

## CHAPITRE II : CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT

Le climat de la zone d'étude est en relation direct avec l'éloignement des cotes méditerranéennes et l'atlantique et aussi avec le contexte générale du climat du pays qui influencé par l'anticyclone des acores. Et le climat chaud et saharien.

Ce chapitre sera focalisé sur les variables qui donnent le contraste spatio-temporel, des précipitations et des températures. C'est aussi par l'analyse mensuelle et annuelle que l'étude a été réalisée sur la base des données

### I- Pluviométrie

Les précipitations forment un paramètre hydrologique de grande importance dans le fonctionnement d'un bassin versant. Elles désignent toutes les eaux météorologiques qui tombent sur la surface de la terre sous déférent forme (liquide et solide). Elles sont provoqué par un changement de températures et de pression.

#### I-1- Précipitations moyennes annuelles

L'analyse de l'histogramme des précipitations moyenne annuelle permet de distingué un maximum au niveau de l'année 1996 et 2002 et le minimum en 1992.

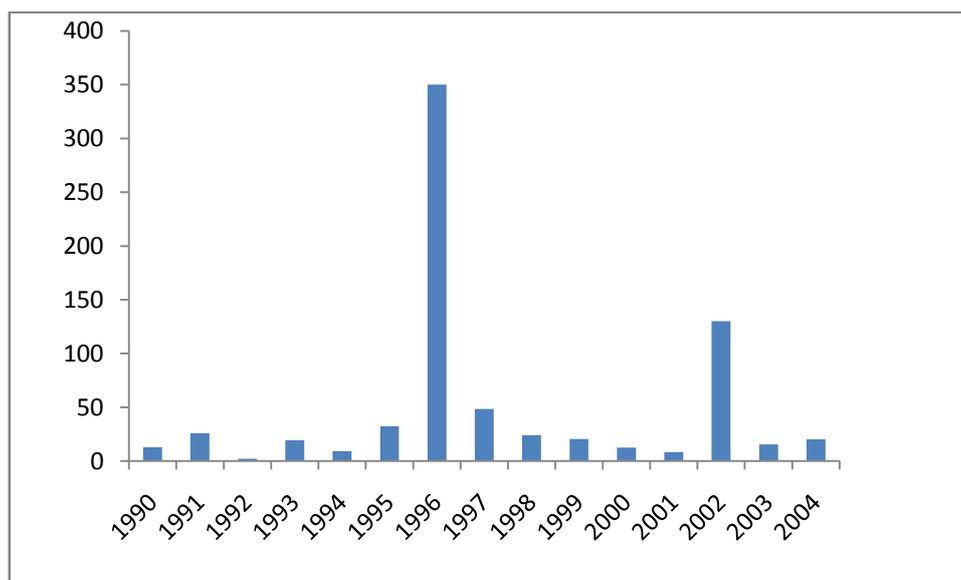


Figure 9 : Variation des précipitations annuelle de station Aguenza

La moyenne arithmétique des pluies annuelles, abattues sur le bassin, de 1990 à 2004, est de l'ordre de 64,62mm. La variation des hauteurs de précipitations est, ici aussi, importante. Les deux valeurs extrêmes s'étalent de 140 mm en 2004, à 350.2, mm en 1996, nous distinguons aussi une période de haute pluviosité annuelle, de 1996, suivie d'une période de pluviosité médiocre.

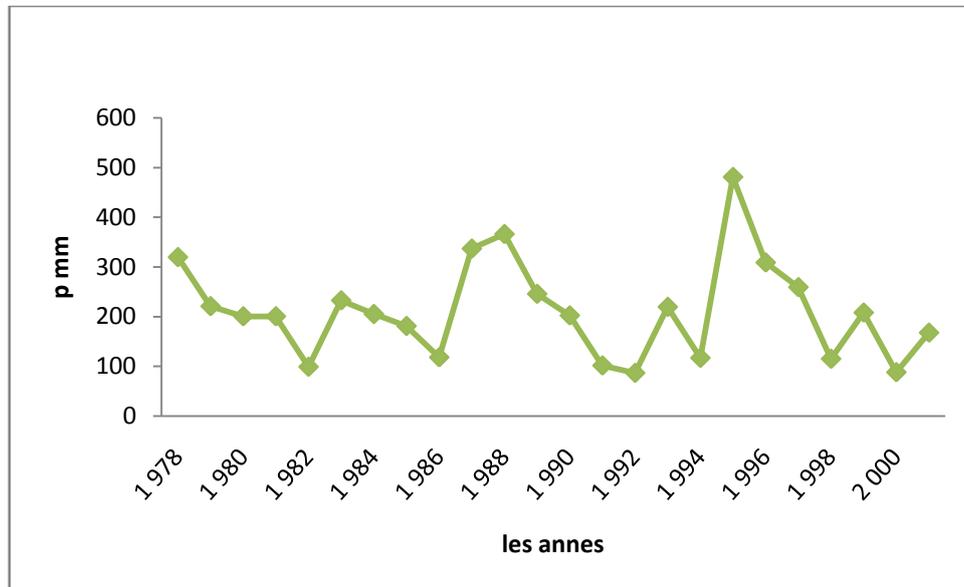


Figure 10 : Variations des précipitations annuelles à la station d'Ageunza

L'analyse du diagramme montre une variation irrégulière de précipitations annuelles avec une moyenne de 17,7 mm. Il s'agit donc d'un régime pluvial à deux pics, l'un d'automne – hiver et l'autre du printemps. La station d'Ageunza présente une pluviométrie assez importante. Les données s'étalent sur une période allant de 1978 à 2000/01 avec un maximum de 650.9 mm en 95/96 et un minimum de 47.2 mm en 82/83 et dont le module annuel est 247 mm.

## II-2- Précipitations mensuelles

Cette étude permet de connaître la répartition des pluies au cours de l'année. C'est ce qu'on appelle le régime pluviométrique.

Au niveau du station d'Ageunza la variation des pluies moyenne mensuelles est représenté dans la figure (11) sous forme de diagramme.

Ce diagramme montre 60% de pluviométrie mensuelle est concentrée durant la période pluvieuse qui s'étale entre le mois d'octobre jusqu'à mai. On remarque que les valeurs

moyennes mensuelles maximales sont enregistrées au mois novembre tandis que les valeurs minimales sont enregistrées dans les mois de juillet.

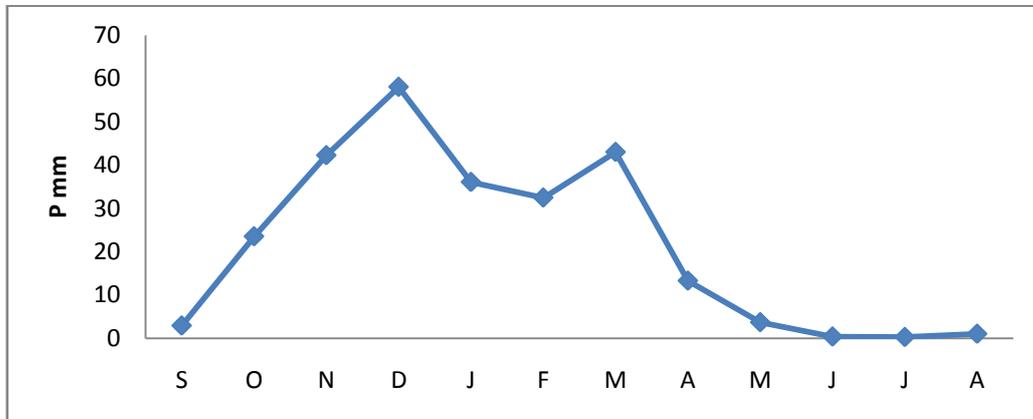


Figure 11: variation des précipitations mensuelles à la station d'Aguenza.

### a - Température

L'étude du facteur température, constitue une étape primordiale pour caractériser le contexte climatique d'un bassin versant. La combinaison de ce facteur aux précipitations, permet de contrôler plusieurs paramètres du cycle de l'eau surtout, les indices climatiques et l'évapotranspiration.

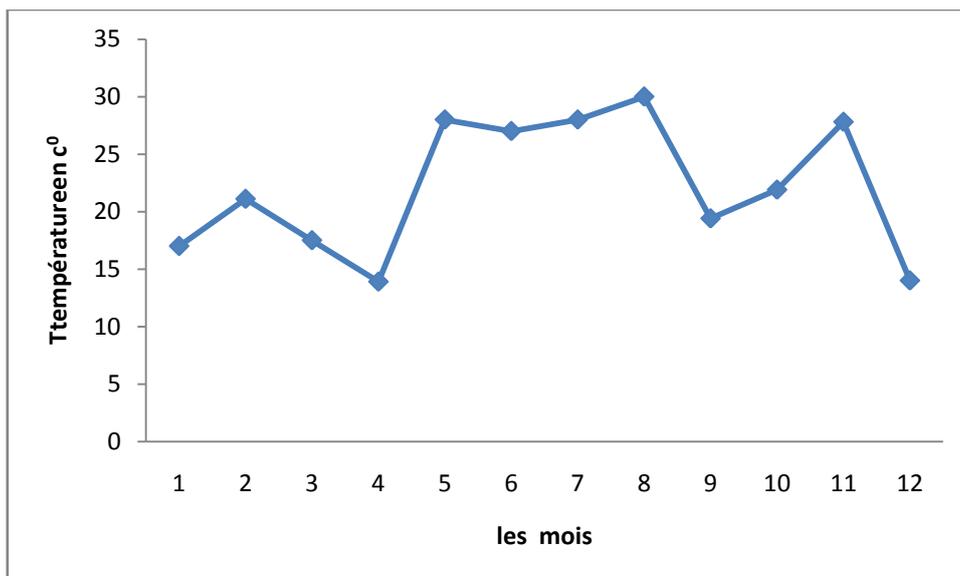


Figure 12 : Variation des températures mensuelles

L'analyse de la figure donne une première estimation concernant la répartition des mois chauds et de mois froids. Les mois de décembre, janvier, février et mars constituent les mois plus ou moins froids ; par contre le juin, juillet, août et septembre caractérisant la saison chaude. Les variations temporelles des températures sont en relation avec les caractéristiques climatiques des saisons. Par contre les variations spatiales sont en relation avec les caractéristiques géographiques.

### **b - L'évaporation**

Le terme d'évaporation désignera l'ensemble des phénomènes qui transforment en vapeur par un processus spécifiquement physique, l'eau apportée par les précipitations et la renvoient dans l'atmosphère. On associe souvent à cette évaporation le phénomène de transpiration, qui est une évaporation biologique effectuée par les plantes, lesquelles par leurs racines, vont puiser dans le sol l'eau nécessaire à leur développement et à leur vie.

Les mesures relatives à la partie aval, sont fournies par la station d'Issen-pont située à 142 m d'altitude et à 40 km d'Agadir; elle couvre une dizaine d'années de 1968 à 1977. L'évaporation moyenne annuelle est ici de 2120 mm. A l'échelle mensuelle, les évaporations potentielles s'établissent comme suit :

**Tableau 2:** *Evaporations mensuelles à la station d'Issen-pont*

Mois	Evaporation en (mm)
Janvier	184
Février	210
Mars	162
Avril	137
Mai	119
Juin	127
Juillet	154
Août	166
Septembre	146
Octobre	203
Novembre	216
Décembre	218

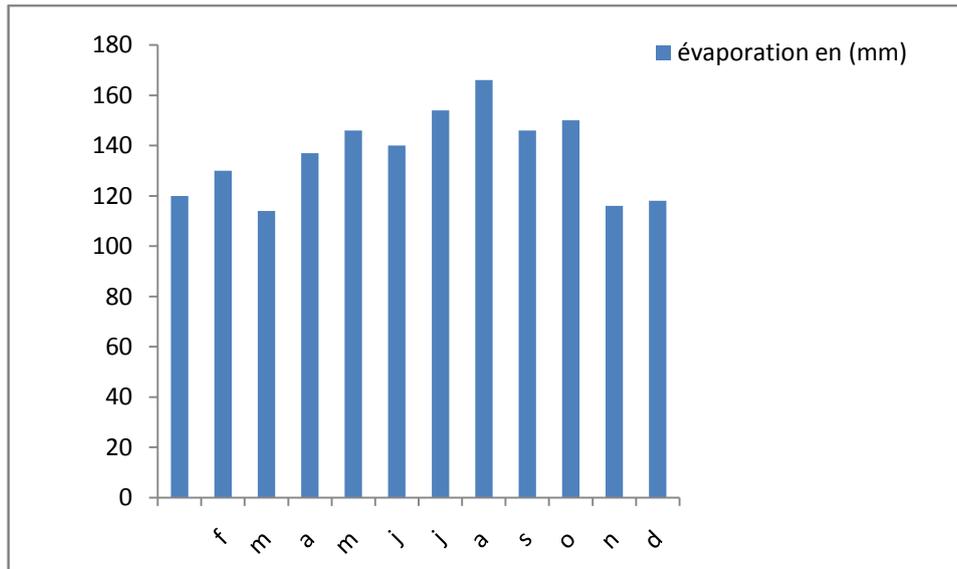


Figure 13: Hauteurs des évaporations mensuelles au Piche dans le pont d'Issen

Les valeurs de l'évaporation calculés pour la zone d'études (Issen), montrent le mois de mai est plus clément que le mois de juin, qui comporte souvent des jours de Chergui. L'évaporation atteint son maximum pendant la saison sèche, de mai à septembre.

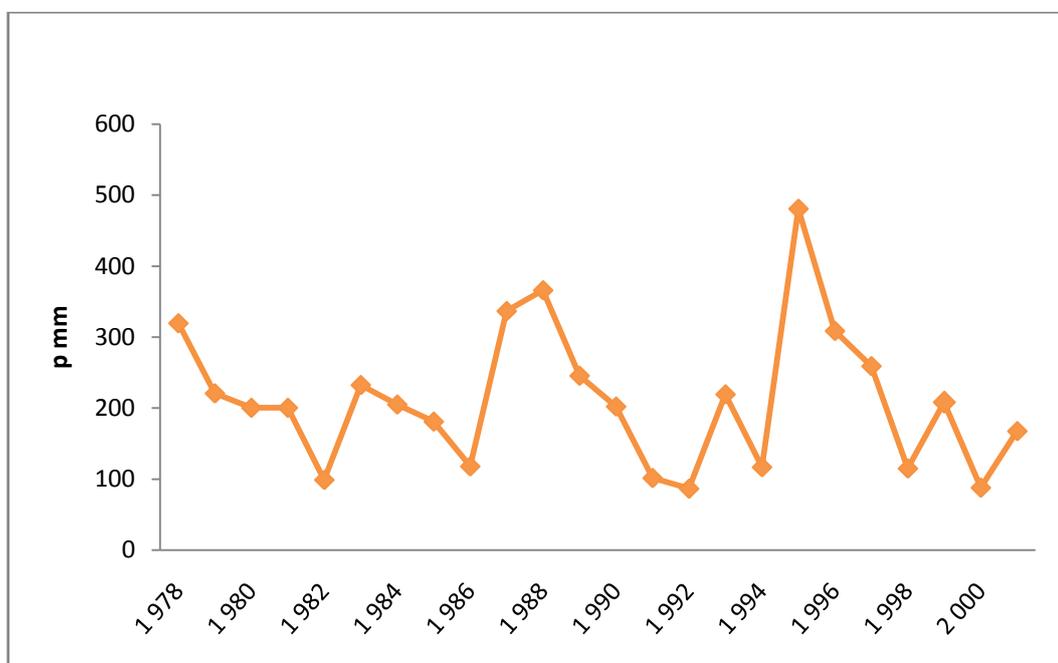


Figure 14: variation des précipitations annuelles à la station d'Aguenza

### III - Les données hydrométriques

#### III -1-Les débits moyens annuels

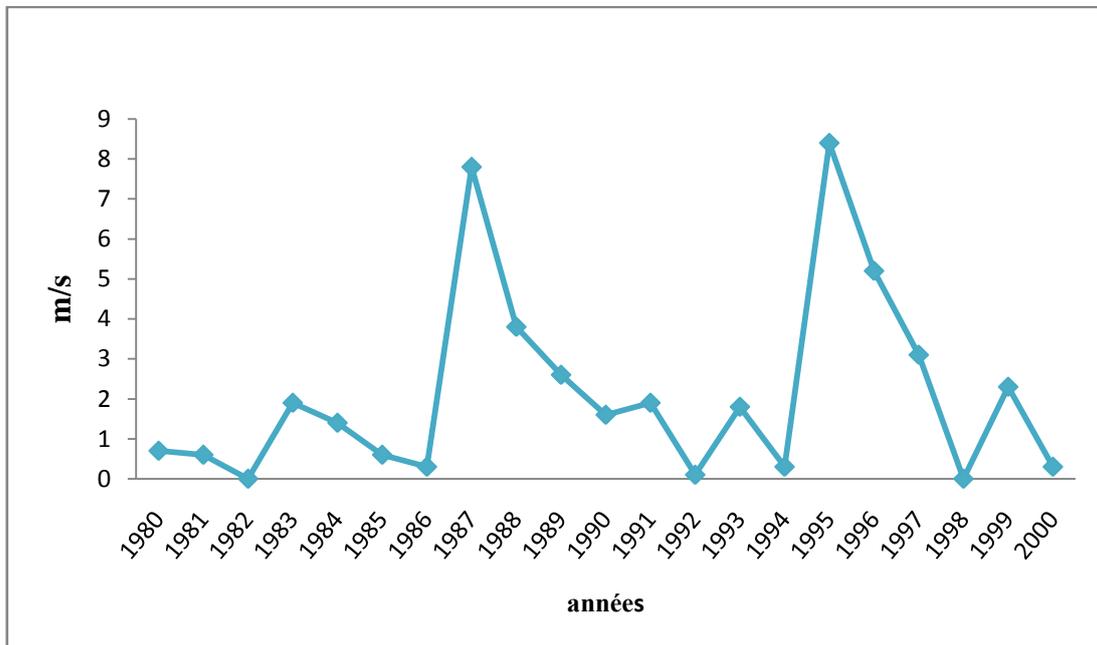


Figure15: Variation des précipitations mensuelles à la station d'Aguenza

#### III -2-Les débits moyens mensuels

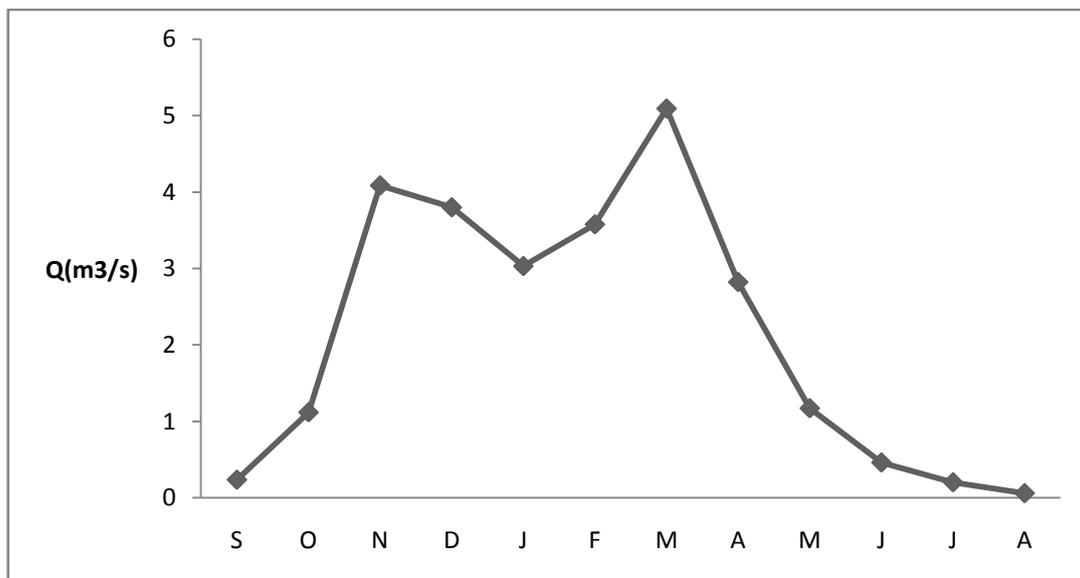


Figure 16 : Variation des débits moyens mensuels (en  $m^3/s$ ) à la station d'Aguenza

L'observation de l'hydrogramme montre que le débit augmente de Septembre à Novembre où il atteint  $4,1 m^3/s$ , puis il diminue légèrement en Décembre et Janvier, ensuite il augmente

rapidement pour atteindre sa valeur maximale de  $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$  en Mars ; enfin il diminue jusqu'à atteindre sa valeur minimale de  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  en Août. Donc on a un régime pluvial à deux pics : l'un en automne, hiver et l'autre au printemps

### III -3- Les débits moyens saisonniers

A partir des valeurs moyennes mensuelles inter – annuelles, on a calculé les écoulements moyens saisonniers exprimés en  $\text{m}^3/\text{s}$  pour chaque station.

La lame d'eau écoulee augmente de l'automne à l'hiver ou elle atteint une valeur maximale de  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  puis diminue jusqu'en été avec un minimum de  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

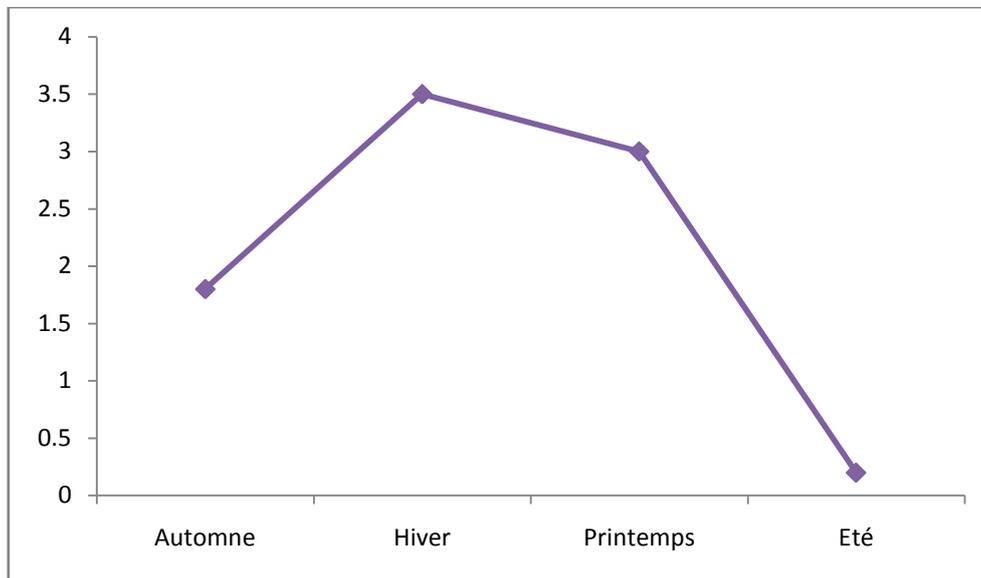


Figure 17: Variation saisonnière des débits (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ) à la station d'Aguenza

## CHAPITRE III : LA MODÉLISATION HYDROLOGIQUE

Cette partie donne un aperçu sur la modélisation en générale et de savoir les différents modèles existants dans le domaine de la modélisation des ressources en eau dans les bassins versants. Le Dictionnaire de l'environnement donne pour le mot "modèle" la définition suivante : " Représentation simplifiée, relativement abstraite, d'un processus, d'un système, en vue de le décrire, de l'expliquer l'intérêt de la modélisation débits-pluies

### **I - La modélisation pluie-débit**

Un modèle est une représentation simplifiée d'un système complexe. En hydrologie le système étudié est le bassin versant. Les modèles pluie-débit y figurent la transformation de la pluie en débit à des fins scientifiques et/ou opérationnelles.

Tout modèle est caractérisé par ses variables d'entrée, sa structure (ensemble des compartiments du système étudié et relations qui les lient) et ses variables de sortie. Dans le cas d'un modèle pluie-débit, les entrées sont toujours les données de précipitations puis, selon la complexité du modèle, des données d'évapotranspiration potentielle (ETP), de température, de nature des sols, de végétation, de topographie, d'altitude... Le débit à l'exutoire du bassin versant constitue la sortie du modèle qui intéresse l'hydrologue opérationnel. Le modèle est parfois capable d'en produire d'autres: cartes d'humidité des sols, flux de polluants. (Nicolas ECKERT.2002).

#### **I-1-Intérêts de la modélisation pluie-débit**

Connaître le débit des rivières est, c'est une évidence, de première importance pour la gestion de la ressource en eau et la maîtrise du risque hydrologique. La modélisation pluie-débit constitue un substitut efficace à des mesures de débit fastidieuses, quand elles sont possibles.

Les applications des modèles pluie-débit sont multiples : simulations de crues à court terme, prévision d'étiages, prédétermination des crues et dimensionnement d'ouvrages, mise en évidence du non stationnarité du comportement hydrologique sous l'effet du changement climatique ou de l'évolution de l'occupation du sol... De plus les modèles pluie-débit permettent d'allonger les délais de prévision par rapport aux modèles débit-débit.

## I-2- Mise en œuvre du modèle conceptuel.

### I-2-1-Principe

L'utilisation d'un modèle conceptuel sur un nouveau bassin versant jaugé nécessite

- une série de données aussi représentatives que possibles des entrées dans le système
- une estimation initiale des paramètres et variables d'état du système ;
- une méthode d'optimisation des paramètres ;
- un contrôle de la qualité de l'ajustement du modèle au système.

### I-2-2-Phase de calage et optimisation des paramètres

L'optimisation des paramètres consiste à déterminer les valeurs qui minimisent une fonction critère préalablement choisie. Celle-ci est souvent la somme des carrés des erreurs entre débit observé et débit simulé sur la période de calage. Notons que de nombreux auteurs préconisent une analyse multicritère (Dunn et Colohan, 1999).

La phase de contrôle s'effectue sur une période différente de la phase de calage. Le critère de contrôle le plus commun est celui de Nash (Nash et Sutcliffe, 1970) dérivé des moindres carrés.

$$CR(\%) = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - Q_{cal,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \overline{Q_{cal,i}})^2} \right]$$

$Q_{obs,i}$  et  $Q_{cal,i}$  sont les débits observés et calculés au pas de temps  $i$ ,  $\overline{Q_{cal,i}}$  est la moyenne des débits observés sur la période considérée. Le modèle est parfait pour  $CR=100$ . Il est supposé être acceptable pour  $CR > 70$ . Ce critère présente l'inconvénient de donner beaucoup

d'importance aux forts débits. Par conséquent, si l'on ne s'intéresse pas spécifiquement aux crues on applique le critère de Nash appliqué aux racines carrées des débits.

### **I-2-3-Initialisation et phase de mise en route du modèle**

L'initialisation du modèle implique des choix arbitraires et pas forcément judicieux concernant les valeurs des états du système. C'est pourquoi on laisse le modèle tourner durant une durée correspondant à un cycle hydrologique avant de prendre en compte les résultats de la simulation dans le critère de qualité (Eckert, 2002)

### **I-3-Efficacité d'un modèle pluie-débit**

Il est très difficile de définir ce qu'est l'efficacité d'un modèle pluie-débit et de l'évaluer de façon satisfaisante (Rango et Martinec, 1994; Perrin et al., 2001). Il est généralement admis que l'efficacité d'un modèle consiste uniquement en sa capacité à reproduire les débits mesurés en phase de contrôle, évaluée par le critère de Nash. Cela est justifiable d'un point de vue opérationnel mais moins d'un point de vue scientifique puisque les modèles pluie-débit ont prouvé en de maintes occasions leur capacité à obtenir de bons résultats en attribuant des valeurs physiquement incorrectes aux différents paramètres, voire même à s'accommoder de données d'entrée présentant un biais systématique (Andréassian et al., 2001).

## **II -Les modèles hydrologiques**

Depuis l'apparition de la modélisation hydrologique, de nombreux modèles ont été développés en fonction des objectifs recherchés, sur base de différents choix d'élaboration, menant à une multitude de modèles exploitables dont chacun est doté de champs d'application et de validité restreints. Dans cette partie l'étude sera focalisée sur les différentes modèles hydrologiques et leur classification.

La figure si dessous donne une classification des modèles hydrologiques en se basant sur ces critères.

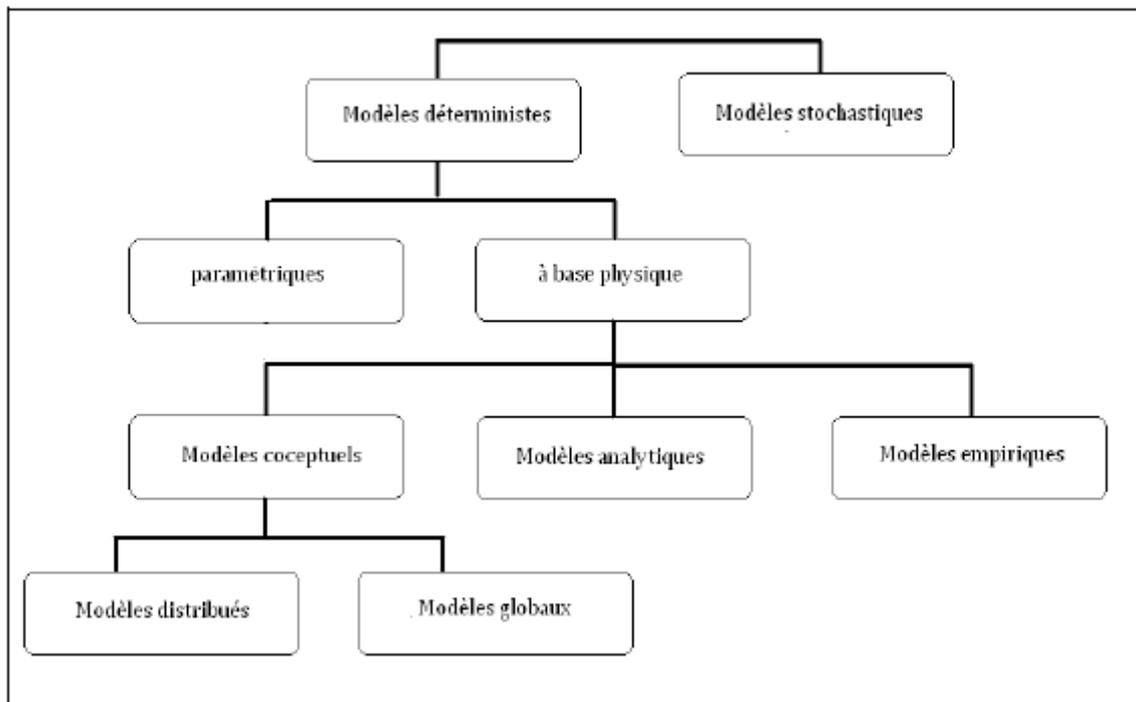


Figure 18: Classification des modèles hydrologiques

## II-1- Modèles déterministes

Un modèle est dit déterministe (par opposition à stochastique) si aucune de ses grandeurs n'est considérée comme aléatoire, c'est à dire résultant soit de l'observation soit de grandeurs reconstituées. La plupart des modèles hydrologiques sont déterministes. Ces modèles associés à chaque jeu de variables de forçage, de variables d'état et de paramètres, une valeur de réalisation unique des variables de sortie (il s'agit essentiellement des débits simulés à l'exutoire d'un bassin versant).

### II-1-1- Modèles paramétriques

Les modèles paramétriques sont les modèles incluant des paramètres dont la valeur doit être estimée par calage.

### II-1-2- Modèles à base physique

Le modèle à base physique est basé uniquement sur des équations de la physique, et ne comportant idéalement aucun paramètre. Il n'existe pas de modèle à base physique au sens strict en hydrologie. L'importance de l'hétérogénéité spatiale dans la réponse hydrologique des bassins versants rend cependant difficile voire impossible l'utilisation de tels modèles. La précision spatiale des données disponibles en particulier concernant les types de sols et leurs profondeurs n'est pas suffisante. Dans la pratique, les profondeurs et les conductivités

moyennes des sols représentatifs de sous parties du bassin versant doivent être évaluées par calage.

### **II-1-2-1- Modèles empiriques**

Les modèles empiriques reposent sur les relations observées entre les entrées et les sorties de l'hydro système considéré .Ils expriment la relation entre variables d'entrée et de sortie du système (relation pluie débit) à l'aide d'un ensemble d'équations développées et ajustées sur la base des données obtenues sur le système. Un modèle empirique ne cherche pas à décrire les causes du phénomène hydrologique considéré de ni à expliquer le fonctionnement du système, le système est vu comme une boîte noire.

### **II-1-2-2- Modèles analytiques**

Ce sont des modèles pour lesquels les relations entre variables de sortie et les variables d'entrée ont été établies par analyse de séries de données mesurées. L'exemple type est celui des modèles linéaires : les paramètres de ces modèles sont liés aux coefficients de corrélation entre les variables. Notons que l'analyse des données peut conduire au choix de relations non linéaires entre les variables.

### **II-1-2-3- Modèles conceptuels**

Les modèles conceptuels considèrent en générale le bassin versant, après quelques simplifications du cycle de l'eau, comme un ensemble de réservoir interconnectés. Ce type de modèle reproduit donc au mieux le comportement d'un système, plutôt qu'il n'avance d'explications causales sur son comportement. Le modèle CEQUEAU est un parfait exemple de modèle conceptuel

#### **II-1.2.3.1- Modèles globaux**

Dans un modèle global le bassin est considéré comme une entité unique. Des relations empiriques (issues de l'expérience) relient les entrées et les sorties sans chercher à se rapprocher d'une loi physique.

Les modèles globaux offrent à l'utilisateur un choix très attractif, car il présente une structure très simplifiée, il ne demande pas trop de données, faciles à utiliser et à calibrer. La représentation du processus hydrologique est très simplifiée. Il peut souvent mener à des résultats satisfaisants, et spécialement si l'objectif majeur est la prévision d'une crue.

### II-1.2.3.2 - Modèles spatialisés

Actuellement plusieurs modèles spatialisés correspondent à des différentes écoles hydrologiques sont en phase avancée de développement. En principe, les modèles spatialisés sont des modèles qui utilisent des entrées et des sorties ou les caractéristiques des bassins versants sont distribuées dans l'espace. La spatialisation peut être arbitraire ou basée sur des divisions morphologiques naturelles (découpage en sous bassins) ou hydrologiques (aires contributives).

Nous pouvons classer les modèles spatialisés en trois grands types :

- Modèles conceptuels spatialisés ou semi-spatialisés ;
- Modèles physiques spatialisés ;
- Modèles physiques conceptuels semi-spatialisés.
- Modèles conceptuels spatialisés ou semi-spatialisés

Les modèles conceptuels spatialisés ou semi-spatialisés représentent un grand progrès sur les modèles globaux quand il s'agit d'analyser le fonctionnement interne d'un bassin. Le bassin versant est discrétisé en unités spatiales (mailles ou sous bassins) considérées comme homogènes, qui se vident les unes dans les autres de l'amont en aval. Ainsi, on a la possibilité de tenir compte de la répartition spatiale des facteurs et de suivre la genèse et la propagation des débits à l'intérieur du bassin. C'est le cas du modèle CEQUEAU et du modèle HEC-HMS.