

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref : \_\_\_\_\_

## Centre Universitaire Abdouhafid Boussouf de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Technique

Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme  
**LICENCE ACADEMIQUE**  
en Hydraulique  
Spécialité : Sciences Hydrauliques

### Thème

**Méthodes de traitement des données pluviométriques.**

Préparé par :

Abassi Lina Afaf  
Merabet Omayma  
Belattar Samira

Dirigé par :

Benchaïba Leïla

Année universitaire :2014/2015

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents ma mère et mon père*

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et  
leurs encouragements*

*A mes frères.*

*A mes amies et mes camarades.*

*Sans oublier tout les professeurs que ce soit du  
primaire, du moyen, du secondaire ou de  
l'enseignement supérieur.*

*Abassi Lina Afaf*

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents ma mère et mon père*

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et  
leurs encouragements*

*A mes frères.*

*A mes amis et mes camarades.*

*Sans oublier tout les professeurs que ce soit du  
primaire, du moyen, du secondaire ou de  
l'enseignement supérieur.*

*Merabet Omayma*

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents ma mère et mon père*

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et  
leurs encouragements*

*A mes frères.*

*A mes amies et mes camarades.*

*Sans oublier tout les professeurs que ce soit du  
primaire, du moyen, du secondaire ou de  
l'enseignement supérieur.*

*Belattar Samira*

## Remerciements

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur M. Benchaïba Leïla qui a suivi et dirigés mon travail et qui a sus m 'accompagner tout au long de mon parcours par leurs remarques pertinentes, soutien et grande aide.*

*Mes remerciements s 'adressent également à tous la famille du Département de sciences et Technique, Mr le chef de département et tous les membres de l'administration*

*Où il me soit permis de remercier aussi les membres de ma famille et mes amis pour leurs présences ainsi que la force psychique qu 'ils ont su installer en moi.*

*Enfin, je remercie tous ceux qui de près ou de loïr ont contribué à la réalisation du présent document*

## Sommaire :

Introduction générale .....	01
--------------------------------	----

### Chapitre 01

• Lacunes dans les données pluviométriques, nature et causes.....	04
1- Les données climatiques fondamentales et leurs rôles sur l'écoulement .....	04
2- Le pluviomètre .....	04
3- Réseau d'observation et publication des données.....	05
• Les lacunes nature et causes .....	06
• Les erreurs instrumentales.....	08
• Les erreurs d'observation .....	08
• Les erreurs de représentativité spatiale ou d'échantillonnage.....	09
• Erreurs de listage.....	11

### Chapitre 02

I. Les méthodes de comblement de lacune dans les données pluviométrique.....	13
- méthode de moindre carré.....	13
1. /Définition.....	13
2. /explication de la méthode.....	13

### Chapitre 03

II. Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques .....	17
- Méthode de double cumule.....	17
- Caractère de la liaison existant entre les totaux annuels de deux postes pluviométriques.....	18
- Représentation graphique de cette Liaison.....	18
- Interprétation du graphique et choix entre hypothèses possibles.....	19
- Détermination de séries homogènes (application de méthode double cumule)..	20
- Tracé des droites.....	20
- Choix de la série destinée d'une région à l'étude .....	21
- Choix de la série de base destinée à corriger une hétérogénéité.....	22

### Chapitre 04

• Exemple de traitement d'un réel.....	24
Exemple01 : comblement de lacune (Méthode de moindre carré) .....	24
Exemple02 : homogénéisation (méthode de double cumule).....	28
Conclusion générale.....	30
Bibliographie .....	31

## ***Introduction générale :***

*Les précipitations atmosphériques constituant un phénomène essentiellement variable dans l'espace et dans le temps, cette connaissance — qui doit être avant tout quantitative — ne peut être acquise sans une cette observation» permanente et globale, au moins régionale, des événements pluvieux.*

*En attendant que soient rendus totalement opérationnels des systèmes de surveillance, de mesure et de cartographie par radar, couvrant de vastes zones, cette « vision» spatiale ne peut être appréhendée que par échantillonnage à travers un «réseau» d'observations ponctuelles.*

*Malheureusement, toute acquisition de données par sondage ou échantillonnage est soumise à des erreurs de toute nature, qui tiennent autant au système d'acquisition lui-même qu'au caractère individuel de la mesure ou de l'enquête, individualité éminemment propre à engendrer des hétérogénéités.*

*Cette constatation impose une critique sévère des données recueillies, suivie d'éviction pure et simple quand elles sont jugées s'éloigner par trop de la réalité, de corrections prudentes quand la nature systématique des erreurs détectées l'autorise, de messages d'alerte quand leur valeur « anormale» peut être considérée comme localement possible.*

*Nous désignons l'ensemble de ces opérations sous le titre: «Homogénéisation des données pluviométriques».*

*Toute étude climatique ou hydrologique est basée sur l'exploitation de séries de données recueillies pendant des périodes plus, ou moins longues continues ou discontinues.*

*En particulier les données pluviométriques sont très généralement des relevés journaliers effectués à un pluviomètre. Cet appareil est relativement facile à mettre en place et à utiliser ; cela explique, sans le justifier, que l'on a souvent changé l'emplacement d'un pluviomètre, ou bien qu'on l'a confié successivement & de nombreux observateurs plus ou moins qualifiés et mal rémunérés. Il en résulte que les séries de données présentent des lacunes particulièrement fréquentes, et que l'on n'est jamais parfaitement sûr qu'elles représentent, comme disent les statisticiens, un échantillon d'une seule population.*

# **CHAPITRE 1**

**Lacunes dans les données pluviométriques, natures  
et causes :**

## Lacunes dans les données pluviométriques, natures et causes

### 1-Les données climatiques fondamentales et leurs rôles sur l'écoulement

Les conditions climatiques, plus que d'autres facteurs régissant l'écoulement fluvial

(Morphologie, lithologie,...etc.) Jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eaux. Les précipitations, surtout liquides sont de loin les plus importantes. Elles constituent le facteur essentiel agissant sur l'écoulement de surface.

La connaissance des régimes pluviométrique ou hydrologique dans une région, nécessite des observations pluviométriques à travers un nombre suffisant de station d'où la nécessité d'un réseau de station pluviométriques couvrant l'ensemble de la région d'étude (au moins trois pluviographes par 1000 km<sup>2</sup>) et une série d'années aussi grandes que possible, (L' OMM) «L'organisation météorologique mondiale» a fixé la période de 30 ans comme période suffisante pour éviter les écarts importants entre les hauteurs des précipitations annuelles et les modules pluviométriques annuelles.

**2. Le pluviomètre** est un instrument météorologique destiné à mesurer la quantité de [précipitations](#) (surtout la [pluie](#)) tombée pendant un intervalle de temps donné en un endroit. L'un des plus communs dans les [stations météorologiques](#), il en existe différents types, certains à mesure directe et d'autres automatiques. Ces derniers peuvent être reliés à des enregistreurs en continu de la hauteur d'eau des précipitations et sont alors appelés **pluviographes**.

Les données obtenues par le pluviomètre, comme toutes les mesures, sont sujettes à certaines erreurs dues aux conditions environnementales, à la conception de l'appareil et à sa position par rapport aux obstacles environnants. Cependant, l'utilisation d'un réseau de tels instruments permet de planifier les cultures, les besoins en irrigation, le potentiel [hydro-électrique](#) et même d'émettre des avis aux populations en cas de pluies torrentielles. Ils peuvent également servir à

l'étalonnage d'un radar météorologique en comparant les quantités obtenues par les deux instruments.

### **3. Réseau d'observation et publication des données**

#### **3.1. Le réseau d'observation**

Pour un bassin versant donné ou une région donnée, les stations pluviométriques forment un réseau d'observations. Elles fournissent des mesures ponctuelles.

Les données relatives aux stations sont d'une haute importance pour les statistiques climatiques, la planification et la gestion des ressources et les projets de construction ; la nature et la densité des réseaux doivent donc tenir compte du phénomène observé, du but des observations, de la précision désirée, de la topographie, de facteurs économiques ou d'autres encore.

La représentativité des précipitations par les mesures est fonction du réseau d'observation. Plus celui-ci est dense, meilleure est l'information et plus l'ensemble des mesures est représentatif de la lame d'eau tombée sur une surface donnée. Cependant le réseau est le résultat d'un compromis entre la précision désirée et les possibilités ou charges d'exploitation.

#### **3.2. Publication des données pluviométriques**

La publication des données pluviométriques est du ressort des services publics qui le font généralement sous forme d'annuaires. La publication de référence s'intitule (résultats des mesures de précipitations journalières). Les annuaires pluviométriques regroupent, pour chacune des stations de mesure, les résultats suivants :

- La hauteur pluviométrique journalière,
- la hauteur pluviométrique mensuelle,
- la hauteur pluviométrique annuelle,

- le module pluviométrique annuel moyen (moyenne arithmétique des hauteurs de précipitations annuelles),
- la fraction pluviométrique mensuelle (rapport entre le module annuel et le module mensuel considéré),
- les moyennes, le nombre moyen de jours de pluie, la variabilité des précipitations et des jours de pluie,
- les cartes de la pluviométrie mensuelle et annuelle.

#### 4. Les lacunes nature et causes :

Les causes perturbatrices les plus courantes de l'homogénéité des observations sont :

- **Données correspondant à deux ou plusieurs séries homogènes non défectueuses, groupées sous le nom d'une même station**

On se trouve dans ce cas si le pluviomètre a été déplacé ou si l'environnement immédiat a changé.

- **Le déplacement de la station (différences topographiques) .**

*Parmi les caractéristiques d'un site que l'on a citées-au paragraphe précédent, celles qui peuvent être modifiées sont les suivantes :*

*a) végétation à proximité immédiate*

*b) progressivement un obstacle et peut même rendre les données défectueuses),ou bien encore dans une région plus ou moins étendue autour du poste (plantation de forêts ou déboisement, mise en culture sèche ou irriguée) ;*

*c) hydrographie (création de plans d'eau, assèchement de marais ou simplement drainage de zones très humides) ;*

*d) urbanisation (surfaces bâties, surfaces aplanies, création de zones industrielles, pollution et réchauffement de l'atmosphère).*

*Cette liste n'est évidemment pas limitative. Cependant, l'intervention humaine modifie assez rarement l'environnement d'un poste pluviométrique au point de créer une hétérogénéité dans la série des données recueillies à ce poste. Par contre, quand cela se produit, c'est généralement assez grave car il s'agit alors d'une action qui rend presque défectueuses les*

*données recueillies par la suite : à la limite, s'il s'agit de la construction d'un immeuble de 30 m de hauteur à une distance très inférieure à 60 m du pluviomètre, les données recueillies ultérieurement peuvent présenter des anomalies plus ou moins faciles à corriger. Il en sera de même avec la croissance rapide d'une végétation arborée comme cela arrive souvent en région intertropicale.*

➤ **Modification de l'environnement du site par déplacement du pluviomètre**

- *par modification du paysage limitrophe,*
  - *brutale (construction),*
  - *progressive (croissance d'un arbre ou d'une haie)*
- *par changement de la hauteur de l'appareil au-dessus du sol.*

➤ **Les erreurs accidentelles qui se répartissent aléatoirement dans le temps et dans l'espace ;**

➤ **Les erreurs systématiques qui affectent d'une façon continue certaines portions des séries de mesure, aléatoirement distribuées dans le temps et l'espace.**

➤ **Un changement d'observateur.**

**Les erreurs instrumentales :** sont multiples ; elles ont presque toutes pour conséquence de sous-estimer les quantités précipitées. On distingue :

- Les erreurs de captation (5 à 80 %) : pluie inclinée, fortes pentes, turbulences du vent autour du pluviomètre.
- Les erreurs de l'instrument (environ 0,5 %) : déformation de l'appareil de mesure (par exemple déformation du papier enregistreur).
- Les erreurs dues aux rejaillissements (environ 1%).
- Les pertes par mouillage (environ 0,5 %) : déficit équivalent à l'eau qui humecte les parois intérieures du pluviomètre.
- Les erreurs dues à l'évaporation dans le récipient (environ 1%).
- Les erreurs propres aux pluviographes : en cas de fortes pluies, la vidange du système à siphon, et respectivement la vitesse de basculement des augets peuvent être trop lentes. Des pertes d'eau au moment du basculement des augets peuvent aussi avoir lieu.

**Les erreurs d'observation** : sont en principe systématiques mais ne sont pas trop graves du moment que l'on ne change pas d'observateur (possibilité de corrections).

**1- Les erreurs de positionnement de l'appareil** : (on peut avoir une bonne mesure mais de quelque chose de "faux").

- **Déplacement des pluviomètres** Ce n'est pas forcément l'éloignement des deux sites successifs qui est responsable de l'hétérogénéité d'une série de données : c'est plutôt un ensemble de caractéristiques de ces sites (altitude, forme du terrain, orientation du relief, végétation hydrographie, sols, degré d'urbanisation). On peut seulement dire que plus la distance de deux sites est grande, plus il y a de chances pour que l'ensemble de ces caractéristiques accuse de nombreuses différences. A partir d'un certain degré de différenciation géographique, on peut parler d'un changement dans le régime pluviométrique, mais il est très difficile, et sans grand intérêt pour l'hydrologue dans l'état actuel de sa science, de définir exactement et universellement ce qu'est un changement de régime. Il suffit de savoir que dans la pratique :

a) *certaines caractéristiques de la pluviométrie varient graduellement quand on change de région climatique (par exemple en Alsace, on passe d'un climat océanique à l'Ouest à un climat continental à l'Est, et ce sont les coefficients mensuels pluviométriques qui changent) ;*

b) *d'autres caractéristiques peuvent présenter des variations plus nombreuses (nombre de jours de pluie, et surtout pluviométrie moyenne annuelle de certains sites où les mouvements ascendants sont plus fréquents, à cause de la topographie, de la direction des vents ou de la présence de fumées, etc.).*

*Comme on le comprendra en étudiant la signification statistique des moyennes, on peut très rarement, à partir des données disponibles, prouver avec une faible probabilité d'erreur que les pluviométries moyennes interannuelles de deux sites très voisins sont différentes, et par conséquent que tel ou tel facteur géographique, qui en l'espèce serait le seul à différencier ces sites, a telle ou telle influence sur la pluviométrie.*

- **Les erreurs de représentativité spatiale ou d'échantillonnage** :

sont difficiles à estimer, car nous ne savons pas dans quelle mesure les quantités recueillies ponctuellement sont représentatives du volume total d'eau précipitée sur l'ensemble du bassin. Le manque de précision de ces appareils de mesure classiques, ainsi que leur coût en entretien

ont motivé des chercheurs à développer de nouveaux systèmes basés sur une technologie de pointe. Ce thème sera abordé dans le chapitre 8-Contrôle, organisation et traitement des données.

## **2- Bruit du capteur**

*Modification de la surface réceptrice*

- *par construction (surface imprécise) ;*
- *par changement (passage de 100 n cm<sup>2</sup> à 400 cm<sup>2</sup>) ;*
- *par déformation (bague réceptrice ovalisée).*

## **3- Défaut de calibrage**

*Dans le cas d'un appareil enregistreur : cela peut être dû à un vice de conception (hauteur enregistrée variable avec l'intensité), ou à un mauvais réglage (contrepois du pluviographe à siphon, etc.).*

## **4- Erreurs de mesure et d'enregistrement**

### ➤ *Au niveau de l'éprouvette*

*Précision différente d'une éprouvette à une autre; confusion d'éprouvette ;*

### ➤ *A l'enregistrement*

*Par manque d'encre; mauvais réglage du système d'inscription ;erreur de date ;écriture erronée de la hauteur mesurée (additif) ou erreur de virgule ;erreur de recopie.*

### ➤ **A la transmission**

➤ *Par perte de courrier. Pli égaré à la réception.*

*Défectuosités du système de transmission (électrique, radio, satellite...).*

➤ **Au décodage et à l'archivage**

*Erreurs de date, de virgule, de recopie, de perforation, sur le calcul du total, sur l'échelle d'un diagramme, etc. Disparition d'un document par suite d'un mauvais archivage, ou d'une erreur d'adresse (bande magnétique).*

- **Erreurs de listage**

*Elles peuvent se produire à la publication du fichier des données brutes et comporter toutes les formes d'erreurs d'écriture, jusqu'à l'omission de données et à l'interversion de postes.*

*Nous classerons également sous cette rubrique les erreurs possibles dues à la non utilisation de l'année ce hydrologique» pour effectuer les comparaisons entre postes.*

## **CHAPITRE02**

### **Les méthodes de comblement de lacune dans les données pluviométrique**

# I. Les méthodes de comblement de lacune dans les données pluviométrique (méthode de moindre carré) :

## 1. Méthode des moindres carrés :

### 1.1. Définition :

La méthode des moindres carrés consiste à rechercher la relation affine qui lie les variables x et y ; ce qui revient à définir l'équation de la droite du type  $y = ax + b$ , qui passe le plus près possible de tous les points, autrement dit qui rend la plus faible possible la somme des carrés des écarts des valeurs observées. La droite alors dessinée et qui passe par le centre de gravité du nuage décrit la tendance calculée des ventes sur la base des résultats passés.

La méthode des moindres carrés, indépendamment élaborée par [Legendre](#) en 1805 et [Gauss](#) en 1809, permet de comparer des [données expérimentales](#), généralement entachées d'[erreurs de mesure](#), à un [modèle mathématique](#) censé décrire ces données.

Ce modèle peut prendre diverses formes. Il peut s'agir de [lois de conservation](#) que les quantités mesurées doivent respecter. La méthode des moindres carrés permet alors de minimiser l'impact des erreurs expérimentales en « ajoutant de l'information » dans le processus de mesure.

### 1.2. Explication de la méthode :

$$y = ax + b$$

y = valeur estimée

a = pente de la droite

b = constante

$$a = \frac{\sum x_i y_i - N \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - N \bar{x}^2}$$

$$b = \bar{y} - a \bar{x}$$

Pour mesurer l'intensité de la corrélation linéaire on calcule le coefficient de corrélation linéaire «r» à partir de l'équation suivante :

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}}$$

Le coefficient de corrélation peut également être estimé par :

$$r = a \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

$\sigma_x$  : Ecart type de la série x

$\sigma_y$  : Ecart type de la série y

a : Coefficient angulaire de la droite de régression.

La mise en œuvre de cette méthode est rendue aisée par l'emploi de l'ordinateur. Nous avons, en effet, fait établir une matrice de coefficients de corrélation calculés pour l'ensemble des stations prises deux à deux et ce, pour les moyennes de précipitations annuelles et mensuelles.

On décidera si « r » est significatif en fonction du nombre de couples utilisés pour sa détermination. Pour cela on utilise la table de Fisher des valeurs critiques du coefficient de corrélation. Avec un nombre de degré de liberté

$$K=N-2$$

N= nombre de couples utilisées).

La table de Fisher donne directement la valeur minimale critique que doit atteindre le « r » calculé pour être significatif.

Nombreuses sont les stations qui présentent des lacunes de plusieurs mois dans l'année ou carrément l'année entière. Dans ce cas on procède suivant la démarche de P. Dubreuil (1974).

Si la linéarité existe, on peut adapter la méthodologie de l'extension comme suit :

1. On fait d'abord l'extension telle que les équations précédentes.
  2. On établit ensuite graphiquement les liaisons linéaires entre séries mensuelles, ou annuelles, "Y" à étendre et série "X" de base, ceci pour la période commune.
  3. On estime point par point sur la droite de régression les valeurs de la série Y non observée mais le coefficient de corrélation est significative.
  4. On fait les sommes des valeurs reconstituées par mois afin d'obtenir les valeurs annuelles correspondantes.
  5. On confronte enfin pour chaque année de la période étendue le total annuel  $p_j$  obtenu par sommation des valeurs mensuelles, puis l'on corrige ces dernières valeurs du produit  $p_j/p_j'$  obtenu directement ci-dessus et le totale annuel afin de les rendre homogènes avec l'estimation globale  
 $P_j$  faite à l'échelle annuelle.
- Par ailleurs, pour illustrer l'application de la méthode de régression linéaire, nous présenterons un exemple graphique d'une régression faite à l'échelle annuelle.

## **Chapitre 3**

# **Homogénéisation des données pluviométriques**

## **1. Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques**

### **1.1. Introduction :**

Il est évident que dans la série des Valeurs de la pluie moyenne calculée n'est pas très satisfaisante. On se propose de réduire les risques d'erreurs systématiques en faisant ce qui s'appelle une homogénéisation, c'est-à-dire la détermination de N séries de données de même extension dans le temps, et autant que possible exemptes de changements de signification parmi les termes d'une même série. L'amélioration obtenue ne conduira pas forcément à des valeurs très différentes pour les moyennes interannuelles des pluviométries annuel les saisonnières ou mensuelles, ou des caractéristiques climatiques ou hydro- logiques qu'on peut en déduire par corrélation, mais elle conduira à des conclusions bien plus exactes quand on cherchera à définir des valeurs extrêmes apparaissant avec une probabilité donnée dans une période" donnée. Elle conduira aussi à des valeurs plus exactes pour l'intervalle de confiance dans lequel on a % de chances de trouver les valeurs moyennes inter -annuelles déterminées..

### **1.2. La méthode de double cumule :**

La méthode exposée ci-dessous est souvent appelée improprement méthode des « doubles - masses » par suite de la mauvaise traduction, du terme anglais « double-mass curve » (to mass : cumuler).

*Le principe de la méthode consiste à vérifier la proportionnalité des valeurs mesurées à deux stations. L'une des stations (station X) est la station de base ou station de référence, supposée correcte. L'autre station (Y) est la station à contrôler.*

*La méthode consiste en les étapes suivantes :*

- *Calculer les précipitations cumulées pour la station suspecte X*
- *Calculer la hauteur annuelle moyenne des précipitations et cumuler les moyennes pour les stations 1, 2, 3,4,.....n*

*Tracer le graphe des précipitations cumulées pour la station suspecte en fonction des précipitations cumulées pour la station de référence. Si plusieurs stations de référence existent on peut forme une station de base à partir de la moyenne des données relevées à ces stations.*

*Le principe du test consiste à dire qu'un changement dû à des causes météorologique ne changera pas la pente de la courbe puisque les stations voisines seront affectées. Seuls les changements occasionnés par des erreurs systématiques à la station à contrôler conduiraient à*

*une modification de la pente du graphe*

Si des modifications ont eu lieu, la procédure consiste à chercher des éléments indicatifs pouvant faciliter la prise de décision sur la période à partir de laquelle on soupçonne l'introduction d'erreurs dans les mesures. Dans le cas où aucun élément indicatif n'est disponible, on considérera que les données les plus récentes sont les plus fiables.

*La procédure de correction des données de la portion du graphe non fiable se fait en prolongeant la pente la plus fiable selon la formule :*

$$P_{\text{corrigée}} = \frac{m_2}{m_1} \cdot P_{\text{mesurée}}$$

*$P_{\text{corrigée}}$  : précipitation corrigée  $P_{\text{mesurée}}$  précipitation mesurée  $m_1$  pente de la portion du graphe à corriger  $m_2$  pente de la portion fiable du graphe*

La méthode exposée ci-dessous est souvent appelée improprement méthode des « doubles - masses »

- **Caractère de la liaison existant entre les totaux annuels de deux portes pluviométriques.**

Si les deux postes considérés sont situés dans la même grande région climatique, et à une distance relativement faible à l'échelle d'un continent, il existe une liaison positive significative entre les totaux annuels pluviométriques, c'est-à-dire qu'il y a seulement 5 % de chances, par exemple, pour que les séries soient complètement indépendantes, ou présentent des variations de sens contraires.

- **Représentation graphique de cette Liaison**

Sur le graphique des totaux annuels comparés, il apparaît une certaine dispersion. On pourrait examiner sur ce graphique si les points représentatifs des années successives présentent des écarts simplement aléatoires autour de la droite de régression, ou si jusqu'à telle année les écarts oscillent autour d'une valeur positive et ensuite autour d'une valeur négative ou vice-versa. Le procédé est d'autant plus difficile à appliquer que les séries sont plus longues et leur liaison plus lâche.

Le graphique des totaux cumulés comparés est bien plus lisible car ces totaux sont tous deux des fonctions monotones du temps, C'est ce graphique qui est utilisé.

- **Interprétation du graphique : hypothèses possibles**

Supposons que la pluviométrie des stations A et B soit connue à partir du 1er Janvier de l'année X1 jusqu'au 31 Décembre de l'année Xn

Le graphique des totaux cumulés B en fonction des totaux cumulés après entera (n + 1) points qui, si les séries sont homogènes, seront tous situés à proximité d'une droite de pente ' m' voisine du rapport des moyennes interannuelles  $\frac{Pb\ moy}{Pa\ moy}$

Par contre, si l'homogénéité de la série B est rompue à partir du 1er Janvier de l'année le graphique présente i+1 point situé à proximité donc première droite de pente m, et (n - i+ 1) points à proximité d'une seconde droite de pente m ces deux ensembles de points ayant évidemment un point commun

• **Interprétation graphique choix entre les hypothèses possibles**

Nouvel examen des originaux

Sil'on a détecté une hétérogénéité, il est bon de vérifierai elle apparaît, et de quelle façon, dans les relevés journaliers. Dans certains cas, un indice de la mauvaise qualité générale des observations peut être ainsi découverte, après être passé inaperçu au premier examen ; en pareil cas, si la lecture du graphique des totaux cumulés comparés laissait planer un doute sur la correction à effectuer - cas (b) ou (c) - ce doute est levé automatiquement car la cause physique supposée être la cause principale de l'hétérogénéité s'avère alors comme une cause secondaire

**Détermination de séries homogènes correspondant aux périodes d'observation application de méthode double cumule**

Il reste à préciser comment on doit ajuster une droite sur un graphique de totaux cumulés comparés, et quelle série de ba.se on doit choisir pour corriger une série hétérogène donnée.

## - Tracé des droites

La théorie mathématique de la méthode n'a, semble-t-il pas encore été faite, mais l'expérience a montré que l'ajustement graphique d'une droite doit être fait de la façon suivante : la droite doit avoir pour pente la valeur modale (c'est-à-dire la plus fréquente) du rapport  $(\frac{Pa}{Pb})_i$  des totaux annuels des deux postes. En pratique, les années pour lesquelles ce rapport est très voisin de sa valeur modale se suivent par 3 ou 4 ; les points représentatifs sont alignés, et l'on peut tracer la droite d'ajustement parallèle à ces alignements. On remarquera que la pente de cette droite n'est pas exactement égale, en général, au rapport des totaux cumulés en fin de période  $\in \frac{Pa}{Pb}$ , ni même au rapport des moyennes annuelles vraies dont l'expression ci-dessus n'est qu'une estimation. La théorie mathématique de la méthode montrerait sans doute que ce fait est lié à la dissymétrie de la loi de distribution du rapport  $(\frac{Pa}{Pb})_i$

Le procédé d'ajustement des droites, indiqué ci-dessus, n'est pas aussi facile à appliquer que s'il suffisait de joindre le 1<sup>er</sup> et le  $i^{\circ}$  ou le  $n^{\circ}$  point du graphique, ou s'il fallait tracer la droite de régression de la somme  $P_b$  en somme  $P_a$  ou de somme  $P_a$  en somme  $P_b$ . Le procédé conseillé donc l'inconvénient de laisser intervenir un facteur personnel, mais on verra à l'usage qu'il permet de déterminer avec moins d'ambiguïté la date d'une cassure ; de plus, le résultat de l'ajustement est moins influencé par les valeurs exceptionnellement fortes ou faibles du rapport  $(\frac{Pa}{Pb})_i$  qui, en certaines années, peuvent provenir d'un défaut impossible à déceler dans les observations de l'un des postes.

## - Choix de la série destinée d'une région à l'étude -systématique des postes région.-

Lorsqu'un graphique accuse un décrochement très important, autrement dit que l'un des rapports  $PA/PB$  est très différent des autres, on peut examiner en détail les relevés de l'année en cause et éventuellement éliminer les données de l'une des deux stations si elles sont aberrantes. Cependant, il est bien plus fréquent de ne pas pouvoir prendre cette décision, et d'être obligé de considérer que les données sont exactes mais correspondent à un phénomène rare.

On peut alors se demander si la fréquence d'apparition des décrochements, sur le graphique étudié, ne serait pas diminuée environ de moitié en remplaçant mm des deux séries, la série de base. A, par celle qui précéderait de la moyenne des

données de plusieurs postes. On ne peut donner de règles générales pour l'application de ce procédé, sinon rappeler que la constitution d'un groupe de base doit être précédée de la vérification minutieuse de l'homogénéité des séries composantes, qui doivent être comparées graphiquement deux à deux. On peut être amené à préférer une série donnée par un seul poste de base, si la fréquence des pluviométries exceptionnelles enregistrées à ce poste est plus faible que partout ailleurs.

La Série de base étant choisie pour l'étude systématique de tous les postes d'une région, il est possible de grouper les graphiques de comparai sondes totaux cumulés en un seul, la série de base étant reportée sur l'axe des abscisses et chaque millésime étant indiqué en face de l'intervalle correspondant. Les graphiques peuvent être 'décalés par gainet d'origine sur l'axe des ordonnées, afin d'éviter que leurs droites d'ajustement se croisent. Si l'on prend soin de choisir judicieusement

l'ordre du tracé des différents graphiques, en groupant les postes par sous-région géographique ou climatique, on verra apparaître des caractères communs aux séries des postes d'une même sous-région : même allure des fluctuations, autour de la droite d'ajustement, de la ligne brisée joignant les points représentatifs.

#### - **Choix de la série de base destinée à corriger une hétérogénéité**

Le graphique général établi pour la région permet de mettre en évidence des hétérogénéités en conservant à peu près la même sévérité ' pour l'ensemble des postes, c'est-à-dire en considérant comme hétérogénéité les seules "cassures-" qui affectent l'allure des graphiques de façon nettement plus accusée que les fluctuations à caractère sous-régional évoquées au paragraphe précédent.

On obtiendra cependant une meilleure précision pour déterminer la correction à apporter à une série hétérogène, en la comparant avec une série homogène de la même sous région, à condition que la période commune d'observation des deux postes soit assez étendue de part et d'autre de la date de la "cassure" du graphique, car c'est bien là la principale difficulté pratique d'application de l'ensemble des procédés indiqués dans cette note la diversité des périodes d'observations.

## **CHAPITRE 04**

**Exemple de traitement d'un cas réel :**

# I. Exemple de traitement d'un cas réel :

## Exemple01 : comblement de lacune (méthode de moindre carrée)

Ordre	Année	Précipitation (mm),station: SIDI-AISSA	Précipitation (mm),station: AIN-KERMANE
1	1906	402,1	
2	1907		
3	1908	294,3	
4	1909	275,9	
5	1910	222,6	
6	1911	150,7	
7	1912	281,8	
8	1913	210	
9	1914	172,1	
10	1915	260,3	228,9
11	1916	252,6	207,7
12	1917	321,5	204,4
13	1918	382	358,6
14	1919	364,5	236,4
15	1920	291	
16	1921	367,4	
17	1922	235,7	154,8
18	1923	366,5	317,4
19	1924	329,6	272,9
20	1925	235,7	165,9
21	1926	326,9	184,2
22	1927	288,5	
23	1928	408,8	
24	1929	310,1	251,8
25	1930	360,2	
26	1931	258,5	
27	1932	225,6	
28	1933	246,4	
29	1934	413,42	
30	1935	308,64	
31	1936	257	
32	1937	319,1	
33	1938	394,4	
34	1939	399,5	
35	1940	421,2	
36	1941	151	
37	1942	185	
38	1943	273	
39	1944	197,8	
40	1945	185,9	
41	1946	208,5	
42	1947	206	
43	1948	205	
44	1949	333,5	
45	1950	161,8	
46	1951	428,7	
47	1952	556,4	
48	1953	308	
49	1954	242,8	
50	1955	255	300,3

51	1956	357,2	308,1
52	1957	205,8	156,7
53	1958	380,9	292,7
54	1959	342	
55	1960		
56	1961	214,6	
57	1962		
58	1963		
59	1964		
60	1965		
61	1966	149,5	
62	1967		
63	1968		
64	1969	222,14	
65	1970	500,8	
66	1971	278,6	
67	1972	421,8	
68	1973	294,1	
69	1974		
70	1975	192,8	

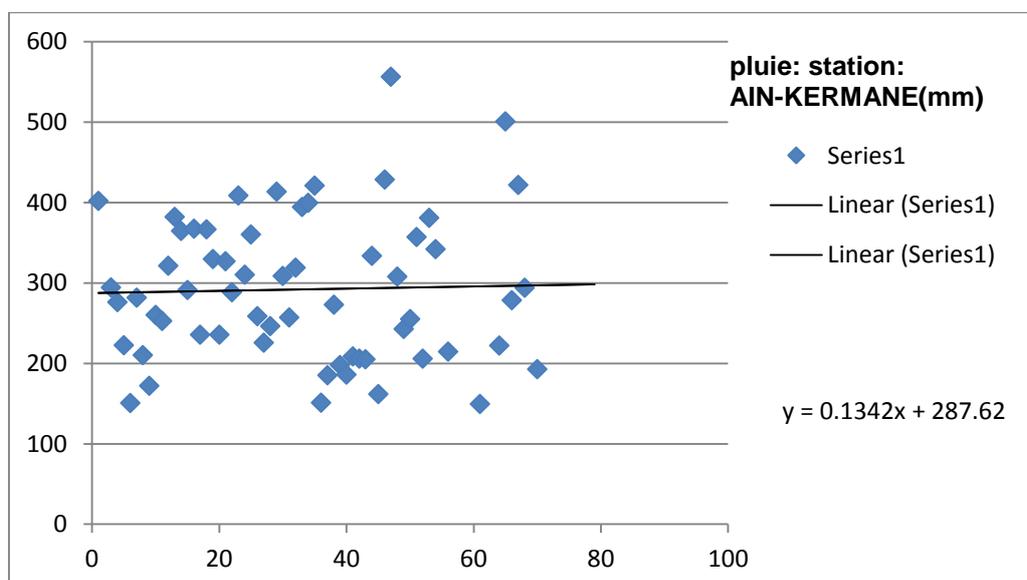
**Tableau01** : Reconstitution de la série de précipitation annuelle A AIN-KERMANE à partir des données de la station de SIDI-AISSA (TAB I):(1906 -1975).

Pour le tableau01 plusieurs données absence, on calcule cette données on utilise la méthode de moindre carré :

**Tableau01:**

Ordre	Année	Précipitation (mm),station:SIDI-AISSA	Précipitation (mm), station: AIN-KERMANE
1	1906	402,1	341,5
2	1907		
3	1908	294,3	327,0
4	1909	275,9	324,6
5	1910	222,6	317,4
6	1911	150,7	307,8
7	1912	281,8	325,4
8	1913	210	315,7
9	1914	172,1	310,7
10	1915	260,3	228,9
11	1916	252,6	207,7
12	1917	321,5	204,4
13	1918	382	358,6
14	1919	364,5	236,4
15	1920	291	326,6
16	1921	367,4	336,8
17	1922	235,7	154,8
18	1923	366,5	317,4
19	1924	329,6	272,9
20	1925	235,7	165,9
21	1926	326,9	184,2
22	1927	288,5	326,3
23	1928	408,8	342,4
24	1929	310,1	251,8
25	1930	360,2	335,9
26	1931	258,5	322,2
27	1932	225,6	317,8
28	1933	246,4	320,6
29	1934	413,42	343,0
30	1935	308,64	329,0
31	1936	257	322,0
32	1937	319,1	330,4
33	1938	394,4	340,4
34	1939	399,5	341,1
35	1940	421,2	344,0
36	1941	151	307,8
37	1942	185	312,4
38	1943	273	324,2
39	1944	197,8	314,1
40	1945	185,9	312,5
41	1946	208,5	315,5
42	1947	206	315,2
43	1948	205	315,1
44	1949	333,5	332,3
45	1950	161,8	309,3
46	1951	428,7	345,0
47	1952	556,4	362,2

48	1953	308	328,9
49	1954	242,8	320,1
50	1955	255	300,3
51	1956	357,2	308,1
52	1957	205,8	156,7
53	1958	380,9	292,7
54	1959	342	333,4
55	1960		
56	1961	214,6	316,4
57	1962		
58	1963		
59	1964		
60	1965		
61	1966	149,5	307,6
62	1967		
63	1968		
64	1969	222,14	317,4
65	1970	500,8	354,7
66	1971	278,6	324,9
67	1972	421,8	344,1
68	1973	294,1	327,0
69	1974		
70	1975	192,8	313,4



## Exemple02 : homogénéisation (méthode de double cumule)

Tableau01 : les données pluviométrique (station A et station B)

année	station A pluie (mm)	station B pluie (mm)	cumul Station A	cumul StationB
1960	800	869	800	869
1959	549	596	1349	1465
1958	858	994	2207	2459
1957	540	643	2747	3102
1956	657	736	3404	3838
1955	677	734	4081	4572
1954	702	699	4783	5271
1953	393	546	5176	5817
1952	820	953	5996	6770
1951	841	882	6837	7652
1950	732	945	7569	8597
1949	459	694	8028	9291
1948	522	875	8550	10166
1947	540	849	9090	11015
1946	511	791	9601	11806

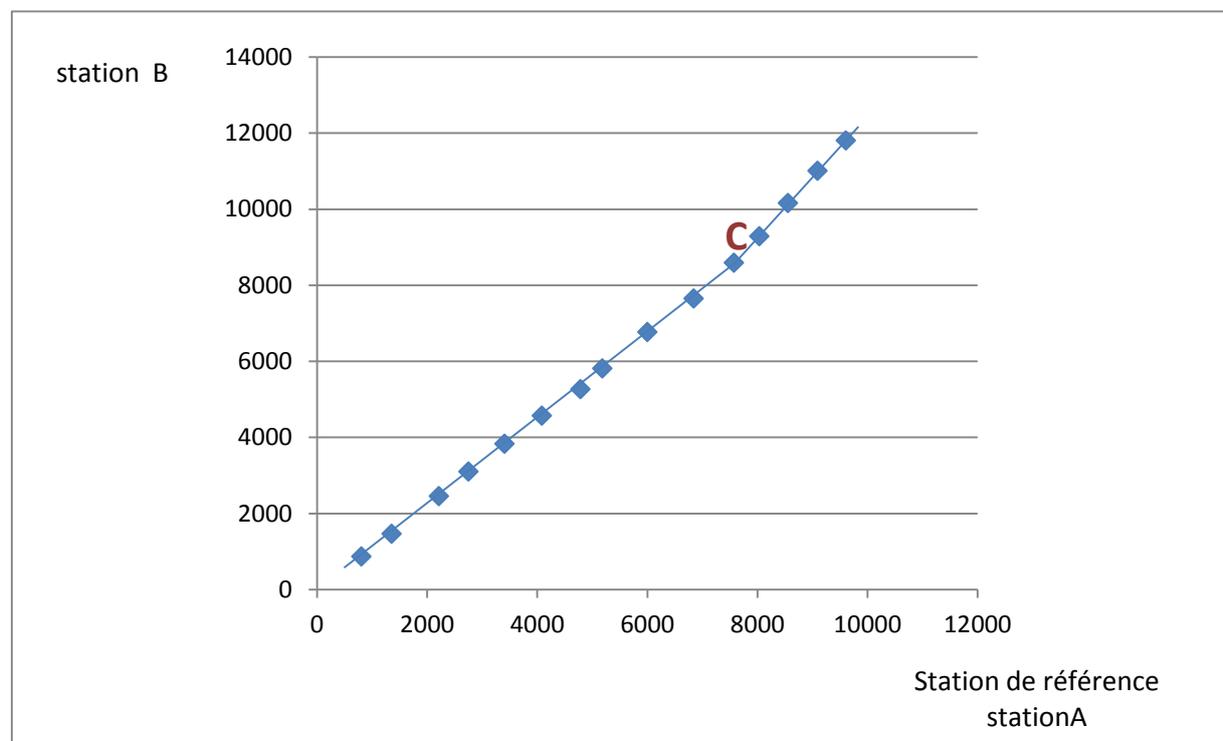


Figure01 : graphe des doubles cumules :station hétérogène

**C** : est une cassure.

Il y a une cassure à partir de l'année 1950 donc il y a des anomalies dans la station B, pour corriger ces anomalies, on multiplie les données de la station B par le rapport **m1/m2** à partir de cette année.

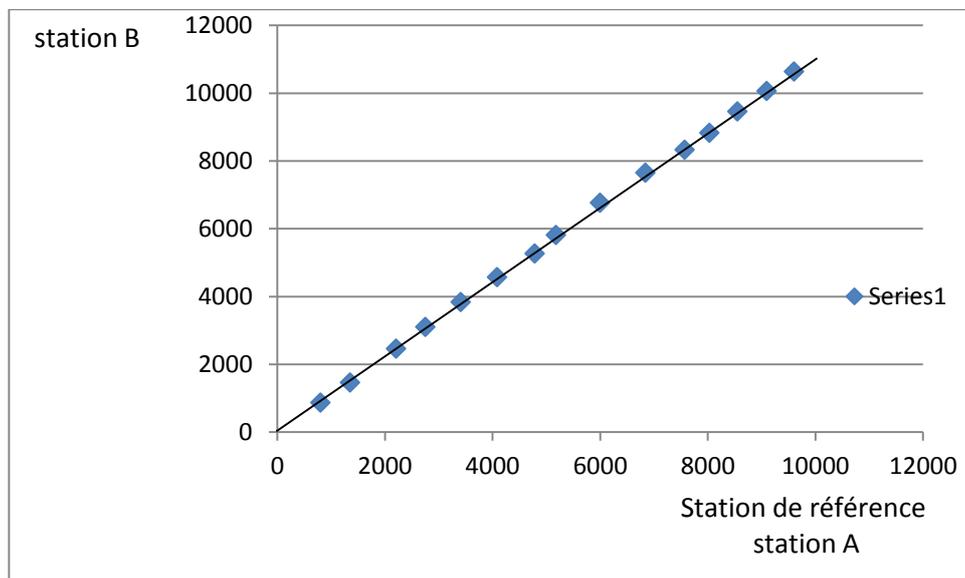
$$\text{AN/ } m_1 = \Delta y / \Delta x = \text{tg } \alpha \quad \rightarrow m_1 = 1.12896276 \quad \text{et} \quad m_2 = 1.57222222$$

$$\rightarrow m_1/m_2 = 0.71806819$$

**Tableau 02** : le corriger des cumules au méthode de double cumule

année	station A	station B	cumul	cumul	Station B	Cumul
	pluie (mm)	pluie (mm)	Station A	Station B	Corrigée	station B corrigée
1960	800	869	800	869	869	869
1959	549	596	1349	1465	596	1465
1958	858	994	2207	2459	994	2459
1957	540	643	2747	3102	643	3102
1956	657	736	3404	3838	736	3838
1955	677	734	4081	4572	734	4572
1954	702	699	4783	5271	699	5271
1953	393	546	5176	5817	546	5817
1952	820	953	5996	6770	953	6770
1951	841	882	6837	7652	882	7652
1950	732	945	7569	8597	678.574435	8330.57443
1949	459	694	8028	9291	498.33932	8828.91376
1948	522	875	8550	10166	628.309662	9457.22342
1947	540	849	9090	11015	609.639889	10066.8633
1946	511	791	9601	11806	567.991934	10634.8552

La figure ci-après la droite après la correction :



**Figure02 :graphe des doubles cumules : station homogène**

## **Conclusion générale :**

L'inventaire et l'exploitation des données d'observation des ressources en eau du Algérie.

S'appuient sur l'élaboration d'une base de données hydro climatologiques. L'objectif de cet article est de présenter les conceptions générales qui ont orienté la réalisation des systèmes de traitement des données pluviométriques et hydrométriques actuellement contenues dans cette base.

Dans la mesure du possible les détails techniques non essentiels ont été écartés afin de faciliter la compréhension du texte.

La présentation parallèle des méthodes utilisées pour le traitement des données hydrométriques et pluviométriques permet de mettre en évidence les points communs de ces deux systèmes : existence de deux niveaux de fichiers, présence d'une codification pour caractériser l'origine et la qualité de l'information, existence de fichiers d'identification.

L'importance au volume de données actuellement saisies, la rigueur avec laquelle l'information est traitée, ainsi que la variété des programmes d'exploitation mis à la disposition des utilisateurs, font de cette base de données an outil de travail essentiel au développement de cette région.

## **Bibliographie**

- Contrôle et Homogenisation des données pluviométrique

-Jacque Herbeaud -

- L'homogénéité des données pluviométrique –G.Hitez-

- Initiation a l'analyse Hydrologique –P.Dubreuil-

-Mémoire de Magister –Aouachria Mouloud – Université Elhadj Lakhdar  
Batna