleurs une loi fréquemment utilisée pour modéliser la distribution des maxima pluviométriques est la loi de GUMBEL, dont la fonction de répartition est de la form :

$$F'(p) = \exp(-\exp(-u))$$

En exprimant le développement en série de cette expression nous obtenons :

$$F'(p) = 1 - \exp(-u) + 1/2 (\exp(-u))^2 \dots$$

Ainsi lorsque p tend vers l'infini on a :

$$F'(p) \rightarrow F(p)$$

Ceci implique que sur "le papier à graduation de GUMBEL" gradué en abscisse selon la variable u avec report des valeurs F(p) et F'(p) en ordonnée, F(p) est asymptotique à F'(p)

L'équation de l'asymptote est:

$$u = (p - p')/a$$

Ou encore :

$$p = a.u + b$$

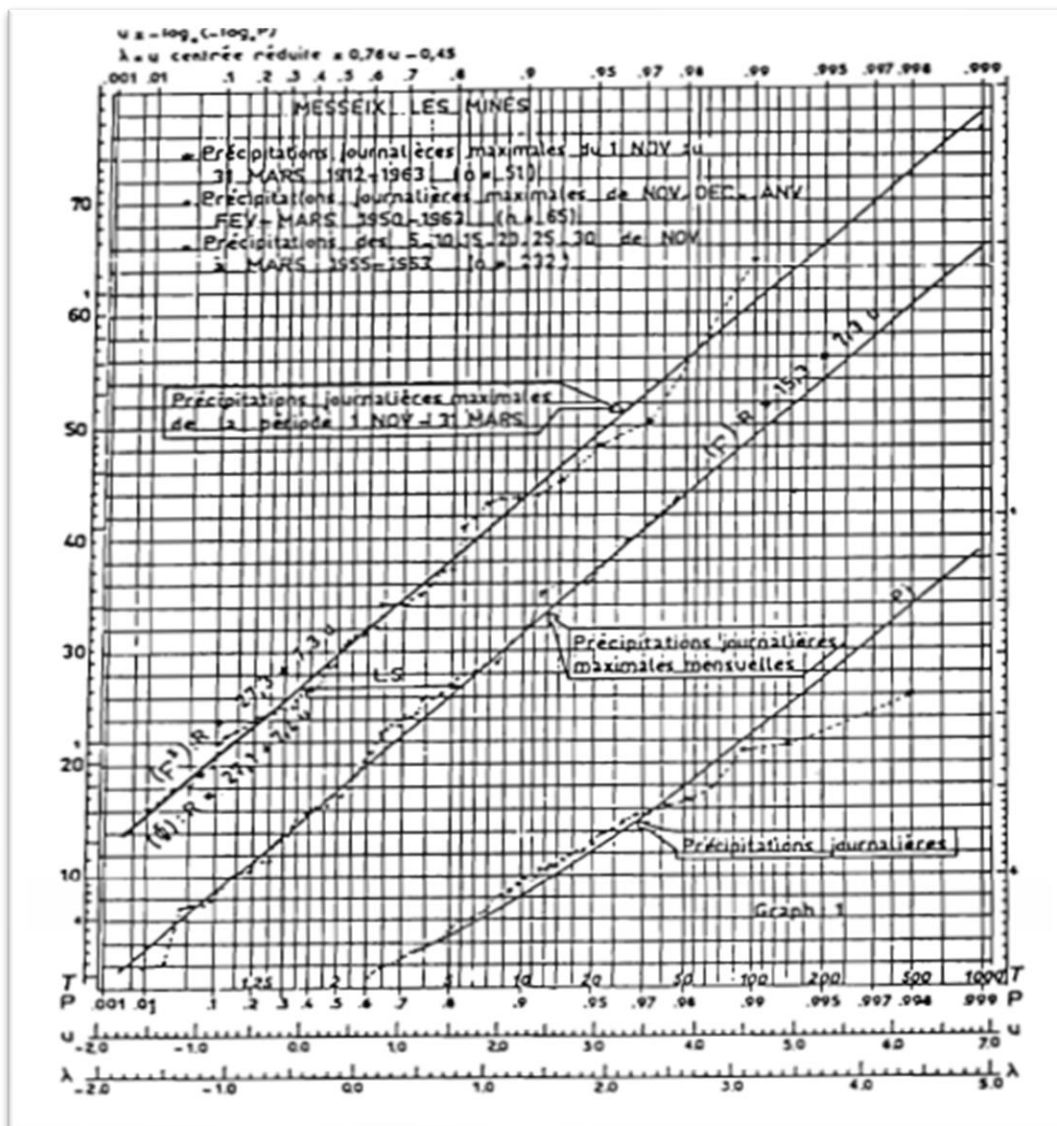


Figure 1: (GUILLOT & DUBANO)

L'adéquation de cette loi est conforme aux observations de précipitations maximales sur plus de 300 stations en divers régions de France. Ces observations ont été effectuées pour les différentes saisons de l'année (GUILLOT & OUBANO) .

D'autre part l'étude de HERSHFELD & KOHLER (1960), selon GUILLOT & OUBAND a montré que la loi de GUMBEL ajustée sur les maximums annuels constitue un bon modèle pour extrapoler jusqu'aux pluies extrêmement rares.

Le paramètre "a", baptisé "GRAOEX" par GUILLOT & OUBAND (ce qui correspond à "gradient de l'exponentielle" ou "gradient des valeurs extrêmes") est égal à la pente de la droite de GUMBEL.

Sa valeur est fournie par la série d'observations pluviométriques. Il dépend de la situation géographique et de la saison.

B-HYPOTHESE DETERMINISTE :

En période de hautes eaux. Quand on s'approche de la saturation du bassin, tout accroissement dp de la précipitation produit un accroissement dQ du débit qui tend à devenir égal à dp .

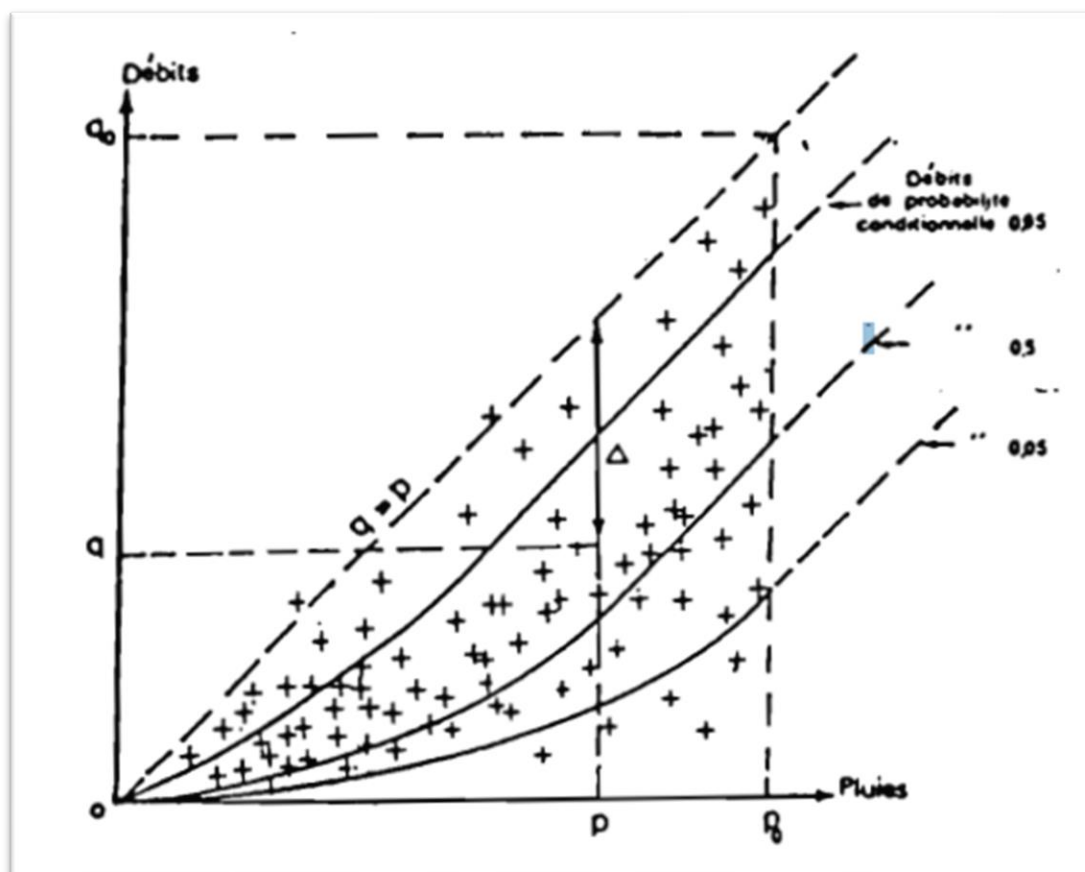


Figure 2: (GUILLOT & DUBAND)

Explicitement :

La position de chaque "courbe quantique" et sa forme limite traduit un certain état d'humidité initiale du sol. Le déficit d'écoulement $H_p(Q)$ a une répartition liée à p par les quantiles (5%, 10% ... 95%) qui sont aléatoires et représentent le pourcentage de la pluie ruisselée vers l'exutoire.

Ainsi, selon GUILLOT & DUBANO Le débit ruisselé Q , engendré par les précipitations P , peut suivre plusieurs trajets différents. Lorsqu'on s'approche de la saturation du bassin, tout supplément de précipitation tend à se retrouver intégralement dans le débit. Ceci se traduit sur le graphique par le redressement des différentes courbes quantiles qui deviennent

asymptotiquement parallèles à la première bissectrice. La distribution liée $H_p(Q)$ tend à devenir homoscédastique. Les débits engendrés seront infiniment grands, du même ordre que les pluies génératrices et leur fonction de répartition $G(Q)$ sera alors semblable à celle des pluies extrêmes $F(p)$ d'où une extrapolation possible de la distribution des débits parallèlement à celle des pluies (suivant une droite de pente "a" le Gradex des pluies). Cette droite nous permet d'estimer les débits de période de retour élevée.

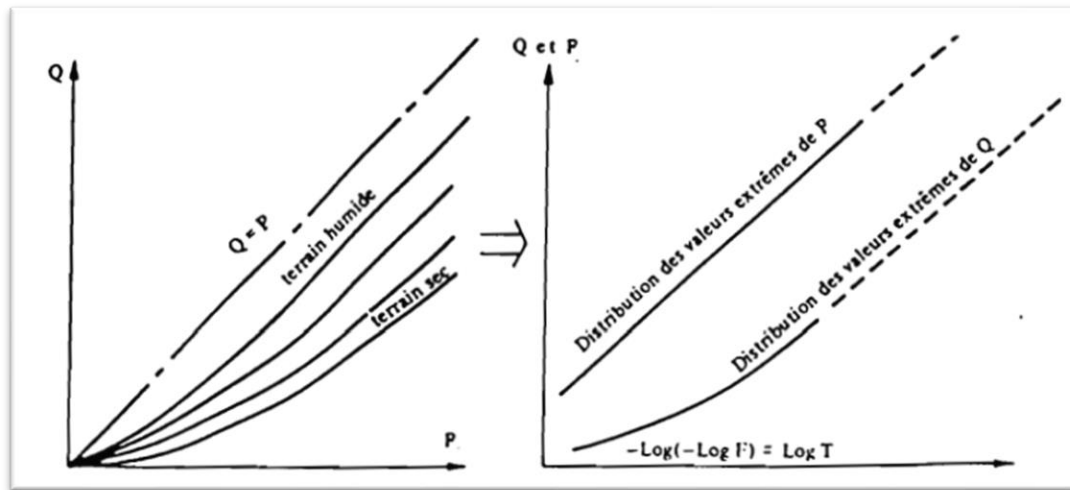


Figure 3: (GUILLOT & DUBANO)

REMARQUE :

Nous avons préféré employer le terme "déficit d'écoulement" là où les auteurs de la méthode utilisent l'expression "rétention du bassin versant". Car le terme "rétention du bassin versant" nous paraît trop restrictif. La différence entre pluies et débits telle qu'elle ressort de la méthode du Gradex, est une combinaison statistique complexe des facteurs suivants :

- Rétention par le sol et le sous-sol.
- Evapotranspiration.
- Report d'une partie de l'écoulement hors de l'intervalle de temps considéré.
- Vitesse d'infiltration dans le sol pour les fortes intensités.

En conclusion de ce chapitre nous pouvons dire que la méthode du Gradex présente les avantages suivants :

-Sa mise en œuvre est rapide.

-Elle s'appuie sur l'information pluviométrique, beaucoup plus importante que l'information hydrométrique en termes de stations années, et dont on connaît mieux le comportement asymptotique.

Toutefois. Nous retenons la conclusion de GUILLOT & DUBAND : "la poursuite de l'application de la méthode du Gradex sera l'occasion d'éclaircir et d'assurer des points d'appui" ...

APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE DU GRADEX :

"La méthode du Gradex exige des précautions, et ne peut être simplement considérée comme l'application d'une recette valable en toutes circonstances".

En commentant par ces termes la méthode du Gradex le CTGREF a jugé bon de présenter une note sur la méthode et sur ses applications (CTGREF), dans laquelle il essaye d'apporter des précisions concernant certains points qui demandent à être plus développés.

A ce sujet d'autres notes ont suivi :(8EN ZVI : 1, 8ERAN : 2, GUILLOT : 6 - 7 - 12, MASSON: 9). C'est la synthèse de ces différentes notes que nous développons dans le présent chapitre. Nous avons retenu les points qui nécessitent un développement plus approfondi par rapport à l'exposé théorique sur la méthode, du chapitre précédent.

Nous examinerons tour à tour :

- La mise en œuvre de la méthode du Gradex.
- Les perspectives envisageables pour son domaine d'application.

A-MISE EN OEUVRE DE LA METHODE DU GRADEX :

Il ressort des différentes notes citées auparavant, que pour la mise en œuvre de la méthode du Gradex la "réflexion" sur les points suivants s'impose :

- Le choix du pas de temps à adopter.
- Le passage de la pluie ponctuelle à la pluie moyenne d'un bassin.
- Le passage du débit journalier maximal annuel au débit de pointe.
- La coïncidence de la loi des débits $G(Q)$ avec la série des valeurs extrêmes des débits observés.
- L'estimation du paramètre "a" gradient des valeurs extrême.

1-CHOIX DU PAS DE TEMPS :

D'après la note du CTGREF plusieurs utilisateurs de la méthode adoptent une valeur de l'ordre du temps de concentration T_c . Les auteurs de la méthode semblent recommander un temps plus court, légèrement supérieur au temps de montée.

A propos de temps une question se pose :

"Quel est le découpage de temps à effectuer ?". Faudrait-il relever les hauteurs pluviométriques dans des intervalles fixes, ou dans des intervalles variables choisis de telle façon que l'on obtienne la plus grande valeur possible.

La première solution risque de couper une averse exceptionnelle en deux.

La deuxième, n'est applicable que lorsqu'on dispose de relevés pluviographiques sur le bassin considéré.

2-PASSAGE DE LA PLUIE PONCTUELLE A LA PLUIE MOYENNE D'UN BASSIN VERSANT :

La distribution des pluies extrêmes n'est connue que ponctuellement, et pas toujours aux endroits les plus intéressants pour l'hydrologue. Par ailleurs la variable qui conditionne réellement l'écoulement est la pluie moyenne tombée sur le bassin.

Il faut donc disposer d'une méthode permettant de déduire les paramètres caractéristiques de cette pluie moyenne à partir de ceux de la pluie ponctuelle.

La solution rigoureuse de ce problème est particulièrement complexe car elle met en œuvre des compositions de lois statistiques essayant de respecter la structure spatiale de la pluie. Les auteurs de la méthode font deux hypothèses qui leur permettent d'estimer le Gradex de la pluie moyenne de façon approchée :

- La pluie moyenne reçue par un bassin versant semble avoir elle aussi une fréquence à décroissance exponentielle. Cette hypothèse est toutefois contestée par d'autres auteurs (BERAN, CTGREF).
- Les précipitations moyennes sur un bassin versant, où les précipitations sont fortement corrélées entre elles, a pour Gradex la moyenne des Gradex sur le bassin.

La détermination de la moyenne pluviométrique d'un bassin versant, n'est pas un problème spécifique à la méthode du Gradex, il constitue pour la plupart des travaux en hydrologie une difficulté de taille, ceci malgré les nombreuses méthodes déjà existantes. De la méthode de THIESSEN jusqu'à plus récemment la méthode du KRIGEAGE, on conçoit aisément que les résultats obtenus par les différentes techniques ne sont qu'une simulation du phénomène pluvieux considéré. Cette simulation étant plus ou moins proche de la réalité de l'événement suivant que la méthode est plus ou moins simplifiée.

3-PASSAGE DU DEBIT JOURNALIER MAXIMAL ANNUEL AU DEBIT DE POINTE :

Ayant défini la fonction de répartition des débits journaliers maximaux annuels, il serait intéressant de pouvoir passer au débit instantané de pointe qui est l'information essentielle.

Seulement il se trouve que Le rapport $R = \text{débit de pointe} / \text{débit moyen journalier maximal}$, ainsi défini n'est pas corrélé avec le débit.(GUILLOT & DUBANO).

GUILLOT & DUBANO, après examen d'échantillons de crues, pour certaines rivières de bassins montagneux de l'ordre 1000 km², trouvent que le rapport R est compris entre 1,2 et 1,8 avec en moyenne R de l'ordre 1,4. Aussi proposent-ils de déduire la distribution du débit de pointe de celle du débit moyen journalier maximal par une affinité de R , R étant le coefficient de passage. Plusieurs auteurs considèrent toutefois cette solution comme provisoire faute de mieux (BEN ZVI : 1, BERAN : 2, CTGREF : 3)

4-COINCIDENCE DE LA LOI DES DEBITS G(Q) AVEC LES SERIES DES VALEURS EXTREMES DES DEBITS OBSERVER :

La loi des valeurs extrêmes de pluie considérées sur un pas de temps donné s'obtient à l'aide de quelques dizaines d'années d'observations.

Par contre on dispose rarement de longues séries de débits (30 ans, 40 ans ...) pour constater la coïncidence de $G(Q)$ estimée par la méthode avec la loi des plus forts débits observés.

Nous avons vu au (chapitre 1, paragraphe 8) que les quantiles empiriques ont une dispersion d'échantillonnage importante, surtout vers les grandes valeurs. Or ces valeurs sont prépondérantes dans le calcul de la distance entre la fonction de répartition des pluies $F(p)$ et celle des débits $G(Q)$, qui correspond au déficit d'écoulement.

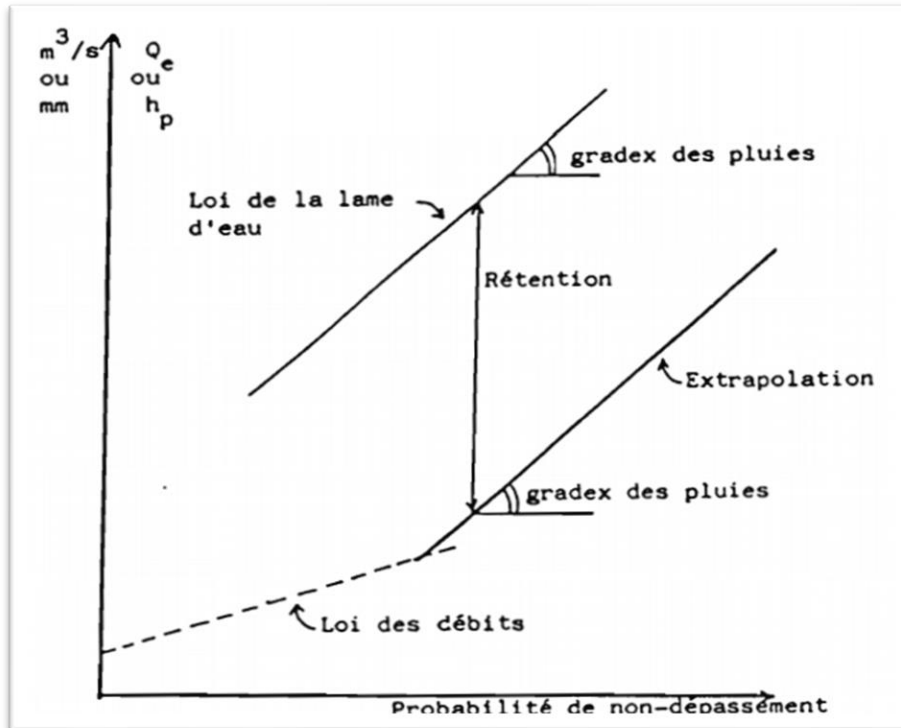


Figure 4: (MASSON)

Toutefois l'incertitude qui apparaît ici n'entache que l'ordonnée à l'origine de la fonction $G(Q)$, la pente "a" de la droite restant la même, ce qui fait dire aux auteurs de la méthode que cette incertitude est "d'importance secondaire, la mesure des pluies, qui donne le Gradex étant l'information essentielle.

5-ESTIMATION DU PARAMETRE "A" GRADIENT DES VALEURS EXTREMES :

Nous venons de le dire. le paramètre "a" constitue l'information essentielle pour la mise en œuvre de la méthode du Gradex. Ce paramètre représente la pente de la distribution des maxima pluviométriques représentés sur un papier de GUMBEL, mais aussi la pente de la droite des débits extrêmes à partir de laquelle on fait l'estimation des débits de période de retour élevée. On conçoit alors que cette estimation est d'autant plus correcte que l'estimation du Gradex "a" l'est aussi.

Ce paramètre varie en fonction de l'espace et de la saison :

a) Variation spatiale du Gradex :

Le Gradex "a" est un paramètre climatique, il a la dimension de la pluie : on l'exprime en "millimètres".

Les auteurs de la méthode recommandent de cartographier le Gradex car il "caractérise le risque de crue extrême". Ces risques sont évidemment différents suivant la région considérée, et les variations géographiques du Gradex sont importantes. En France le Gradex est estimé à environ 8 mm à l'ouest, et passe à 80 mm sur le sud des Alpes.(GUILLOT & DUBAND)

b) Variation saisonnière du Gradex :

Les auteurs montrent aussi que le Gradex varie en fonction des saisons.

GUILLOT constate en particulier que la relation entre le Gradex et la durée de la pluie diffère avec les saisons.

Il met en évidence que les pluies orageuses de saisons chaudes ont un fort Gradex de pluie horaire, mais la faible corrélation entre les heures successives entraîne que le Gradex en 24 heures est à peine supérieur au Gradex en 12 heures. Au contraire en saison froide, la pluie horaire a un Gradex plus faible, mais la continuité des pluies cycloniques fait que le Gradex en 24 heures est plus élevé qu'en été, et continu à croître jusqu'à une durée de plusieurs jours.(GUILLOT)

Ceci explique la raison pour laquelle les crues orageuses d'été sont les plus dangereuses dans les petits bassins, alors qu'au contraire les grandes crues ont lieu en automne et en hiver dans les bassins de quelques milliers de km² qui ont une durée de l'hydrogrammes de quelques jours.

Donc il faudrait non seulement faire la cartographie du Gradex, mais aussi tenir compte des saisons afin de grouper les mois où le Gradex est stationnaire.

B-PERSPECTIVES ENVISAGEABLES POUR LE DOMAINE D'APPLICATION DE LA METHODE :

Dans l'introduction de la méthode du Gradex (Chapitre deux), nous avons défini un certain domaine d'application pour celle-ci.

Nous avons dit que la méthode du Gradex était valable pour des bassins versants :

- De régions climatiques tempérées et homogènes.
- De superficie moyenne, pouvant aller jusqu'à 5000 km² environ.
- Le terrain étant relativement imperméable.

Nous allons examiner tour à tour ces trois conditions dans le but de mieux comprendre les limites de la méthode et de voir s'il y a des possibilités de les dépasser, afin d'accorder à la méthode un domaine d'application qui soit le plus large que possible.

1-VALIDITE DU COMPORTEMENT EXPONENTIEL DE LA FREQUENCE DES PRECIPITATIONS POUR D'AUTRES TYPES DE CLIMATS :

HERSHFIELD & KOHLER (1960), ont constaté que la loi de GUMBEL ajustée à la distribution de la pluie maximale de l'année (ou d'une saison) défini sur un pas de temps donné, fournit une estimation expérimentale valable de la fréquence des pluies extrêmement rares (GUILLOT).

Toutefois, il ressort de la note du CTGREF que cette hypothèse est contestée par certains hydrologues pour les climats des régions proches de l'équateur (du type Equatorial, Tropical, aride, semi-aride etc...) en particulier pour les régions susceptibles d'être affectées par les cyclones .

En effet, pour ces types de climats, les régimes pluviométriques sont rarement homogènes (RODIER). L'irrégularité saisonnière, l'irrégularité interannuelle, et les précipitations exceptionnelles (pluies orageuses, tornades etc...) font qu'il est difficile parfois d'ajuster une loi de probabilité à la série des valeurs extrêmes de pluies observées.

D'autre part, la faible taille des échantillons de pluies observées constitue aussi un handicap pour l'ajustement d'une loi donnée.

2-APPLICATION DE LA METHODE AU GRANDS BASSINS VERSANTS :

Pour de grands bassins versants de l'ordre de plusieurs milliers de km², les auteurs proposent de décomposer les bassins de grande superficie en sous bassins auxquels ils appliqueraient indépendamment la méthode du Gradex, et dont ils recomposeraient ensuite les résultats.

Mais selon la note du CTGREF, la répartition spatiale des phénomènes constitue déjà un "sérieux problème" exemple le passage de la pluie ponctuelle à la pluie moyenne sur le bassin versant (Chapitre trois - paragraphe A - partie 2) qui ne peut que se compliquer si on envisage des phénomènes exceptionnels ; passage du débit moyen journalier au débit de pointe, entre autres

Selon (MASSON), l'application de la méthode à des sous bassins doit être complétée par "une loi de probabilité multiple décrivant la simultanéité des événements et prendre en compte les temps de transferts et les possibilités de stockages intermédiaires".

3-VALIDITE DE LA METHODE DU GRADEX AUX BASSINS PERMEABLES :

GUILLOT & DUBAND recommandent d'affecter la méthode à des bassins relativement imperméables, car le problème posé selon (MASSON), c'est que les possibilités de stockage

sont telles qu'il est difficile de trouver un intervalle de temps dt qui fasse correspondre la pluie et son écoulement.

Il reste à savoir si une corrélation entre la pluie, et le déficit d'écoulement, peut être mise en évidence. Dans le déficit d'écoulement, on tiendrait compte des paramètres de géomorphologie du terrain, du couvert végétal, du stock hydrique du sol etc... Ceci nous permettra peut-être de mieux envisager l'application de la méthode suivant la perméabilité du terrain, ou encore d'estimer d'une manière plus évidente la distance entre la distribution des pluies $F(p)$ et la distribution des débits $G(Q)$; c'est à dire le déficit d'écoulement

Etude des Précipitations :

Estimation de la lame d'eau précipitée :

Pour la détermination de la lame d'eau moyenne précipitée d'un bassin versant, il existe plusieurs méthodes d'évaluations. Quatre méthodes sont très souvent utilisées pour calculer la moyenne pluviométrique d'une région :

- La moyenne arithmétique ;
- La méthode de Thiessen;
- La méthode analytique ;
- La méthode des isohyètes.

Dans notre cas, nous avons utilisé la méthode de la moyenne arithmétique.

La moyenne arithmétique :

Si la pluie est répartie de façon relativement homogène, si la topographie n'est pas trop accidentée et si la répartition des postes est suffisamment homogène sur la région d'étude, on pourra appliquer une simple moyenne arithmétique des observations faites à tous les postes.

Il faut lui préférer des méthodes graphiques qui permettent de donner un poids différent à chacun des points de mesures. La moyenne arithmétique est calculée par la relation suivante :

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \dots$$

Avec : P_i = Précipitation au poste i

n = Nombre total de postes pluviométriques Cependant cette méthode peut donner des résultats médiocres, même dans une région de pluviosité homogène, car une averse particulière peut avoir une distribution spatiale hétérogène.

Etude statistique des données :

L'analyse statistique est l'ensemble des méthodes scientifiques à partir desquelles on recueille, organise, résume, présente et analyse des données qui permettent de tirer des conclusions.

Les paramètres de position :

Aussi bien appelés valeur centrale. Dans notre étude statistique, on calcule la valeur moyenne :

La moyenne :

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i$$

N: nombre des échantillons

X_i: valeur des variables.

Les Paramètres de dispersion :

Ils permettent de chiffrer la variabilité des valeurs observées autour d'une moyenne ; se sont principalement :

La variance :

$$\sigma^2 = V = \mathbb{V}(X) = \text{Var}(X).$$

L'écart type :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

N : nombre des échantillons.

X_i : valeur de variable.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

La zone d'étude s'étale sur une superficie 43750 km² et présente un périmètre de 1906,5km. Elle est caractérisée par une diversité de relief et un climat méditerranéen semi-aride, le bassin Chélif a été étudié à partir de son modèle numérique de terrain (MNT) à l'aide des systèmes d'informations géographiques présenté par le logiciel (ILWIS).

L'examen des Gradex ponctuels des 22 sous bassins d'amont en aval de la région d'étude a été appliqué, tout d'abord, aux échantillons des maximums annuels des pluies journalières ou horaires qui ont permis de calculer le paramètre (a) des distributions de Log normale ou Gumbel aux diverses stations pluviométriques (a = pente ou Gradex), ensuite on a appliqué la méthode du Gradex, au pas de temps journalier ou horaire, à toutes les stations de jaugeage disponibles (relativement en faible nombre et avec de faibles durées d'observation).

Le point pivot a été pris à T = 20 ans. Le passage du débit moyen journalier Qm (T) au débit de pointe Qp(T) s'opère en considérant le ratio 28 Etude des crues dans le bassin du Cheliff (Application de la méthode du Gradex) moyen Qp/Qm fourni par un échantillon restreint d'hydrogrammes. (Nature & Technologie)

La difficulté majeure rencontrée dans la majorité des études hydrologiques des bassins versants en Algérie est le sous-équipement du bassin, la qualité des données et l'insuffisance d'informations temporelles et spatiales ce qui engendre un manque dans la planification, la gestion des risques naturels, la conservation des sols et de l'eau et la gestion durable des ressources naturelles des régions.

Bibliographies

ABH CZ, (2004) : Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Chéelif-aval du barrage de Boughzoul. Premier partie : Haute et moyen Chéelif , 62 p.

ABH CZ, (2004) : Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Chéelif-aval du barrage de Boughzoul . Deuxième partie : bas Chéelif et Mina, 52 p.

Achour, (1997) : Conditions hydrologiques et disponibilité en eau en région semi-aride .Thèse de doctorat d'université. Université de Franche-Comté. France.

ANRH(2004) : Annuaire hydrogéologique de la nappe alluviale du haute et moyen Chéelif.

Belayouni et al. (2013) : Paleogeographic and geodynamic Miocene evolution of the Tunisian Tell (Numidian and Post-Numidian successions): bearing with the Maghrebian chain. International Journal of Earth science 102(3): 831–855.

Boulaine, J. (1957) : Etude des sols des plaines du Chéelif. 582 p. PhD Thesis. University of Algiers, Algiers, Algeria.

Google maps : Situation géographique de la zone d'étude (Chéelif).

GUILLOT, DUBAND (1967) : la méthode du Gradex pour le calcul de la probabilité des crues à partir des pluies". Dans: les crues et leur évaluation (Actes du colloque de Leningrad) (AIHS publication n° 84. Pages 560 – 569).

GUILLOT (1973) : "Prévisions sur la méthode du Gradex. Utilisation de l'information hydrométéorologique pour l'évaluation de la crue de projet". XI ème congrès International des grands barrages (Madrid), (Q 41, R 8. Pages 131 – 136)

GUILLOT (1979) : "Evaluation des crues extrêmes dans les régions de faibles précipitations". Dans: The hydrologie of Areas of low précipitation (Proc. Cambera Symposium) (AIHS publication n 128. Pages 79 86).

GUILLOT (1981) : Le Gradex des précipitations". Dans: crues et précipitations intenses: Système d'annonce - prévisions - valeurs extrêmes (ENSH, Fascicule 4). (Pages 1 – 3).

Huft (2001) : Introduction à la climatologie: Le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. The presses of Laval University, Québec, Canada.

Mattauer M (1958) : Etudes géologiques de l'Ouarsenis oriental (Algérie).Thèse Es-sience Paris pp 296-313.

MASSON J.M (1983) : "La loi de GUMBEL".Laboratoire d'hydrologie mathématique. USTL.

M.MEGHRAOUI et al, (1986) : Seismotectonics of the lower Chelif basin : structural background of the El-Asnam (Algeria) earthquake , Tectonics, 5, 6, 809-836.

Perrodon(1957) : études géologique des bassines néogènes sublittoraux de l'Algérie nord occidentale.

Annexes

Code station : 011715

-X : 443.95

Nom station : EL ABABSA

-Y : 318.05

-Z : 320

1972	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	2	5.5	11.1	16.5	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	3	0	3.5	11.5	0	0	0	6	0	0	
3	0	1.5	0	5	0	2	0	0	0	4	0	0	
4	0	0	0	0	0	28.9	0	0	0	2.7	0	0	
5	15.5	0	0	0	2.3	0.2	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	2.4	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	15.5	0	0	2.2	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	2.7	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	16	0	0.2	0	0	1.1	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	10.3	0	0	0	0	0	0	
11	0	11	0	13.8	0	0	16.1	0	0	0	0	0	
12	0	5.5	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	
13	0	16.5	0	0.5	3.3	8.2	0.5	0	0	0	0	0	
14	0	5.5	0	0	1.9	8.5	0	0	0	0	0	0	
15	20.2	22	0	0	1.3	13.8	0	0	0	0	0	0	
16	0	22	0	0	4.9	26.2	0	4.5	0	8	0	0	
17	0	2.5	0	0	4.5	0	0	7.6	0	0	0	0	
18	0	2.5	0	0	6.8	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	2	0	0	0	6.2	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	2.3	0	0	5.2	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	1.5	0	0	15.6	0	0	0	0	
23	0	5.5	0	1.5	0	0	7.4	0	0	0	0	0	
24	0	8.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	10.1	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	6.4	0	0	0	0	0	
27	45.5	0	7.7	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	5.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	8.8	32.4	0	0		0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	5.2	0		7.7	0	0	0	0	0	
31		0		0.8	3		0		0		0	0	
PJ max (mm)	45.5	22	32.4	13.8	11.1	28.9	16.1	15.6	0	8	0	0	45.5
Jour du max	27	15	29	11	1	4	11	22	1	16	1	1	27.9

Nbre jour pluv.	3	15	5	9	16	11	7	5	0	4	0	0	75
Totaux (mm)	81.2	131.6	61.1	38.7	53.9	132.3	55.2	34	0	20.7	0	0	608.7

1973													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0	0	
2	0	0	0	9.6	0	0	0	4.4	0	0	0	0	
3	0	0	0	31.8	0	1	4.3	10.5	0	5	0	0	
4	0	0	0	3.5	0	0	3	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1.5	0	0	
6	0	0	0	0	0	8.5	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0.5	5	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	3.2	0	8.9	0	0	0	0	
13	0	0	0	2.5	0	12	2.7	7.7	0	0	0	0	
14	0	0	1	0	0	0.3	1.1	6	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	4.2	0	5	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0.5	18.1	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	10.4	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0.5	0	3.1	0	0	0	5	0	0	
20	0	0	0	7	0	3.5	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	1.1	0	5.7	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	3.2	0	10.6	0	0	0	0	
23	1.2	0	0	0.8	0	9.9	0	0	0	0	0	0	
24	11.8	0	0	8	0	6	3.3	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	8.2	0	1	5.3	0	0	0	0	0	
26	0	0	1.7	0	0	0	0	6	0	0	0	0	
27	0	0	4.2	0	0	0	5	2.5	0	0	0	0	
28	0	0	0	4.9	0	0	21.1	8.6	0	0	0	0	
29	0	0	0	7.4	0		26.7	29.8	1.5	0	0	0	
30	0	0	0	10.4	0		9.7	0	0	0	0	0	
31		0		0	0		0		0		0	0	

PJ max (mm)	11.8	0	4.2	31.8	0.5	18.1	26.7	29.8	1.5	5	0	0	31.8
Jour du max	24	1	27	3	11	17	29	29	29	3	1	1	3.12
Nbre jour pluv.	2	0	3	13	2	18	11	11	1	4	0	0	65
Totaux (mm)	13	0	6.9	95.7	1	104.1	83.3	100	1.5	13.1	0	0	418.6

1974

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	1.5	5	0	0	0	0	2	
3	0	0	0	0	0	2	1.7	0	0	0	0	0	
4	0	0	10.5	0	0	0	4	0	1	0	0	0	
5	0	0	5.9	0	0	0	10.9	0	1.5	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	7.2	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	5.1	0	0	12.7	0	0	
11	0	0	0	0	0	5.5	0	0	5.5	0	0	0	
12	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	4.1	0	0	0	4	1.5	0	0	0	0	0	
14	0	9	0	0	0	16	1	0	0	0.5	0	0	
15	0	0	0	0	1.5	4.1	0	0	0	0	0	0	
16	0	3.6	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	
17	0	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	15.4	0	0	3.5	0	12.2	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	4.9	0	16.7	0	0	0	0	0	
20	7.5	0	0	0	0	0	11.2	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	3.5	25.5	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	9.8	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	2	0	
28	2.2	0	0	0	0	0	0	34.7	0	0	2	0	
29	3.3	2.5	0	0	0		2	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0		0	0	1	0	0	0	
31		0		0	0		0		0		0	0	

PJ max (mm)	7.5	15.4	10.5	0	4.9	16	16.7	34.7	8	12.7	2	2	34.7
Jour du max	20	18	4	1	19	14	19	28	27	10	27	2	28.4

Nbre jour pluv.	3	8	3	0	4	7	14	5	6	2	2	1	55
Totaux (mm)	13	45.8	26.2	0	10.9	38.1	83	68.7	19	13.2	4	2	323.9

1975													annuel
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	
1	0	0	1.4	6.1	0	3.5	0	0	27.1	0	0	0	
2	0	0	13	0	0	16.8	0	0	2.1	0	0	0	
3	0	0	7.6	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	9.6	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0.5	0	0	4.9	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	3.6	0	0	15.1	0	0	3.3	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	3.4	0	0	16	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	4.9	10.4	1.4	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	1.5	0	1.5	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	4.2	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	2.3	0	0	1.5	1.5	0	0	0	0	
13	0	0	0	1.2	0	0	4.5	0	4	0	0	0	
14	0	0	0	2.7	0	10.1	0	0	3.4	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	3.4	0	0	0	0	
16	0	7	8.2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	
17	0	0	9.3	5.6	0	0	0	1.1	0	0	4.8	0	
18	0	0	3.2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	16.3	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	1.4	0	5	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	4	0	0	0	6	0	0	0	
26	0	0	2.3	0	5.3	0	0	0	9.7	0	0	0	
27	0	0	6.9	0	7.3	0	0	5.7	1.9	0	0	9.2	
28	0	0	0	0	10.3	0	0	0	0	0	0	5.2	
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.6	0	0	
30	0	0	0	0	0		0	4.2	0	0	0	0	
31		0		0	21.8		0		0		0	0	

PJ max (mm)	0	7	13	16.3	21.8	16.8	10.4	5.7	27.1	7.6	4.8	9.2	27.1
Jour du max	1	16	2	20	31	2	9	27	1	29	17	27	1.5
Nbre jour pluv.	0	1	11	8	5	12	4	9	9	1	2	2	64

Totaux (mm)	0	7	64.3	38.1	48.7	76.4	19.4	24.5	73.5	7.6	5.1	14.4	379
-------------	---	---	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	------	-----

1976													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	24	0	0	0	0	0	0	5.2	0	-999	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	6.6	14.8	-999	0	
3	0	0	0	5.3	0	2	0	0	0	0	-999	0	
4	0	0	8	0.9	0	0	0	0	1.2	0	-999	0	
5	0	0	0	5.6	2.1	0	0	0	0	0	-999	0	
6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	-999	0	
7	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	-999	0	
8	0	0	0	0	8.2	0	0	0	0	0	-999	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	0	
11	1	5.1	7.1	0	0	1.5	1.5	0	0	0	-999	0	
12	0	8.2	0.2	0	2	8.5	0	0	0	0	-999	0	
13	0	0	0	0	0.9	2.5	0	0	0	0	-999	0	
14	0	9.4	0	0	0	11.4	0	0	0	0	-999	0	
15	0	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	0	
16	0	0.6	1.2	0	0	0	0	8.1	5.4	0	-999	0	
17	0	0	9.9	0.7	0	0	0	0	8.8	0	-999	0	
18	0	0	0.4	0.7	0	0	0	14.2	3.9	0	-999	0	
19	0	0	0.9	6.5	0	0	0	13.5	2.6	0	-999	0	
20	0	0.3	0	1.9	0	0	0	4.4	0	0	-999	0	
21	0	0	5	9.5	0	0	0	0	0	0	-999	0	
22	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	-999	0	
23	0	3	0	0	14.9	0	0	0	0	0	-999	0	
24	0	12.5	0	8.6	1.6	0	0	0	0	0	-999	0	
25	0	4.3	0	9.1	0	0	0	0	0	0	-999	0	
26	0	15.3	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	0	
27	0.2	1.7	0	0.9	0	0	0	0	0	0	-999	0	
28	9.6	24	0	2.2	0	0	0	1	0	0	-999	7.4	
29	0	0	0	0	1.5		10	0	0	0	-999	0	
30	31.5	8.6	0	0	1.2		0	0	0	0	-999	0	
31		1.2		3.1	2		0		0.9		-999	0	

PJ max (mm)	31.5	24	9.9	9.5	14.9	11.4	10	14.2	8.8	14.8	0	7.4	156.4
Jour du max	30	1	17	21	23	14	29	18	17	2	0	28	200
Nbre jour pluv.	4	15	8	14	11	5	2	5	8	1	0	1	74

Totaux (mm)	42.3	122.7	32.7	58	37.9	25.9	11.5	41.2	34.6	14.8	0	7.4	429
-------------	------	-------	------	----	------	------	------	------	------	------	---	-----	-----

1977													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	0	3	7.9	3.1	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	24.5	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	12.7	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0.3	0	0	22.8	8.5	1.2	1.4	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	7.3	6.8	0	0	0	0	
6	0	0	6.3	0	0	0	3.1	10.5	2.2	0	0	0	
7	0	3.3	5.5	2.5	0	0	0.3	4.2	0	0	0	0	
8	0	0	0	20	0	0	0	1.2	0	0	0	0	
9	0	0	0	13.6	0	3.5	0	0	1.5	0	0	0	
10	0	0	0	1.5	0	1.5	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	9.4	3.5	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	10.9	4.4	0	6.6	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0.5	0	2.2	0	0	0	0	
14	0	0	0	0.5	0	0	0	1.2	0	0	0	0	
15	0	0	0	0.7	0	0	0	1.6	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	3.3	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	1.5	0	0.8	0	0	0	0	0	
18	2.9	0	0	0	8.1	0	1.1	0	0	0	0	0	
19	0	0	0.5	0	19	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0.5	0	0	8.6	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	3.7	1.2	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	15.1	0	2.2	0	0	0	0.5	0	0	0	
23	0	0	6.3	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	
24	0	0	2.5	0	0	1.2	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	4	0	0	25.4	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	12.8	0	0	0	
28	0	0	0	0	10.4	2	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	1.5		1.2	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	3.6		1.5	0.5	0	0	0	0	
31		0		0	2.4		0		5.8		0	0	
PJ max (mm)	2.9	3.7	15.1	20	19	4.4	22.8	24.5	25.4	1.4	0	0	25.4
Jour du max	18	21	22	8	19	12	4	2	25	4	1	1	25.5

Nbre jour pluv.	1	3	7	7	13	8	10	12	9	1	0	0	71
Totaux (mm)	2.9	7.5	37.4	39.1	82.4	20.6	53.8	75.7	53.6	1.4	0	0	374.4

1978													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	38.5	0	0	0	0	36.4	0	0	0	0	0	
2	0	7.9	0	0	5.9	9.2	27.2	0	0	0	0.6	0	
3	0	0	0	0	0	3.9	0	0.7	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	3	0	7.3	0.6	0	0	
6	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	11.4	0	0	0	1.6	0	0	0	
9	0	0	0	0	11.5	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
11	0	0	0	1.5	0	1.2	0	1.7	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	5.8	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0.5	0	0	
14	0	0	0	0	0	2.6	2.6	7.5	0	2.5	0	0	
15	0	0	0	0	0	9.7	1.9	3.1	0	0	0	0	
16	0	7.4	0	0	0	8.8	0	0	0	0	0	0	
17	0	28.4	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	9.4	0	7.5	1.5	0.6	0	0	0	0	0	0	
19	0	23.4	0	3	7.2	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	6.4	9	16.7	1.7	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	6.8	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	4.7	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	12.7	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0.5	0	1.7	4.7	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	14.2	0	0	0	0	0	0	6.5	0	0	
27	0	0	6.7	0	0	2.2	0	0.6	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	15.6	2.5	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0.6		1.8	0	0	0	0	0	
30	0	0	3.8	0	0		0.5	0	2.6	0	0	0	
31		0		0	0		1.1		0		0	0	
PJ max (mm)	0	38.5	14.2	7.5	11.5	16.7	36.4	7.5	7.3	6.5	0.6	0	38.5
Jour du max	1	1	26	18	9	21	1	14	5	26	2	1	1.1

Nbre jour pluv.	0	7	4	5	11	14	10	7	3	4	1	0	66
Totaux (mm)	0	117.3	25.2	19	58.6	98.4	78.7	16.2	11.5	10.1	0.6	0	435.6

1979													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	7	0	0.8	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	10.4	0.6	4	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	25.1	0	0.6	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	2.6	0	0.4	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0.9	0.9	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	9.3	0	0	0	0	0	
9	0	0.8	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	2.4	0.8	0	17.6	9.4	0	0	0	0	0	0	
11	0	5.5	0	0	19.6	1.1	1.6	0	9.9	0	0	0	
12	0	0.6	0	0	3	0	3.5	0	1.1	0	0	0	
13	0	0	0.6	0	1	0	0.6	0	0	0	0	0	
14	0	0	5.3	0	0	0	9.1	7.1	0	0	0	0	
15	0	0	6	0	42.4	0	3.2	6.8	0	0	0	0	
16	0	1.2	7.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	3.4	11.5	0	1.9	0	1.4	18.7	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	9.1	0	0	0	0	0	
19	21.8	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0.6	
20	6.3	0	7.2	1.7	1.1	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	22.9	0	0	0.6	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	1.1	0	0	3.7	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	23.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	17.1	0	1.4	0	1.7	0	0	0	0	0	0	
27	0	5.3	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0	0	
28	0	1.2	0	0	0	0	0	10.8	0	0	0	0	
29	0	6.3	0	0	0	0	0	13.5	0	0	0	0	
30	0	5.6	0	0	0		0	8.3	0	0	0	0	
31		0		0	0		0		0		0	0	
PJ max (mm)	21.8	23.6	11.5	22.9	42.4	9.4	25.1	18.7	9.9	0	0	0.6	42.4
Jour du max	19	24	17	21	15	10	5	17	11	1	1	19	15.1

Nbre jour pluv.	2	12	7	6	8	4	15	8	7	0	0	1	70
Totaux (mm)	28.1	73	38.8	42	87.7	13.6	88.1	66.7	17.5	0	0	0.6	456.1

1980													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	13.4	0	0	0	0	
3	0	0	0.9	2.5	0	0	0	3.1	0	0	0	0	
4	0	0	7.7	0	0	2.9	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	1.2	0	
8	0	4.8	0	0	0	0	0	0	9.8	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.4	0	0	0	
11	0	3.6	0	0	2.9	6.1	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0.6	0	0.4	2.3	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	7.1	2.6	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	1.5	0	0.4	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	1.1	0	0	0	1.7	0	0	0	0	
16	0	0	0	11.3	0	10.1	16.6	1.4	0	0	0	0	
17	0	1.6	0	30.2	0	3.4	5	6.1	0	0	0	0	
18	0	0	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	29.4	0	2.4	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	1.2	0	14.8	0.5	1.7	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	5.2	0	8.7	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	14.4	0	0	0	6.9	
23	0	0	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	
24	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	5.2	0	0	0	0	3.2	0	0.6	0	0	
27	0	0	0	20.7	0	0	0	4.6	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	7.1	0		0	0	0	0	0	0	
30	0	0	6	5.7	0		1.8	4.2	0	0	0	0	
31		0		0	0		2.9		0		0	0	
PJ max (mm)	0	4.8	7.7	30.2	7.1	14.8	16.6	14.4	9.8	0.8	1.2	6.9	30.2
Jour du max	1	8	4	17	13	20	16	22	8	24	7	22	17.12

Nbre jour pluv.	0	4	6	10	5	10	7	12	3	2	1	1	61
Totaux (mm)	0	12.5	21.8	109.9	12.3	50.3	28.1	63.6	12.1	1.4	1.2	6.9	320.1

1981													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	6.8	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	3.4	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0.3	0	7.2	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0.3	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	5.5	0	0	4.2	0	0	0	
16	0	0	0	0	0.5	0	0	0.3	0.6	0	0	0	
17	0	0	0	0.3	6.2	1.5	0	8.6	0	0	0	0	
18	0	0	0	1.1	0	1.5	0	0.9	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0.7	8.8	0	5.1	0	0	0	0	
20	0	0	0	5.1	0	2.4	0	0	0	0	0	0	
21	2.8	0	0	28.9	6.5	3.9	0	0	0	0	0	0	
22	2.6	2.1	0	15.3	0	4.6	0	0	0	0	0	0	
23	0	1.9	0	0	11.4	11.3	0	0.5	0	0	0	0	
24	0	4.6	0	0.4	4.5	4.1	2.5	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	3.1	22	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	4.4	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0.6	
28	0	0	0	0	12.3	0	0	0	3.9	0	0	0	
29	0	0	0	0	0		9.6	0	5.8	0	0	0	
30	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	
31		0		0	0		7		0		0	0	
PJ max (mm)	2.8	4.6	0	28.9	12.3	22	9.6	8.6	7.2	6.8	0	0.6	28.9

Jour du max	21	24	1	21	28	25	29	17	9	2	1	27	21.12
Nbre jour pluv.	2	3	0	7	9	11	5	5	8	1	0	1	52
Totaux (mm)	5.4	8.6	0	51.4	53.2	65.9	23.8	15.4	25.8	6.8	0	0.6	256.9

1982													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	
2	3.3	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	
3	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	3.7	0	
4	0.3	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	1.1	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	
6	0	0	0	0	0	3.6	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	1.1	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0.9	0.4	0	7	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	1.4	0	0	6.9	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	2.6	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	3.1	11.3	0	3.6	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	10.9	1.2	0	8.8	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	19.1	0	0	8.5	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	7.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	2.6	0	0	0	0.4	0	0	0	0	
18	0	8.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	17.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	15.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	63.7	0	8.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	7.2	0	26.6	0	0	0	0	2.1	0	0	0	
23	0	0	0	13.3	0	0	7.9	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	5.6	0	0	13.3	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	3.3	0	0	0	0	0	
26	0	0	23.5	0.6	0	0	0	0.4	0	0	0	0	
27	0.4	0	3.2	0	0	0	0.7	0.5	0	0	0	0.4	
28	0	0	11	0	0	0	8.2	0	0	0	0	0	
29	0.9	3.4	10.7	0	0		1.4	1	0	0	0	0	
30	0	0.9	8.7	0	0		0.6	0	0	0	0	0	
31		0		0	0		0		0		0	0	
PJ max (mm)	3.3	63.7	23.5	26.6	0	8.8	13.3	2.5	2.1	0	3.7	0.4	63.7

Jour du max	2	21	26	22	1	14	24	2	22	1	3	27	21.1
Nbre jour pluv.	4	7	12	11	0	10	7	6	1	0	3	1	62
Totaux (mm)	4.9	116.5	101.2	72.9	0	43.1	35.4	5.2	2.1	0	5.4	0.4	387.1

1983													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	1.4	4.6	1.4	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	14.3	0	0	0.9	23.5	0	0	
3	0	0	0.6	0	0	0	0	1.6	7.8	0	0	0	
4	0	0	0	0	12.8	0	0	3.1	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	5.4	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0.4	3.5	0	3.4	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0.5	0	0.4	0	3.6	0	0	0	
9	0	0	0	0	10	0	0	0	2.6	0	0	0	
10	0	0	0	2.5	0.5	0	0	6.2	2.6	0	0	0	
11	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	4.2	0.4	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	13.3	0	0	20.7	0	0	0.8	0	0	
14	0	0	0	1	0	6.9	0	0	0.5	0	0	0	
15	0	0.3	0	0	0	0	0.8	8.3	4.6	0	0	0	
16	0	0	0	1.9	0	0	0.4	2.7	1.3	0	0	0	
17	0	0	17.1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	
18	0	0	5.4	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	
19	0	0	0	1.5	0	0	0	0	11.2	0	0	0	
20	0	0	1.1	0	0	0	0.6	0	8.1	0	0	0	
21	0	0	3.6	9.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	15.7	0	0.4	3.3	2.6	0	0	0	0	0	
23	0	0	35.1	0	0	11.8	0.8	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	2.4	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	11.2	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	1.3	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0.4	0	7.4	0	11.2	0	0	0	
30	0	0.8	0	0	0		0	4	20	0	0	0	
31		0		0	0		1.5		0		0	0	
PJ max (mm)	0	0.8	35.1	13.3	12.8	14.3	20.7	8.3	20	23.5	0	0	35.1

Jour du max	1	30	23	13	4	2	13	15	30	2	1	1	23.11
Nbre jour pluv.	0	3	9	8	11	6	10	7	14	2	0	0	70
Totaux (mm)	0	1.5	85.4	34.2	46.3	40.1	39.8	27.3	75.4	24.3	0	0	374.3

1984													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0.5	0	0	0.6	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	6	0	0	0.5	0	6.9	0	0	0	
3	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3	0	0	0	
5	0	0.3	5.5	0	4.1	0	5.1	0	1.6	0	0	0	
6	0	0	0	0	9.2	0	3.4	0	6	0	0	0	
7	0	0	0	0	2.4	0	0	0	1.1	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	1.9	0.5	0	0	0	0	0	
9	0	22.9	0	0	0	0	1.9	0	0	0	0	0	
10	0	29.6	10.2	0	0	11.8	3.2	0	0	0	0	0	
11	0	4.8	14.1	0	0	5.7	0.7	0	0	0	0	0	
12	0.5	0	0.6	0	0.6	0	0	0	5.9	0	0	0	
13	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	9.8	0	0	0	0	0	4.3	0	0	0	
15	0	0	11.7	0	4.2	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	1.9	0	0	0	0.6	0	0	0	
17	0	0	0	0	2.9	0	0	0	8.3	0	0	0	
18	0	0	0.5	0	0	0	0	0	12.1	0	0	0	
19	0	0	1.2	0.5	0.8	0	15.8	0	0.8	0	0	0	
20	0	1.9	0	0	0	0	7.4	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	7.2	1.2	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0.6	0	0.6	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	3.2	4.9	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	6.7	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	2.2	0	0	5.5	0	0	4.2	4.6	0	0	0	0	
29	0	0	0	5.6	0		0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	4.6	0		0	0	0	0	0	0	
31		0		0	0		0		0		0	0	
PJ max (mm)	2.2	29.6	14.1	6.7	9.2	11.8	15.8	4.6	12.1	0	0	0	29.6

Jour du max	28	10	11	27	6	10	19	28	18	1	1	1	10.1
Nbre jour pluv.	3	5	8	10	9	5	13	2	11	0	0	0	66
Totaux (mm)	3.1	59.5	53.6	33.6	31	27.2	45.8	5.2	51.9	0	0	0	310.9

1985													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0.6	4.5	0	0	0	4.6	0	0	
2	0	0	0.6	0	3.4	0.5	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	4.8	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0.6	16.2	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	8.6	6.9	9.3	37.7	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	6.2	0	4.2	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	6.2	11.8	3.9	2.6	0	0	0	0	
8	0	0	0	2.4	7.4	19.1	5.9	2.6	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0.6	0	0	10.9	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0.9	0	0	5.6	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	3.2	0	0	0	0	
13	0	0	2.8	4.2	0	0	5.5	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	1.2	9	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	21.2	0	0.6	0	0	0.4	0	0	0	0	
18	0	0	0.6	0	0	4.3	0	1.9	0	0	0	0	
19	0	0	0.7	0	0	4.1	0.5	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	1.6	3.6	0	0	0	0	0	
21	0	0	3.8	0	0	17.3	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
23	4.2	0	0	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	
25	6.3	0	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	22.5	2.4	0	0	0.6	0	0	0	0	0	4.3	0	
27	0	0	8.1	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	
28	0	5.9	0	0	1.9	0	0	0.6	0	0	0	0	
29	0	0	0	1.4	44.6		0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0.6	30.4		0	0	1.9	0	0	1.9	
31		0		3.7	11.3		0		0.5		0	0	

PJ max (mm)	22.5	5.9	21.2	8.6	44.6	19.1	37.7	3.2	1.9	4.6	4.3	1.9	44.6
Jour du max	26	28	17	5	29	8	5	12	30	1	26	30	29.1
Nbre jour pluv.	3	2	8	11	14	14	9	7	2	1	1	1	73
Totaux (mm)	33	8.3	40	31.2	116.3	99.5	82.6	12.2	2.4	4.6	4.3	1.9	436.3

1986													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	9.2	0	0	0	0	0	0	0	0	18.8	0	
3	0	15.3	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	15.9	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	17.8	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	2.3	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	16.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	5.4	2.9	0	0	1.7	0	0	0	0	
11	11.1	5.2	0	8.3	0	16.4	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0.6	0	19.3	0	0	0	0	0	0	
13	0	22.2	0	0	10	0.4	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	3.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	4.7	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	1.2	19	1.7	24.2	0	0	0	0	0	0	0	
17	0.6	0	11.8	0	12.3	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	2.1	0	0	15.7	0	0	0	4.1	0	0	
19	0.5	0	0.8	0	0	3.9	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	4.4	4	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0.5	0	23.4	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	6.1	0	0.5	0	0	1.8	0	0	0	
23	0	1.9	1.1	23.5	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	2.2	22.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0.5	0	1.5	0	12.1	0	0	0	0.6	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	
29	0	0	0	0	0		1.7	0	0	0	0	0	
30	7.6	0	0	0	48.6		3.4	0	0	0	0	0	
31		0		0	3.4		0		0		0	0	

PJ max (mm)	11.1	22.2	19	23.5	48.6	23.4	4	1.7	1.8	4.1	18.8	0.4	48.6
Jour du max	11	13	16	23	30	21	20	10	22	18	2	28	30.1
Nbre jour pluv.	4	8	6	11	9	13	3	1	3	2	2	1	63
Totaux (mm)	19.8	58.9	37	90.4	107.5	130.7	9.1	1.7	3.3	4.7	21.1	0.4	484.6

1987													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	1.9	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0.8	0	0	0.5	0.5	8.4	0.6	0	3.3	0	0	
3	0	6.9	0	0	0	0	2	0	0	11.2	0	0	
4	0	2.7	0	0.5	0	0	5.4	8.5	0	0	0	0	
5	0	0	0	1.7	0	0	26.1	8.2	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	3.7	2.2	3.8	0.9	0	0	0	0	
7	0	0.5	0.5	0	1.6	1.7	0	1.2	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	
9	0	0	0.4	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	7	4.4	0	0	0	0	0	21.4	0	0	0	
11	0	0	0	0	0.6	0	0	0	6.3	0	0	0	
12	0	0	0	0	0.7	0	0	0	1.5	0	0	0	
13	0	0	0	1.4	0	0	0	0	2.3	0	0	0	
14	0	0	31.2	2.6	0	0	0.4	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.4	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	0	0	0	
18	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0.5	0	0	0	
19	0	0	0	0	13.6	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	8.5	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	10.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	6.7	0	0	2.6	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	2.5	0	0	0	0	8.3	0	0	0	0	
26	0	0	0.7	6.5	0	0	0	4.2	0	0	0	0	
27	0	0	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	0	3.8	0	0	0	0	
29	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0.4	
31		0		4.6	0		0		0		0	0	

PJ max (mm)	1.4	7	31.2	6.5	13.6	2.6	26.1	8.5	21.4	11.4	0	0.4	31.2
Jour du max	29	10	14	26	19	24	5	4	10	16	1	30	14.11
Nbre jour pluv.	1	5	9	7	9	4	7	8	6	5	0	1	62
Totaux (mm)	1.4	17.9	59.8	20.1	31.5	7	46.4	35.7	34.6	31	0	0.4	285.8

1988													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	2.6	0	5.9	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	6.4	0	0	0	0	
3	0	0	0	1.2	0	0	0	6	0	3.1	0	21.2	
4	0	0	0	0	2.4	4.4	0	0.4	0	25	0	0	
5	0	0	0	0	1.5	4.3	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.5	0	
7	0	0	0	9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	6.1	0	5.4	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	1.3	0	0	0	0	0	0	
10	2.6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0.5	2.2	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	12.8	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	4.2	0	29.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0.6	0	0	17.3	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0.6	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	
19	0	0	3.8	0	0	0	17	3.3	0	0	0	0	
20	0	0	0	3.1	0	0	42.1	0	0	0	0	0	
21	0	0	4.2	0	0.4	0	0.5	0	3.4	0	0	0	
22	0	0	3.6	0	1.3	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	2.7	0	0.4	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	21.3	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	8.7	1.1	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	4.8	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	1.4	4	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0		4.3	6.2	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0		7.4	0	0	0	0	0.6	
31		0		0	0		0		0		0	0	

PJ max (mm)	2.6	12.8	4.2	29.6	2.4	21.3	42.1	8.7	3.4	25	7.5	21.2	42.1
Jour du max	10	12	21	13	4	24	20	26	21	4	6	3	20.3
Nbre jour pluv.	4	5	5	9	5	7	6	9	2	3	1	2	58
Totaux (mm)	4.2	26.4	14.2	76.4	6.5	44.2	72.7	36.5	4.5	28.9	7.5	21.8	343.8

1989													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	2.1	0	0	3.3	5.2	0	0	0	
2	1.4	0	0	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	
3	0	0	0	2.6	15.7	0	8.5	0	0	0	0	0	
4	0.9	0	0	0.8	3.7	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	3.5	0	0.9	0	0	4.2	0	4.1	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	2.1	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	5.2	0	0	4.3	3.1	0	0	0	
9	0	0	0	0.6	0.4	0	5.6	23.2	4.4	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	1.9	5.1	0	0	0	
11	0	0	0	0	3.8	0	0	0	1.1	0	0	0	
12	0	0	0	0	1.3	0	6.9	0	0.6	0	0	0	
13	0	0	0	0	1.1	0	0	3.5	0	0	0	0	
14	0	9	0	0	0	0	0.8	12.5	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.5	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	5.4	0	2.2	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.2	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	2.2	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	3.7	0	0	0	0	
28	0	0.4	0	0	5.2	0	0	3.2	1.6	0	0.6	0	
29	0	0	1.3	2.2	0		0	5.9	0	0	0	0	
30	6.6	0	4.6	0	0		16.7	1.1	0	0.5	0	0	

31		0		11.1	0.5		4.6		0		0	0
----	--	---	--	------	-----	--	-----	--	---	--	---	---

PJ max (mm)	6.6	9	5.4	11.1	15.7	0	16.7	23.2	5.2	4.1	19.5	21.2	23.2
Jour du max	30	14	18	31	3	1	30	9	1	5	16	21	9.4
Nbre jour pluv.	3	2	4	6	13	0	8	13	8	2	2	1	62
Totaux (mm)	8.9	9.4	14.8	18.4	42.6	0	46.7	70	22.2	4.6	20.1	21.2	278.9

1990													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	2.6	10.6	0	2.8	0	0	0	
2	13.9	4.4	0	0	0	4.8	0	0	7.2	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	0	0	0	
4	0	0	0	0	0.7	0	0	4.6	0	0	0	0	
5	0	0	0	2.1	0.3	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	2.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	
8	15.2	3.4	0	1.7	0	0.6	4.1	0	0	0	0	0	
9	0	0	16.4	18.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	6.8	0	2.8	0	0	0	3.4	0	6.5	
11	0	0	0	17.2	0	2.3	0	0	0	0	0	2.6	
12	0	0	0	0	3.8	1.3	6.1	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	1.6	9.2	3.3	14.2	2.7	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	16.5	25.2	0	0	0	0	0	
15	0	1.5	0	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0	
16	0	0	1.6	0	0	2.6	2.9	0	0	0	0	0	
17	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	6.9	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	1	0	9.3	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	4.8	3	0	10.8	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0.6	7.6	0	0	0	0	
25	0	0	5.7	0	0	0	0	6.2	0	0	0	0	
26	0	0	8.1	4.2	5	6.8	0	1.5	0	0	0	0	
27	0	0	0.6	1.1	4.3	2.2	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	2.6	0	0	8.7	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	2.6		0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0.9		8.9	0	0	0	0	0	

31		0		0	1.9		0		0		0	0
----	--	---	--	---	-----	--	---	--	---	--	---	---

PJ max (mm)	15.2	4.4	16.4	18.8	9.2	16.5	25.2	7.6	7.2	3.4	0	6.5	25.2
Jour du max	8	2	9	9	13	14	14	24	2	10	1	10	14.3
Nbre jour pluv.	2	4	8	11	10	13	11	5	3	1	0	2	70
Totaux (mm)	29.1	10.3	38.5	68.4	31.7	61.4	88.8	22.6	11.7	3.4	0	9.1	375

1991													
	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	9.4	0	-999	6.3	0	0	
3	0	16.7	0	0	0	0	0	0	-999	8.4	0	0	
4	0	0.9	0	0	0	0	10.6	0	-999	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	4.3	-999	0	0	0	
6	0.9	0	0	0	0	0	1.3	2.3	-999	0	0.9	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	3.6	-999	0	3	0	
8	0	0	0	1	0	0	0	20.1	-999	0	0	0	
9	0	0	0	1.2	0	0	8.3	9	-999	1.7	2.3	0	
10	0	0	0	0	0	0	0.9	1.8	-999	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	1	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	-999	0	0	0	
15	0	0	0	3.6	0	0	0	0	-999	0	0	0	
16	0	5.3	0	3.7	0	0	0	0	-999	0	0	0	
17	0	0	0	0.7	0	0	0	0	-999	0	0	0	
18	0	7.3	0	0	0	0.8	0	0	-999	0	0	0	
19	0	17.5	9.6	0	0	3	0	0	-999	0	0	0	
20	0	1.3	19.7	0	0	0.4	0	0	-999	0	0	0	
21	0	0	1.4	0	3.1	6	0	0	-999	0	0	0	
22	0	0.9	0	0	0.6	0	0	0	-999	1	0	0	
23	0	0	0.8	0	3.3	0	0	0.9	-999	0	0	0	
24	0	0	0	0	2.6	2.8	2.6	0	-999	0	0	0	
25	0	0	0	0	13.3	0	1.1	0	-999	0	0	0	
26	0	0	0	0	35.7	0	23.3	0	-999	0	0	0	
27	0	0	0	0	20.2	0	2.1	0	-999	0	0	0	
28	0	0	2.2	0	0	0	0	0	-999	0	0	0	
29	2.8	0	0	0	1.8	0	0	0	-999	0	0	0	
30	0	0	0	0	0		0	0	-999	0	0	0	
31		0		0	0		0.9		-999		0	0	

PJ max (mm)	2.8	17.5	19.7	3.7	35.7	6	23.3	20.1	0	8.4	3	0	140.2
Jour du max	29	19	20	16	26	21	26	8	0	3	7	1	176
Nbre jour pluv.	2	7	5	5	8	5	10	7	0	5	3	0	57
Totaux (mm)	3.7	49.9	33.7	10.2	80.6	13	60.5	42	0	18.4	6.2	0	318.2

1992

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1	0	0	8.3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
2	0	0	3.1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
3	0	0	2.7	0	0.7	3.5	0	0	0	0	0	0	
4	0	12.5	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	
5	0	2.8	0	0	0	0	0	0	8.8	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0.8	6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	10.2	7.2	0	0	0	0	7.7	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	5.4	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	2.3	0.8	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0.6	2.5	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	8.4	5.8	7.5	0	0	0	0	
15	0	0	1.7	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
16	0	0	11.8	4.2	0	0.5	0	3.8	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	2.2	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0.7	0	0	0	0	0	1.7	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	12.6	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	15.6	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0.9	0	2.6	0	0	0	0	
25	0	0	0	2.2	0	0	1.7	1.4	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	4.4	0	5.2	0	0	0	0	
27	0	0	0	5.1	0	0	0	6.3	0	0	0	0	
28	0	0	0	7.5	0	16.1	0	1.1	0	0	0	0	
29	0	0	0	1.9	0		0	4.8	0	0	0	0	
30	0	0.6	0	0	0		0	0	0	0	0	0	
31		1.4		0	0		0		0		0	0	

PJ max (mm)	10.2	12.5	11.8	7.5	0.7	16.1	7.7	15.6	8.8	0	0	3.2	94.1
Jour du max	9	4	16	28	3	28	9	23	5	1	1	10	137
Nbre jour pluv.	1	6	6	6	1	8	7	13	2	0	0	1	51
Totaux (mm)	10.2	25.2	28.4	27.1	0.7	16.1	22.6	15.6	15.1	0	0	3.2	164.2

Précipitation interannuel =7761

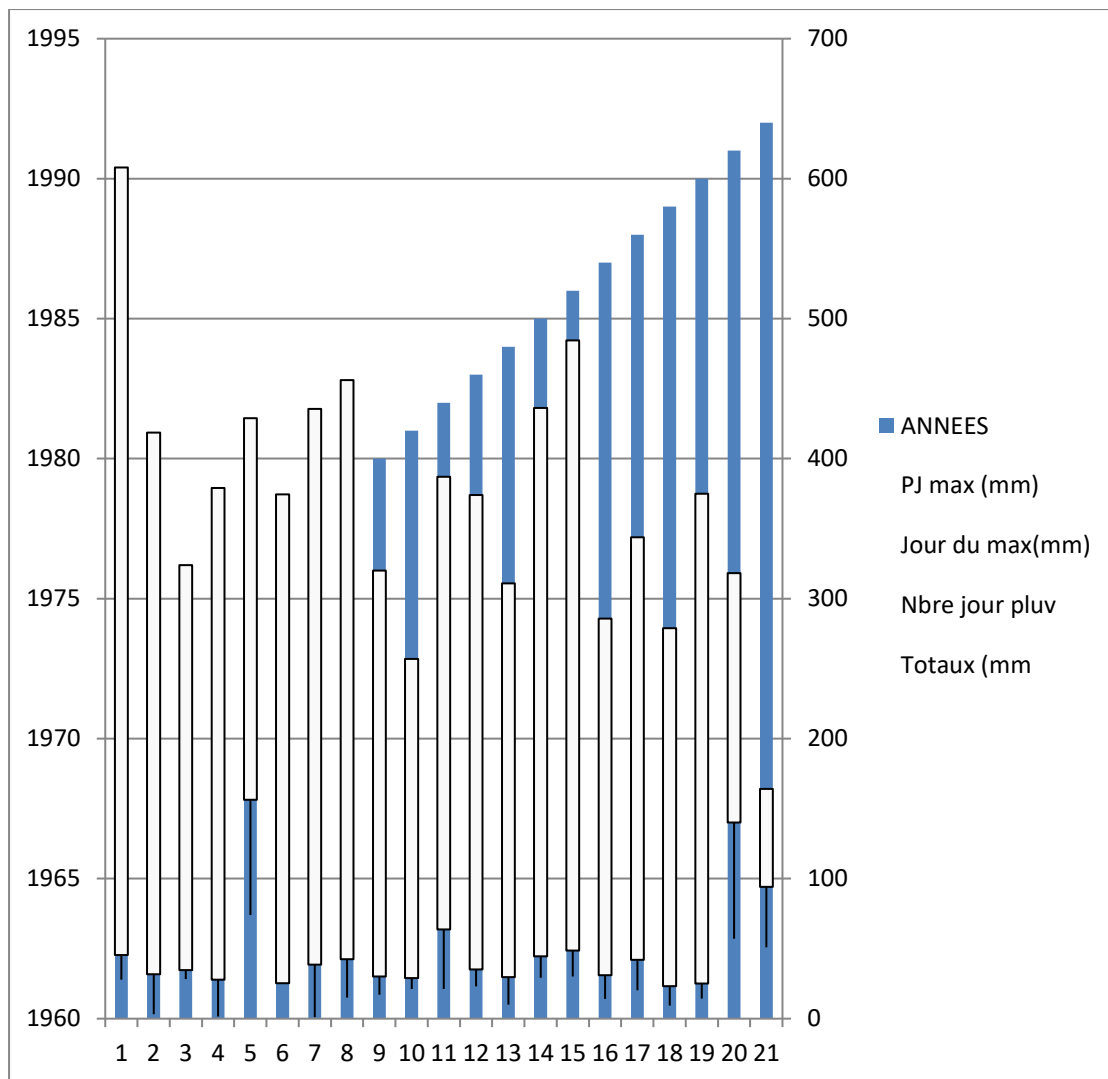
VARIATION MENSUEL :

ANNEE	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
1972	81.2	131.6	61.1	38.7	53.9	132.3	55.2	34	0	20.7	0	0
1973	13	0	6.9	95.7	1	104.1	83.3	100	1.5	13.1	0	0
1974	13	45.8	26.2	0	10.9	38.1	83	68.7	19	13.2	4	2
1975	0	7	64.3	38.1	48.7	76.4	19.4	24.5	73.5	7.6	5.1	14.4
1976	42.3	122.7	32.7	58	37.9	25.9	11.5	41.2	34.6	14.8	0	7.4
1977	2.9	7.5	37.4	39.1	82.4	20.6	53.8	75.7	53.6	1.4	0	0
1978	0	117.3	25.2	19	58.6	98.4	78.7	16.2	11.5	10.1	0.6	0
1979	28.1	73	38.8	42	87.7	13.6	88.1	66.7	17.5	0	0	0.6
1980	0	12.5	21.8	109.9	12.3	50.3	28.1	63.6	12.1	1.4	1.2	6.9
1981	5.4	8.6	0	51.4	53.2	65.9	23.8	15.4	25.8	6.8	0	0.6
1982	4.9	116.5	101.2	72.9	0	43.1	35.4	5.2	2.1	0	5.4	0.4
1983	0	1.5	85.4	34.2	46.3	40.1	39.8	27.3	75.4	24.3	0	0
1984	3.1	59.5	53.6	33.6	31	27.2	45.8	5.2	51.9	0	0	0
1985	33	8.3	40	31.2	116.3	99.5	82.6	12.2	2.4	4.6	4.3	1.9
1986	19.8	58.9	37	90.4	107.5	130.7	9.1	1.7	3.3	4.7	21.1	0.4

1987	1.4	17.9	59.8	20.1	31.5	7	46.4	35.7	34.6	31	0	0.4
1988	4.2	26.4	14.2	76.4	6.5	44.2	72.7	36.5	4.5	28.9	7.5	21.8
1989	8.9	9.4	14.8	18.4	42.6	0	46.7	70	22.2	4.6	20.1	21.2
1990	29.1	10.3	38.5	68.4	31.7	61.4	88.8	22.6	11.7	3.4	0	9.1
1991	3.7	49.9	33.7	10.2	80.6	13	60.5	42	0	18.4	6.2	0
1992	10.2	25.2	28.4	27.1	0.7	16.1	22.6	15.6	15.1	0	0	0

VARRIATION ANNUEL :

ANNEES	PJ max (mm)	Jour du max(mm)	Nbre jour pluv	Totaux (mm)
1972	45.5	27.9	75	608
1973	31.8	3.12	65	418.6
1974	34.7	28.4	55	323.9
1975	27.9	1.5	64	379
1976	156.4	200	74	429
1977	25.4	25.5	74	374.4
1978	38.5	1.1	66	435.6
1979	42.4	15.1	70	456.1
1980	30.2	17.12	61	320.1
1981	28.9	21.12	52	256.9
1982	63.7	21.1	62	387.1
1983	35.1	23.11	70	374.1
1984	29.6	10.1	66	310.9
1985	44.6	29.1	73	436.3
1986	48.6	30.1	63	484.6
1987	31.12	14.11	62	285.8
1988	42.1	20.3	58	343.8
1989	23.2	9.4	62	278.9
1990	25.2	14.3	70	375
1991	140.2	176	57	318.2
1992	94.1	137	51	164.2



Courbe graphique de variation annuel