



In the purpose to approach studies of rainfall on slope bowl of Algiers North "Sebaou", frequency analysis and analysis of principal compound are the essential of method which can attribut this kind of studies propose.

The cart ography of some parameter of statistical distribution show its application and its advantage in application of this method.

Abstract

Fin de contribuer à l'étude des pluies extrêmes sur un bassin versant du Nord d'ALGERIE "SEBAOU", l'analyse fréquentielle et l'analyse en composante principale constituent l'essentiel de la méthodologie proposée pour l'approche de type de phénomène. La cartographie de quelques paramètres de distribution statistiques illustre l'application et l'intérêt pratique de cette méthodologie.

Résumé

المختصر  
 الغرض من هذا البحث هو دراسة الأمطار المتطرفة في حوض  
 التربة شمال الجزائر "سباو". التحليل التكراري والتحليل  
 في المكونات الرئيسية هما الأساس في منهجية الدراسة  
 المقترحة. توضح هذه الدراسة التطبيق والاهتمام  
 العملي لهذه المنهجية في دراسة التوزيع الإحصائي  
 لبعض المعاملات الهيدرولوجية.

المركز الوطني للتكنولوجيا  
 BIBLIOTHEQUE - المكننة  
 Ecole Nationale Polytechnique

DEDICACES

DEDICACES

- a ma mere,
- a mon pere,
- a la memoire de mon frere,
- a mes freres,
- a mes soeurs : -samira

-nadia

-sabah

-amel

C'est pour moi l'occasion d'exprimer mes sentiments d'admiration et gratitude à qui ont su me donner le goût du travail qui, de ce fait, est devenu un plaisir.

-a Mme et Mr Khiaïred et leur adorable fille soumaya.

-a Mme et Mr Mouhoubi et leurs enfants.

A mes parents,

-a Sofia,

A mes frères et soeurs,

-a Otho,

A la mémoire de ma grand mère,

-a Bahig,

A mes amis (es)

-a toute ma famille,

-a mes amies,

je dedie ce modeste travail.

L. ANGUEL

K. Bendahmane

DEDICACES

à ma mère,  
à mon père,  
à la mémoire de mon frère,  
à mes frères,  
à mes sœurs : - Samira  
- Nadia  
- Sabah  
- Amel  
à Mme et Mr Khared et leur adorable fille Soumya,  
à Mme et Mr Houroubt et leurs enfants,  
à Zafra,  
à Aïcha,  
à Bahia,  
à toute ma famille,  
à mes amis,  
Je dédie ce modeste travail.

L. ANQUEL

### REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à notre promoteur Mr.CHAMBAZ, et qu'il nous soit permis d'exprimer toute notre gratitude et notre sympathie à notre copromoteur Mr.BERNAD pour ses conseils précieux et l'aide qu'il a bien voulu nous prodiguer tout au long de notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à :

-Mr.DECHEMI, pour ses conseils pertinents et éclairés, et pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

-Mr.OULDAMARA, pour la proposition du sujet et l'aide qu'il nous a donné au cours de ce projet.

-Mr.CHERRED, pour avoir contribué à notre formation.

-Mr.KHEMMARI, professeur à l'INA pour avoir accepté d'assister à notre soutenance, qu'il trouve aussi notre profonde gratitude.

Nous saisissons l'occasion pour étendre nos remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, particulièrement à :

\_Mr.MAHDI, maitre assistant à l'ENP pour avoir mis à notre disposition le centre de calcul.

-Mlle.BENMAMAR, maitre assistante à l'ENP.

-Mlle.ZERFA, maitre assistante à l'ENP.

-Mr.GHAZEL, pour son aide dans l'établissement des cartes.

-La promotion 91-92.

Nous remercions également Mlle.BOUABBAS, la secrétaire du département d'hydraulique pour son aide pertinent durant notre travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	4
I/ ETUDE DE LA PLUVIOMETRIE .....	6
I.1/ HISTORIQUE .....	6
I.2/ GENERALITES .....	8
I.3/ NOTION DES PRECIPITATIONS .....	9
I.3.1/ PLUIE .....	9
I.3.2/ VALEURS MAXIMALES, VALEURS SUPERIEURES .....	9
I.3.3/ PLUIE SUR X HEURES .....	10
I.3.4/ PLUIE MAXIMALE SUR UNE DUREE t .....	10
I.4/ MESURE DES PRECIPITATIONS .....	11
II/PRESENTATION DU BASSIN VERSANT D'ETUDE .....	12
II.1/ DESCRIPTION DU BASSIN .....	12
II.1.1/ SITUATION GEOGRAPHIQUE .....	12
II.1.2/ PARAMETRES CLIMATIQUES .....	14
II.1.2.1/ Le climat .....	14
II.1.2.2/ Les vents .....	14
II.2/ COLLECTE ET CONTROLE DE LA QUALITE DES DONNEES	
PLUVIOMETRIQUE .....	14
II.2.1/ COLLECTE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES .....	14
II.2.2/ ETAT DU RESEAU PLUVIOMETRIQUE .....	15
II.2.3/ SELECTION DES STATIONS .....	15
II.2.4/ CONTROLE DES DONNEES .....	17
a/ Au moment du depouillement .....	17
b/ Au moment de leur transcription .....	19
c/ Pas d'homogeneisation des donnees .....	19
II.2.5/ LES ERREURS SYSTEMATIQUES	
DES MESURES DE PRECIPITATION .....	19

III	ETUDE FREQUENTIELLE DES PLUIES EXTREMES	22
III.1/	PREAMBULE	22
III.2/	CONSTITUTION DES ECHANTILLONS	22
	- PROBLEMES POSES	22
III.3/	ANALYSE FREQUENTIELLE	23
III.3.1/	OBJECTIF	23
III.3.2/	SELECTION DE TYPE DE DISTRIBUTION POUR LES PLUIES EXTREMES	24
III.3.3/	RAPPELS THEORIQUE DES LOIS DE DISTRIBUTIONS	25
	- Loi de GUMBEL	25
	- Loi de FRECHET	26
III.3.4/	ESTIMATION DES PARAMETRES DE DISTRIBUTION	27
	- Méthode des moments	27
	- Méthode du maximum de vraisemblance	28
	- Méthode graphique	28
	- Méthode des moindres carrées	29
III.4/	PRESENTATION DES RESULTATS	30
III.5/	ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS	30
IV	APPLICATION DE L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES AUX PLUIES EXTREMES	42
IV.1/	INTRODUCTION	42
IV.2/	INTERET DE LA METHODE	43
IV.3/	PRINCIPE DE LA METHODE	44
IV.4/	PROCEDE DE CALCUL DE L'A.C.P.	45
IV.5/	APPLICATION DE L'A.C.P. AUX PLUIES EXTREMES ET INTERPRETATION	49
	- INTERPRETATION GRAPHIQUE	57

V CARTOGRAPHIE .....	60
V.1/ INTRODUCTION .....	60
V.2/ INTERET DE LA CARTOGRAPHIE .....	60
V.3/ POSITION DU PROBLEME .....	60
V.4/ METHODES DE CARTOGRAPHIE .....	60
* INTERPOLATION PAR FONCTIONS "SPLINE" .....	60
- Signification physique des fonctions "SPLINE" ..	62
* APPLICATION AUX PLUIES MAXIMALES DU BASSIN VERSANT DE SEBAOU .....	63
 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS .....	 76
 BIBLIOGRAPHIES .....	 89
 ANNEXE 1 .....	 82
 ANNEXE 2 .....	 93

## INTRODUCTION

Le développement des pays nécessite une connaissance toujours meilleure des ressources en eau c'est pourquoi, "l'hydrologie est devenue aujourd'hui une technique importante de l'art de l'ingénieur" (REMENERIAS) [24]. Celle-ci s'est toujours développée sous la pression des besoins. Les estimations des débits de crue sont basées sur la connaissance de différents paramètres caractéristiques des pluies extrêmes.

Il est souhaitable de fournir aux projeteurs une étude synthétique des pluies en tenant compte du maximum d'informations disponibles.

Le but de notre travail est de contribuer à l'étude des précipitations en ALGERIE, et plus particulièrement celle des pluies extrêmes dans le bassin versant du SEBAOU, et ce afin de cartographier des quantiles de pluies qui pourront être éventuellement utilisés dans le dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

Les problèmes rencontrés sont multiples:

-Absence de méthodologie définie pour l'approche d'une telle étude.

-Quelles sont les définitions adoptées pour les pluies extrêmes ?

-Choix des paramètres statistiques caractéristiques essentiels et utiles des pluies extrêmes ?

-Comment procéder à une extension spatiale à partir des données ponctuelles ?

Pour cela on a adopté le plan de travail suivant :

Dans le premier chapitre, on a présenté les différentes définitions des pluies extrêmes trouvées dans la bibliographie et on a noté la difficulté d'adopter une définition générale unique de celle-ci.

Une présentation synthétique des données relatives au bassin versant étudié, en l'occurrence le SEBAOU a fait l'objet du deuxième chapitre.

On a procédé dans le troisième chapitre à l'étude des lois de distribution statistiques appliquées aux précipitations journalières maximales.

Pour toutes les stations disponibles, on a déterminé les paramètres statistiques les plus significatifs ainsi que les formes de lois de distributions adéquates.

Afin de connaître la variation spatiale des pluies extrêmes, la technique de l'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES sera utilisée au chapitre quatre.

Pour terminer, il a été intéressant de reporter certains résultats de l'analyse statistique des pluies sur support cartographique.

Le cinquième chapitre illustre l'application de celle-ci aux différents paramètres recueillies qui forment de nos jours le moyen adéquat d'une synthèse d'informations.

I 1/HISTORIQUE:

Les plus grandes valeurs de précipitation enregistrées au Monde, et pour une importante durée, furent mesurées par JENNING (1950). Par ailleurs, les plus grandes durées de pluie enregistrées furent celles de CHERRAPUNJI (INDE) avec un maximum en deux ans pour une hauteur de précipitation de 41000 mm.

Plus récemment, le record a été battu par les précipitations des cyclones dans les pays tropicaux: LA REUNION (Ile de l'océan indien ) et TAIWAN (PAULHUS 1965). [26]

Un graphe des pluies en mm est donné en figure N°1

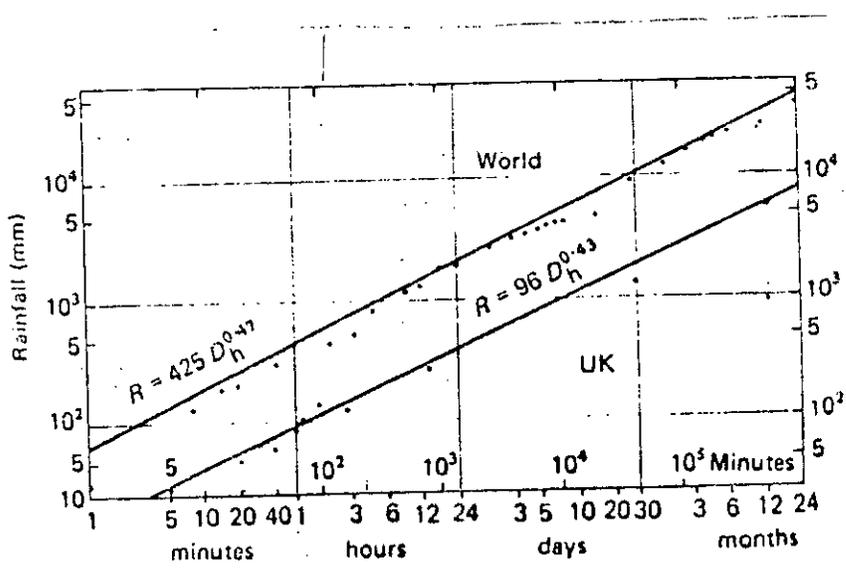


Fig. 1 World and UK highest recorded rainfalls.

Les points se présentent approximativement comme une ligne droite, et par conséquent forment une ligne enveloppe à travers les valeurs extrêmes, d'où la relation unique liant la durée D aux valeurs Max : R.

Bien que les valeurs élevées annuelles et mensuelles de précipitation sont les bienvenues pour les ingénieurs en "Ressources en eau", elles ne provoquent généralement pas une augmentation des crues et ne demandent donc pas une attention spéciale. Ce sont les précipitations extrêmes de courte durée qui sont observées de plus près pour la formation des crues.

Depuis que la plupart des données de précipitation sont des valeurs journalières, une attention particulière a été portée aux valeurs journalières maximales.

Le tableau N°1 donne quelques valeurs Mondiales Maximales, toutes venant des régions tropicales ainsi que la plus importante valeur journalière.

World		inches	mm
Cilaos, La Reunion	Mar. 15 1952	73.62	1870
Belouve, La Reunion	Feb. 27 1964	66.49	1689
Aurere, La Reunion	April 7 1958	62.33	1583
Paishih, Taiwan	Sept. 10 1963	49.13	1248
Halaho, Taiwan	Sept. 10 1963	46.98	1193
Baguio, Phillipines	July 14 1911	45.99	1168
Cherrapunji, India	June 14 1876	40.70	1034
UK			
Mar			
Bruton, Somerset	June 28 1917	9.56	243
Cannington, Somerset	Aug. 18 1924	9.40	239
Longstone Barrow, Exmoor	Aug. 15 1952	9.00	229

Tableau 1

Une étude plus pratique, pour les grandes précipitations en GRANDE BRETAGNE, a été établie par BLEASDALE (1963) pour les années 1893-1960. Il a énuméré les 142 événements ou la hauteur d'eau a dépassée 127 mm. [26]

## I 2/Généralités :

Les valeurs hydrologiques extrêmes d'inondation et de sécheresse, avec leurs considérables effets sur la vie humaine, constituent inévitablement une grande proportion du travail de l'ingénieur hydrologue.

Les causes de ces événements notables sont, un grand surplus d'eau d'une part, et une grande pauvreté d'autre part.

Les inondations peuvent résulter: de fortes précipitations, la fonte rapide d'une importante quantité de neige accumulée, ou, d'une combinaison des deux, ceci dépendant de la situation géographique et de la saison.

Les Sécheresses peuvent être étudiées par l'analyse des écoulements en rivière, mais dans plusieurs régions, les sécheresses se produisent dans des lits de rivières secs. Cependant, l'étude des déficiences de précipitation peut donner, plus généralement, des résultats ou des mesures plus significatives de la sécheresse et plus spécialement pour les agriculteurs.

Dans le cadre de notre étude, seule les pluies maximales seront traitées.

### I-3/ NOTIONS DE PRECIPITATIONS :

#### I-3-1/ PLUIE:

Les pluies sont relatives à un intervalle de temps qu'il convient toujours de bien préciser. Le déroulement dans le temps de l'intensité de la pluie est très discontinu, avec des périodes plus ou moins longues d'intensité nulle. Contrairement à l'usage des années 1950-1960, il s'est révélé intéressant de définir les pluies comme des épisodes continus d'intensité non nulle. On distinguera pluie et épisode pluvieux. La pluie est la quantité d'eau reçue entre deux dates bien déterminées, quelle que soit sa répartition à l'intérieur de l'intervalle de temps considéré. Si la durée est fixée et que l'on fait varier la date de début de l'intervalle, la quantité de pluie varie. L'épisode pluvieux est un épisode pendant lequel l'intensité n'est pas nulle ou encore ne descend pas en dessous d'un seuil fixé.

#### I-3-2 / VALEURS MAXIMALES, VALEURS SUPERIEURES :

La distinction selon l'adjectif utilisé est importante car elle conduit à des variables différentes.

On parle de valeurs maximales quand on découpe le temps en périodes égales, par exemple l'année.

L'échantillon des valeurs maximales est alors constitué de la ou des  $n$  ( 2 à 3 ) plus fortes valeurs observées chaque année .

Pour constituer un échantillon de valeurs supérieures, le découpage en années n'intervient pas.

On considèrera la valeur maximale obtenue sur toute la durée d'observation, on relèvera alors l'épisode correspondant et l'on cherchera à nouveau sur la durée restante la nouvelle valeur maximale qui constituera la deuxième valeur de l'échantillon, on relèvera à nouveau l'épisode correspondant et l'on répètera l'opération à volonté. On obtient de ce fait un échantillon classé.

### I-3-3/ PLUIE SUR "X" HEURES :

La présentation qui a été faite des variables pluies et la technique de sélection des valeurs maximales et celle des valeurs supérieures fait qu'il est préférable d'écrire "pluie SUR x heures" que "pluie DE x heures". On insiste ainsi sur le fait que l'on considère la quantité de pluie tombée sur un intervalle de temps fixé à priori et non pas un épisode pluvieux qui a duré un certain temps sans discontinuité. Du fait de ce choix, les pluies maximales sur x heures sont des fonctions strictement croissantes de x, ce qui n'est pas le cas pour les épisodes pluvieux continus.

### I-3-4/ PLUIE MAXIMALE SUR UNE DUREE t

On désigne ainsi les plus fortes valeurs de pluie enregistrées sur une durée totale quelle que soit la répartition entre pluie et non pluie sur l'intervalle de durée t.

On réserve la dénomination de pluie maximale aux échantillons constitués d'un nombre constant de pluie par an, ou par saison, en général une (01), ce qui conduit à la pluie maximale annuelle sur une durée t.

#### I-4/ MESURE DES PRECIPITATIONS :

Une précipitation se caractérise en tout premier lieu par sa nature selon qu'elle se présente sous forme solide ou liquide. "La mesure des précipitation s'exprime par la hauteur comptée suivant la verticale, de la lame d'eau qui s'accumulerait sur une surface horizontale, s'il n'y avait pas de pertes par évaporation ou par écoulement, et si toutes les précipitations solides sont fondues" [25]. Pour cela il existe plusieurs types d'appareils de mesures qu'on appelle pluviomètres, pluviographes, nivomètres, etc.... La meilleure façon de caractériser la précipitation est bien sûr de donner l'évolution de son intensité en fonction du temps. Malheureusement, les observations actuellement disponibles ne concernent pas les intensités instantanées. On ne dispose que des quantités d'eau tombées durant un pas de temps ( $t = 24^h$ ). Il n'est donc pas possible d'approcher les intensités instantanées et par conséquent on traitera uniquement les hauteurs de pluies sur  $t = 24^h$ .

II-1/ DESCRIPTION DU BASSIN :II-1-1/ SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La surface totale du bassin versant de la SEBAOU est d'environ 2500 km<sup>2</sup>. Il est constitué pour une bonne partie, d'une plaine ou presque, flanquée au nord d'une chaîne cotière peu élevée (1278 m au maximum), qui assure une séparation avec la mer. Au sud, on observe le massif du DJURJURA, avec une frontière de reliefs élevés (jusqu'à 2300 m) fortement et profondément entaillés par des vallées rapides. On constate aussi qu'entre la chaîne et la frontière sud partent des éperons vers le nord qui empêchent la circulation des masses pluvieuses venant de l'ouest. Le bassin versant peut être décomposé en dix (10) sous bassins principaux. Les affluents les plus importants sont:

En rive droite:L'oued TAMDA

L'oued DIS

L'oued STITA

EN rive gauche:L'oued BOUGDOURA

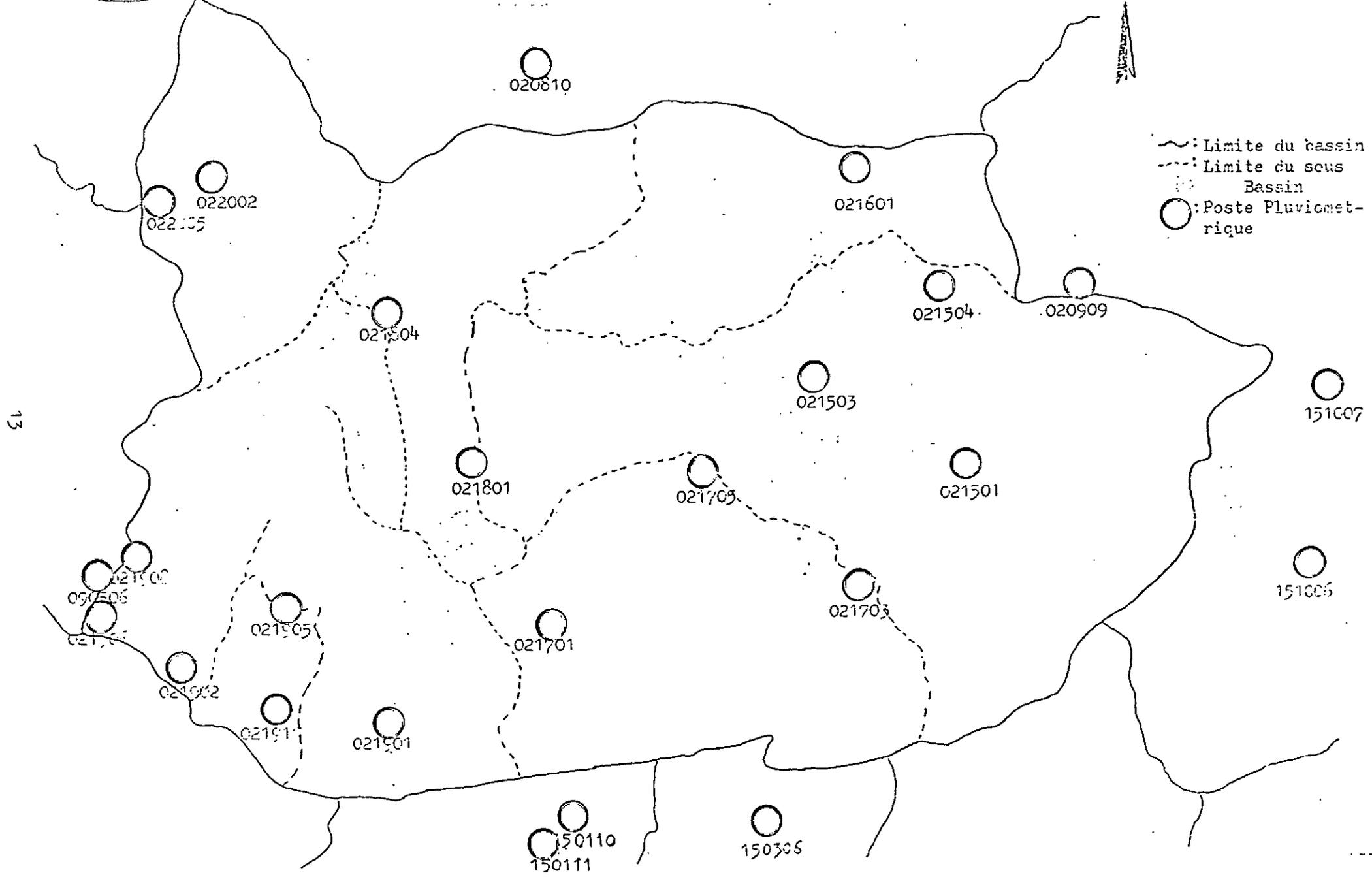
L'oued AISSI

L'oued RABTA

L'oued SEBT

La plaine alluviale de l'oued SEBAOU se situe à 80 Km à l'est d'Alger. Elle est limitée:

SCHEMA DU BASSIN DE L'OUED SEBACH



- Au Nord Ouest par la Mer Méditerranée.
- Au Nord et Nord Est par la chaîne littorale.
- Au Sud et Sud Est par la chaîne du DJURDURA.

## II-1-2/ PARAMETRES CLIMATIQUES:

### II-1-2-1/ LE CLIMAT:

La région de SEBAOU, sous domaine de la grande Kabylie, bénéficie d'un climat de type méditerranéen à hiver frais et pluvieux et été sec et chaud. Elle fait partie de l'un des domaines géographiques les mieux arrosés d'Algérie (L'humidité de l'air varie entre 40 à 50 % en été et 75 à 80 % en hiver). Le bassin versant de Loued SEBAOU présente de grandes variations altimétriques. Les sommets du grand massif du DJURJURA dépassent 2000 m. Le relief influence évidemment dans des proportions importantes les conditions du bassin (hydrologiques, climatiques....).

### II-1-2-2/ LES VENTS:

Les vents de la région de SEBAOU ont une direction dominante ouest à nord-ouest en moyenne durant l'année entière. Entre Mai et juillet la direction nord-ouest prédomine. Les vents de la direction sud à sud-est et sud-ouest ont des fréquences les plus faibles [30].

## II-2/ COLLECTE ET CONTROLE DE LA QUALITE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES:

### II-2-1/ COLLECTE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES:

L'absolue nécessité de disposer d'une information pluviométrique abondante, nous a conduit au service

concerné, l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques [A.N.R.H.], qui a mis aimablement à notre disposition des fichiers (Listings) présentant des totaux mensuels, et des valeurs maximales mensuelles propres à chaque station de la région étudiée.

Chaque station comporte un numéro de code

EXEMPLE : 020810

02 : Code du bassin

08 : Code du sous bassin

10 : Numéro de la station

L'altitude et les coordonnées LAMBERT de chaque station sont relevées à partir des originaux.

#### II-2-2/ ETAT DU RESEAU PLUVIOMETRIQUE :

Une simple analyse du tableau synoptique (Tableau N°2) permet de constater d'une part l'hétérogénéité générale des séries (présences de lacunes importantes) et d'autre part l'opposition entre de longues séries allant généralement du début du 20<sup>ème</sup> siècle jusqu'à la période de l'indépendance (1962) et de courtes séries récentes, en partie postérieures à 1970. Les deux dernières décennies 1970-1990 se caractérisent par un vide relatif. Les quelques données disponibles sont peu discontinues. Par ailleurs, l'insuffisance des stations pluviométriques dans le réseau et leurs répartitions spatiales présentent une des lacunes les plus importantes en matière de mesure de précipitation.

#### II-2-3/ SELECTION DES STATIONS :

La nécessité d'avoir des échantillons de taille importante et une bonne répartition spatiale des stations ont été nos premiers critères de sélection. Seules 19 stations, toutes présentant une période de fonctionnement supérieure à 14

! CODES !	PERIODE DE FONCTIONNEMENT DES STATIONS									
! DES !										
! STATIONS !	10	20	30	40	50	60	70	80	90	!
! 020810 !							*****	*****		
! 020902 !	-*	-*	***	****	*****	****	****	**	***	*
! 020904 !			*****	*****	----	***	*****			
! 020908 !	*****									
! 020909 !							*****			
! 021501 !							*****			
! 021503 !					-----*	**		*	*****	***
! 021504 !			*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
! 021601 !			*****	*****	*****	-----*		***	*	*****
! 021701 !							*****	*****	***	
! 021703 !			*****	*	****	----		**	*****	***
! 021705 !		****	-----*	-----	*****	*****	*****	*****	*****	*****
! 021711 !			*	*	*	*	*	*	*	*
! 021801 !					****	-----		*	*****	*****
! 021804 !								*	*	*****
! 021806 !	****	**	***	*****	*****	*****	*****	****	*	----
! 021901 !								*	*****	*****
! 021902 !						--*		***	*	*****
! 021905 !								***	*	*****
! 021906 !								*	***	*
! 021907 !								*****	*****	*****
! 021908 !								*	*	*****
! 021911 !								*****	*****	*
! 021915 !								*	*	*****
! 022002 !								*****	*****	*****
! 022003 !			*****	****						
! 022005 !								*****	*****	*****
! 022007 !					****	-----*				
! 090506 !								*		*****
! 150110 !								***	*	*****
! 150111 !								*****	***	*
! 150306 !								****	-----	****
! 151006 !								*****	**	*****
! 151007 !								***	*	*****

LEGENDE  
 \* : OBSERVEES  
 - : NON OBSERVEES  
 : N'A PAS FONCTIONNEE

TABLBAU N° 2

ans, répondaient à ce critère. Ce nombre apparaît à priori satisfaisant mais il est en réalité très faible comparé à la superficie du bassin étudié (Un poste pour 131 Km<sup>2</sup> environ). Afin d'augmenter celui-ci, on a sélectionné six (06) autres stations au voisinage du bassin en question, ce qui fait un total de 25 stations (Tableau N°3). Un deuxième critère de sélection basé sur la qualité de la donnée sera étudié au chapitre N°IV de notre travail. Il est à noter qu'aucun critère ne l'emporte sur l'autre.

#### II-2-4/ CONTROLE DES DONNEES :

Toute étude climatique ou hydrologique est basée sur l'exploitation des séries de données recueillies pendant des périodes plus ou moins longues continues ou discontinues. Il est donc impératif, qu'une étude de la pluviométrie doit donc commencer par une confrontation de tous les fichiers (listings) de données aux originaux. Afin d'être objectif et de déceler d'éventuels types d'erreurs, il est nécessaire de connaître l'originalité de ces dernières qui peuvent se résumer comme suit:

##### a) AU MOMENT DE DEPOUILLEMENT :

Tout gestionnaire de réseau pluviométrique sait combien il est difficile d'obtenir des enregistrements absolument continus et parfaits. Quelque soit le soin apporté par l'observateur aux relevés des appareils, il se produit fatalement des pannes à un moment ou un autre. Le bouchage du pluviomètre est un exemple de ce type d'erreur. La première démarche à suivre lors de la collecte des données consiste à détecter ces défauts et à reconnaître leurs natures. En

LISTE DES STATIONS RETENUES POUR L'ETUDE					
CODES DES STATIONS	NOM DES STATIONS	PERIODE RETENUE POUR L'ETUDE	CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES DES STATIONS PLYVIOMETRIQUES		
		70.....80.....90.	X km	Y km	Z m
020810	EL AZAIB	*****--*****	625.05	398.55	650
020909	TAGMA PEPINIERE	*****	660.25	382.95	950
021501	TIRZIT-N'BOUBBHIRS	*****--	650.90	372.09	220
021503	DJEMMA SAHARIDJ	!--*****-***-***	641.35	377.75	450
021504	AZAZGA ECOLE	*****-*****	649.40	384.00	432
021601	AGHRIBS	*--*---*-*-----*	644.70	390.70	730
021701	OUADHIAS	!--*****-****-***	624.70	362.80	450
021703	AIN EL HAMMAM	!--*****-***-*****	644.15	364.50	1075
021705	ARBAA WAIT IRATHEN	*- *****	634.30	371.75	942
021801	BOU ASSAM	!--*****-*****	620.00	371.50	600
021804	DRAA BEN KHEDDA	!--*--*****-**-***	614.32	382.50	35
021901	TIZI MEDENE	!--*****	612.35	357.90	550
021902	DRAA EL WIZAN	****--*****-*****	601.50	360.15	435
021905	AIN ZAOUIA	***-*--*****	607.10	363.50	210
021906	NEZLIOUA	***-*--*****	595.80	363.20	120
021908	TAMELHAT	!--*****	611.80	382.50	580
021911	TIZI LETNINE	!--*****--*****-*	606.90	356.10	470
022002	BAGHLIA VILLAGE	*****	603.25	391.15	30
022005	OULED AISSA	*****-----*	599.05	390.10	354
030506	TIZI RHENIFF	*****-**--***-*	596.30	366.10	415
150110	AIN ALLOUANE	**-*--***-***-*****	624.10	348.35	1025
150111	INDRHAT HANMAD	****-**-*-----*	617.30	345.10	580
150306	BENNI HANMAD	!--****--****-****	635.75	346.70	546
151006	SEDDOUK	*****-**-----*	678.05	362.15	484
151007	TIFRA	**-*--***-*-****-***	678.75	375.75	450

LEGENDE

- \* : OBSERVEES
- : NON OBSERVEES
- : N'A PAS FONCTIONNEE

TABEAU N°3

suite, il faudrait rechercher dans quelle mesure, elles affectent la donnée à extraire. Cependant, il arrive malgré la perte globale d'information, qu'un avatar introduit de cette sorte, nous conduise à retenir et prendre en compte un minimum d'informations.

b) AU MOMENT DE LEUR TRANSCRIPTION :

Lors de la transcription sur des listings, une cohérence interne des données doit être assurée par élimination des anomalies ou erreurs introduites fortuitement. Il est a priori possible d'envisager deux types d'anomalies détectables "visuellement" ou au moyen d'un programme de contrôle préalable. Chaque anomalie ou erreur détectée entraîne une rectification appropriée, après vérification de l'enregistrement.

c) PAS D'HOMOGENEISATION DES DONNEES :

Du fait qu'il s'agit d'une première synthèse basée sur des séries relativement courtes, on n'a pas tenté une véritable homogénéisation des données collectées. On craignait en fait, d'imposer par une méthode trop systématique et génératrice des effets de lissage préjudiciables "effets de moyenne" d'une part, à la différenciation locale des résultats, d'autre part et surtout au caractère extrême des phénomènes rares (ici très fortes pluies). Ces méthodes sont en effet davantage performantes en étude régionale des moyennes qu'en étude de valeurs extrêmes où elles risquent de conduire à sous estimer les variances. [ 6 ]

II-2-5/ LES ERREURS SYSTEMATIQUES DES MESURES  
DE PRECIPITATION :

En général, l'inexactitude des mesures de

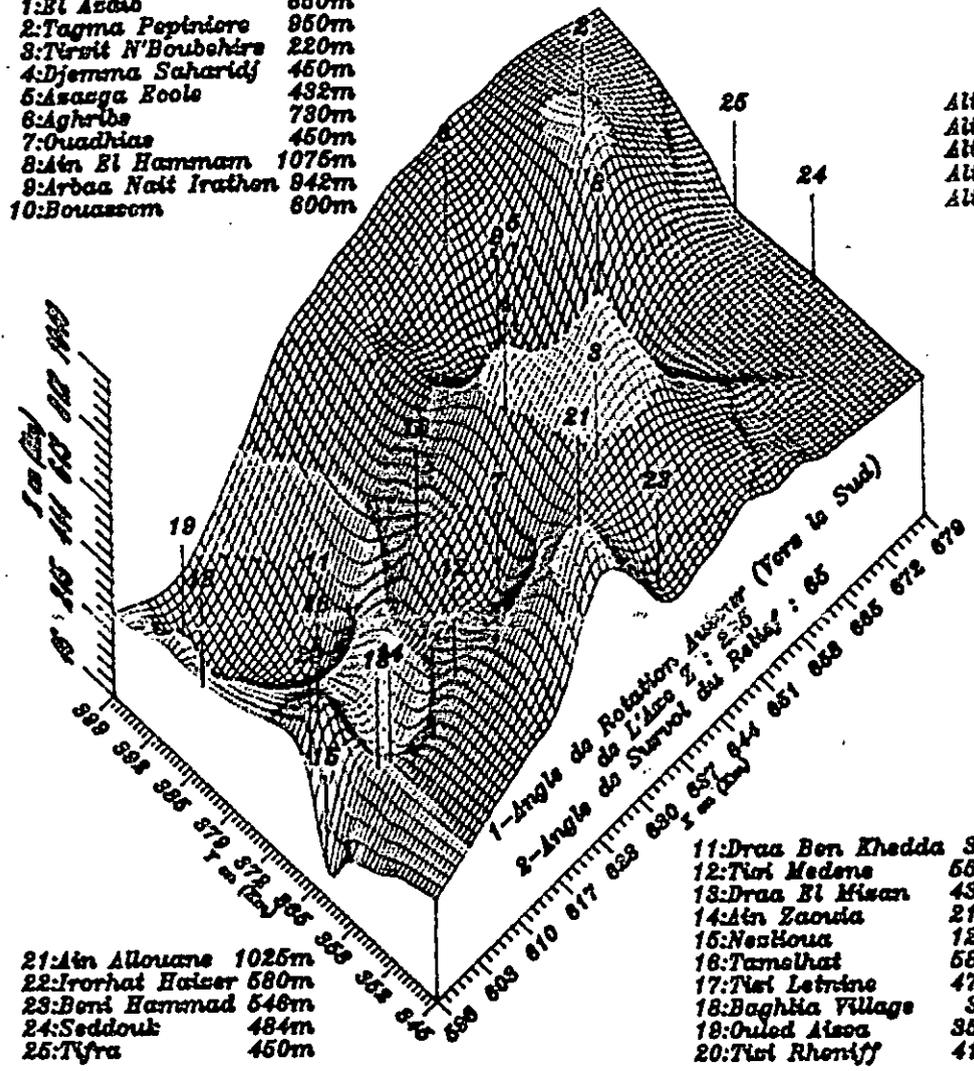
précipitation est due aux effets du vent et à l'évaporation. Pour le cas des pluies extrêmes, les pertes en eaux sont généralement négligeable vue l'abondance des pluies à grosses gouttes [BRASLAVSKY et AL 1975]. Les pertes causées par la déformation du champ du vent peut s'élever jusqu'à 30% pour un milieu exposé

[BRASLAVSKY et AL 1975]. Les pertes par évaporation peuvent être négligé pour un total de précipitation journalière. [4]

## VISUALISATION DU RELIEF DU BASSIN DE SEBAOU (2500 Km<sup>2</sup>)

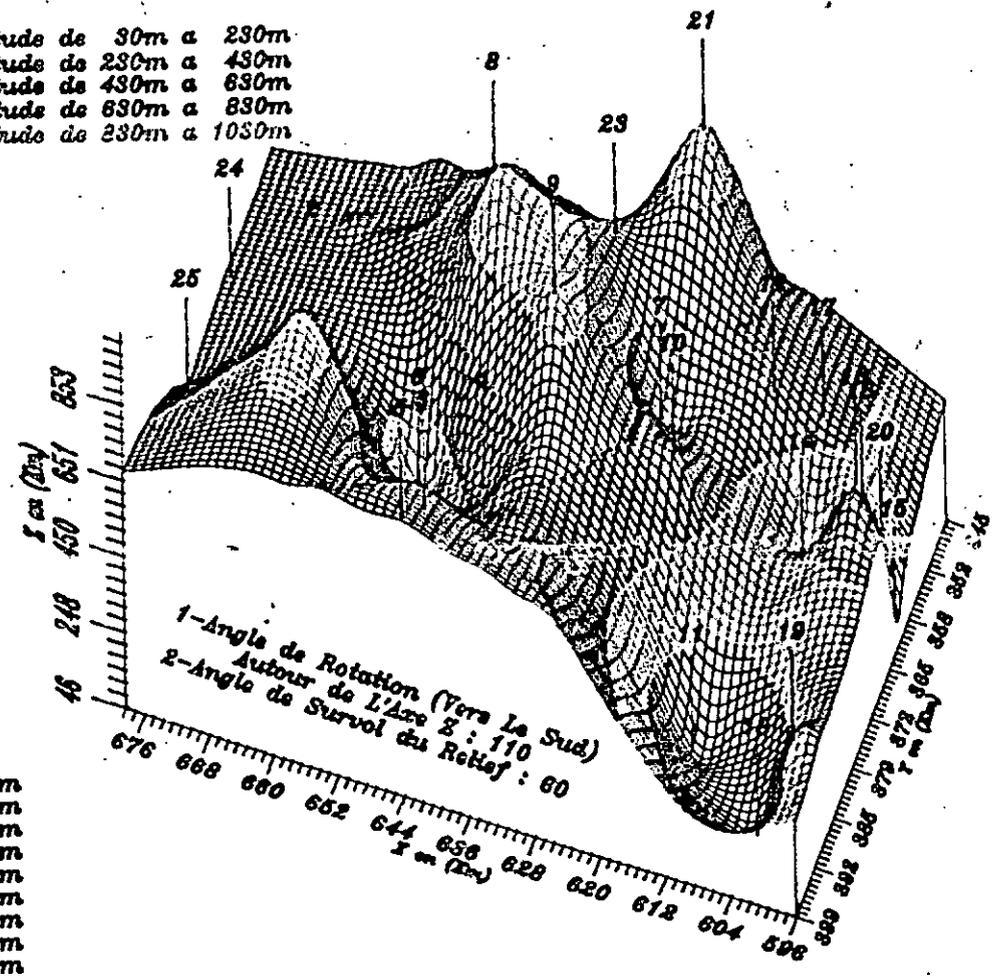
- 1: El Azah 850m
- 2: Tagma Peptiere 950m
- 3: Tiroit N'Boubehra 220m
- 4: Djemma Saharidj 450m
- 5: Asaaga Ecole 492m
- 6: Aghrbe 730m
- 7: Ouadhias 450m
- 8: Ain El Hamnam 1075m
- 9: Arbaa Nait Irathen 842m
- 10: Bouassem 600m

- Altitude de 30m a 230m
- Altitude de 230m a 430m
- Altitude de 430m a 630m
- Altitude de 630m a 830m
- Altitude de 830m a 1030m



- 21: Ain Allouane 1025m
- 22: Irorhat Haizer 580m
- 23: Beni Hammad 546m
- 24: Seddouk 484m
- 25: Tifra 450m

- 11: Draa Ben Khedda 95m
- 12: Tiat Medens 550m
- 13: Draa El Misan 436m
- 14: Ain Zaouia 210m
- 15: Neskhoua 120m
- 16: Tamsinat 580m
- 17: Tiat Letrine 470m
- 18: Baghia Village 30m
- 19: Ouled Aissa 354m
- 20: Tiat Rheniff 415m



III.1/ PREAMBULE :

L'étude fréquentielle des précipitations suppose la définition de ce qu'on appellera une précipitation extrême, de la constitution des échantillons et enfin, de l'estimation de la loi de distribution la plus probable de la population-mère.

III.2/ CONSTITUTION DES ECHANTILLONS :PROBLEMES POSES :

Le premier problème concerne le pas de temps de la mesure des précipitations maximales mensuelles de durée égale à 24<sup>h</sup> du fait que l'approche des valeurs extrêmes nécessite des intervalles de temps plus fins ce qui n'est pas disponible à notre niveau.

Le deuxième problème se ramène au choix de la variante qui sera adoptée pour l'étude statistique et l'amélioration de la précision (plus d'information) du fait qu'il existe plusieurs variantes d'échantillons de pluies extrêmes qui peuvent être constituées, énumérées ci-après :

\* La première variante, est un échantillon constitué d'une et une seule valeur maximale sur l'année.

\* La deuxième sera constituée d'un échantillon des deux valeurs maximales de l'année.

\* Les valeurs supérieures définies précédemment feront l'objet de la troisième variante.

La grande taille des échantillons de la troisième variante semble en première vue être la plus adéquate pour l'analyse fréquentielle que les deux premières. Il est de même pour la deuxième variante qui vaut deux fois la taille de la première variante.

### III.3/ ANALYSE FREQUENTIELLE :

#### III.3.1/ OBJECTIF:

Le but de l'analyse fréquentielle est de sélectionner, et d'ajuster une distribution pour les données observées, afin quelles puissent être extrapolées au delà du rang de la période d'observation.

Notre but ici, est de fournir aux projeteurs, les renseignements hydrologiques qui leur sont nécessaires. Parmi les paramètres, les caractéristiques statistiques des pluies extrêmes sont les plus fréquemment utilisées. La nature de ces paramètres varie avec les méthodes employées.

A l'échelle d'une étude ponctuelle des pluies extrêmes, on essayera de fournir les principaux paramètres des lois de distribution à partir desquels on peut retrouver n'importe quel quantile.

### III.3.2/ SELECTION DU TYPE DE DISTRIBUTION POUR LES PLUIES EXTREMES :

Beaucoup de distributions sont utilisées pour ajuster les pluies extrêmes et estimer les paramètres de celles-ci, mais les limites de leurs applications pour différents types de données et pour différents objectifs n'ont pas été établis. Leur variabilité d'une région à une autre et encore sous le même comté les rend subjectives.

Les exemples de traitement sont très nombreux, B.SEVRUK et H.GEIGER, dans un article de synthèse sur les types de distributions utilisés, pour caractériser les pluies extrêmes, ont analysé plus de 31 références bibliographiques, ils constatent que de part le monde ce sont les lois de GUMBEL ou LOG NORMALE qui sont les plus fréquemment utilisées. On parle aussi dans la littérature de la bonne adéquation d'autres lois telles que : les lois EXPONENTIELLE, FRECHET, ou celle de PEARSON III qui est généralement recommandée pour les crues, ce qui n'est pas le cas pour les pluies extrêmes.

En conséquence, l'utilisation de tests statistiques et la comparaison entre les données observées et celles issues d'une distribution théorique utilisant les méthodes analytiques et graphiques sont nécessaires pour le choix adéquat d'une distribution (ALEXANDER 1963), c'est pourquoi, il devrait y avoir un critère objectif pour tester l'application des différentes distributions pour les pluies extrêmes.

En outre, certaines distributions à deux paramètres, comme celle des valeurs extrêmes: GUMBEL, FRECHET, LOG NORMALE et GAMMA, offrent une asymétrie positive. Les trois premières ont

longtemps servi à l'ajustement des séries de maximas annuels ce qui nous a mener à choisir pour notre étude les lois de GUMBEL et FRECHET disponibles dans le programme automatique d'ajustement de lois statistiques [11].

### III.3.3/ RAPPELS THEORIQUE DES LOIS DE DISTRIBUTIONS :

#### LOI DE GUMBEL :

La distribution des valeurs extrêmes de GUMBEL aussi connue sous le nom de DOUBLE EXPONENTIELLE, a été largement utilisée pour les crues et les averse, le service de l'environnement atmosphérique y'a habituellement recours pour l'analyse des pluies de courtes durée.

Sa fonction de répartition est :

$$F(P) = e^{-e^{-\alpha(P-P_0)}}$$

Avec F(P) : Fréquence de non dépassement de la valeur P

P : La valeur observée de la pluie maximale

$\alpha, p_0$  : Coefficients d'ajustements

Pour un changement de variable :

$$Y = \alpha (P - P_0)$$

La loi de GUMBEL s'écrit :

$$F(P) = F(Y) = e^{-e^{-Y}}$$

Où Y est la variable réduite de GUMBEL, liée à la probabilité attachée à la valeur P.

$F(Y)$  = La fréquence de non dépassement de la variable réduite  $Y$

L'équation  $Y = \alpha (P - P_0)$  présentée sous la forme :

$$P = \frac{1}{\alpha} Y + P_0$$

est l'équation d'une droite qui représente la loi de GUMBEL.

#### LOI DE FRECHET:

GUMBEL (1958) donne une bibliographie concernant les premières applications de cette distribution. Elle fut déjà utilisée pour étudier la vitesse du vent (THOM, 1954). Dans le cadre d'une analyse détaillée des crues en GRANDE BRETAGNE (NERC, 1975), on s'est rendu compte que la distribution de FRECHET était celle qui convenait le mieux à la plupart des régions.

La fonction de répartition de la loi de FRECHET est de la même forme que celle de la loi de GUMBEL, soit :

$$F(P) = e^{-e^{-Y}}$$

$F(P)$  : étant la fréquence de non dépassement, mais pour la loi de FRECHET, la variable réduite  $Y$  a pour expression :

$$Y = \alpha (\log (P - P_0))$$

On ajuste la loi de FRECHET de la même façon et sur le même genre de papier que la loi de GUMBEL, en remplaçant les observations par leur logarithmes.

Cette loi jouit de l'importante propriété suivante :

-On passe de la loi de GUMBEL à la loi de FRECHET par une simple transformation logarithmique on remplaçant les observations (P) par (log P).

#### III.3.4/ ESTIMATION DES PARAMETRES DE DISTRIBUTION :

Le problème consiste à déterminer les paramètres d'une loi de distribution. quand celle-ci est à deux paramètres, l'ajustement est une droite d'équation :

$$Y = a * X + b$$

ou; a, et b sont les paramètres d'ajustement.

Les principales méthodes d'estimations de ces paramètres à partir des données d'un échantillon sont :

- La méthode des moments
- La méthode du maximum de vraisemblance
- La méthode graphique

et enfin, la méthode des moindres carrées.

La méthode des moments consiste à estimer d'après l'échantillon autant de moments que la loi a de paramètres, et à égaler ces estimations aux valeurs théoriques qui ne sont fonction que des paramètres à estimer. On obtient alors un système de (n) équations à (n) inconnues.

Pour une distribution à deux paramètres, on estime la moyenne de l'échantillon  $\bar{x}$  et son écart type S, on les détermine à l'aide des relations suivantes:

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

$$S = \left[ \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$$

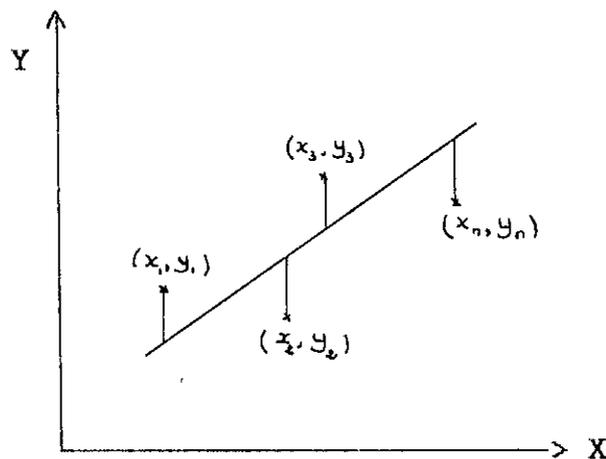
Les paramètres a et b sont choisis de façon à ce que les valeurs théoriques des deux premiers moments soient égales à leurs estimations expérimentales d'après l'échantillon, on obtient ainsi les paramètres suivant:

$$a = 0.78 S \quad , \quad b = \bar{x} - 0.577 a$$

La méthode du maximum de vraisemblance est la préférée de plusieurs statisticiens. Toutefois, pour les échantillons de petites taille utilisés en hydrologie, elle donne les mêmes résultats que la méthode des moments (BOBEE, 1975; NOZDRGN, PLOTNIKI et WATT, 1979) et peut entraîner certaines difficultés d'ordre pratique (MATALAS et WALLIS, 1973). Il ne semble pas y avoir de raisons valables de la préférer à la méthode des moments.

La méthode graphique consiste à porter dans un graphique les valeurs de l'échantillon en fonction de leurs fréquences expérimentales, les axes de ce graphique étant gradués de façon à ce que les points soient alignés, si le choix de la loi est correcte, on obtient les valeurs des paramètres a et b en traçant à "vue" la droite d'ajustement, en choisissant deux points de la droite et en constituant un système de deux (02) équations à deux (02) inconnues.

Généralement, plusieurs droites dans la méthode des moindres carrés peuvent représenter un ensemble de données, pour éviter l'influence du jugement individuel dans la construction de celle-ci, il est nécessaire de choisir la meilleure droite. Considérons la figure ci-dessous représentant les données  $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$ , pour une valeur donnée  $x_1$ , il y'aura une différence entre  $y_1$  et la valeur correspondante donnée par la droite C.



Cette différence s'écrit  $d_1$ , qui est aussi appelé erreur, écart ou résidu et qui peut être positive négative ou nulle. De même, on obtient les écarts  $d_1, d_2, \dots, d_n$ , correspondant aux valeurs  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

La quantité  $d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2$  est une mesure de la qualité d'ajustement de la droite C aux données. Si celle-ci est faible, l'ajustement est bon, sinon celui-ci est mauvais. Parmi toutes les droites qui approchent un ensemble donnée de points, la droite présentant la propriété  $d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2 = \text{minimum}$  est la meilleure droite d'ajustement. Une droite présentant cette propriété est dite s'ajuster aux données au sens des moindres carrés.

### III.4/ PRESENTATION DES RESULTATS:

Pour étudier les pluies extrêmes du bassin versant du SEBAOU, on a considéré les trois variantes citées au paragraphe N°2 constituées pour chaque station.

Les ajustements ont été fait par la méthode des moindres carrées. Chaque échantillon a été reporté sur un graphique de GUMBEL et FRECHET, soit pour les 25 stations retenues pour l'étude, 150 ajustements ont été effectués. Un échantillon de 05 ajustements pour les variantes 1 et 3 figure respectivement en annexes 1 et 2.

### III.5/ ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS:

Les ajustements obtenus pour les valeurs supérieures (3<sup>ème</sup> variante) sont mauvais, cela est dû à l'effet de seuil, ou aussi à un mélange de population.

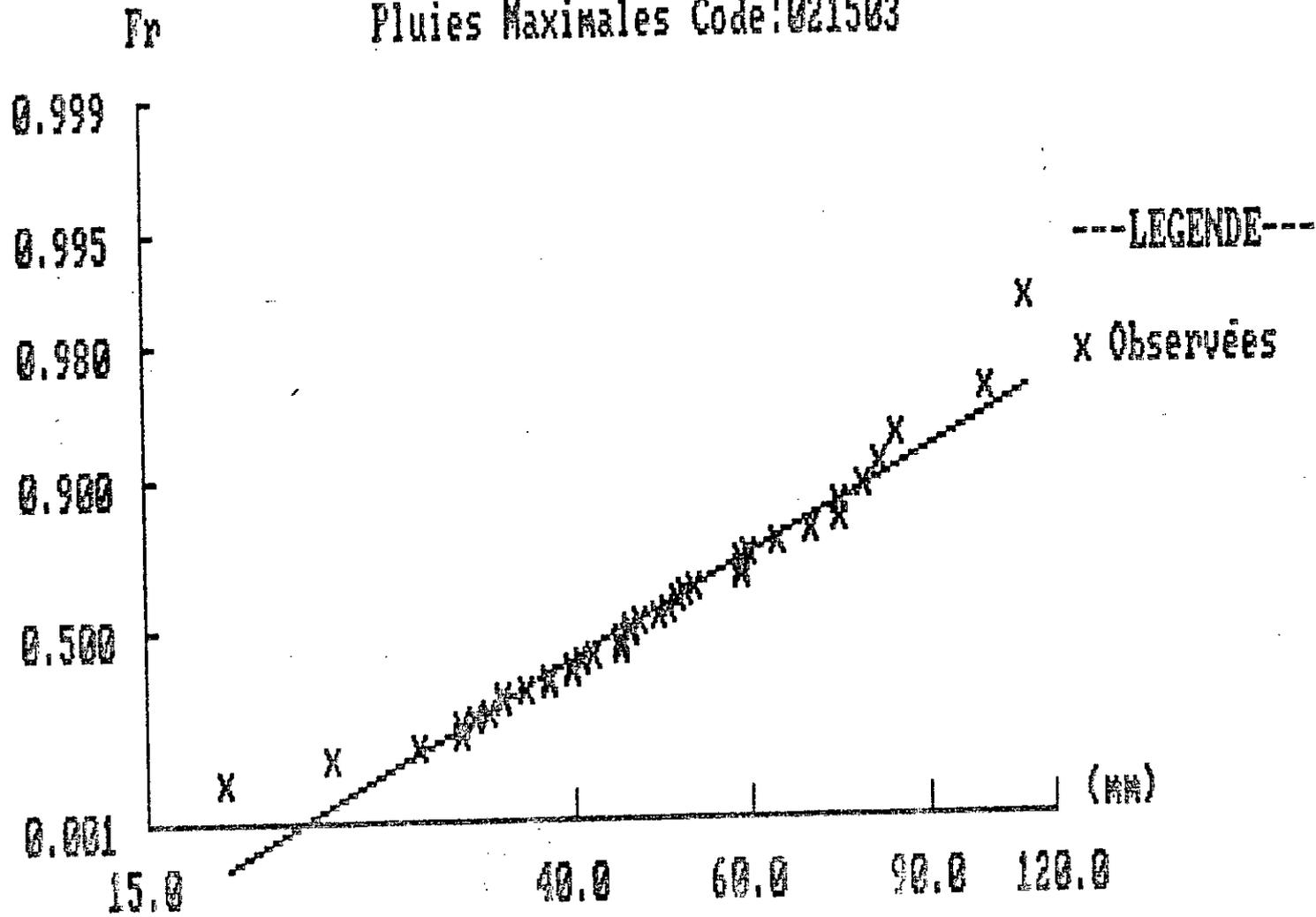
De même la taille des échantillons de la série des maximas annuelles (1<sup>ère</sup> variante) étant très réduite pour pouvoir fonder notre étude et en tirer des conclusions, donc les ajustements obtenus par celle-ci peuvent être non représentatifs pour l'extrapolation sachant que toute extrapolation sans précaution conduit à s'écarter de la réalité hydrologique.

En conclusion le choix de la deuxième variante "2 max chaque année" est d'un avantage double.

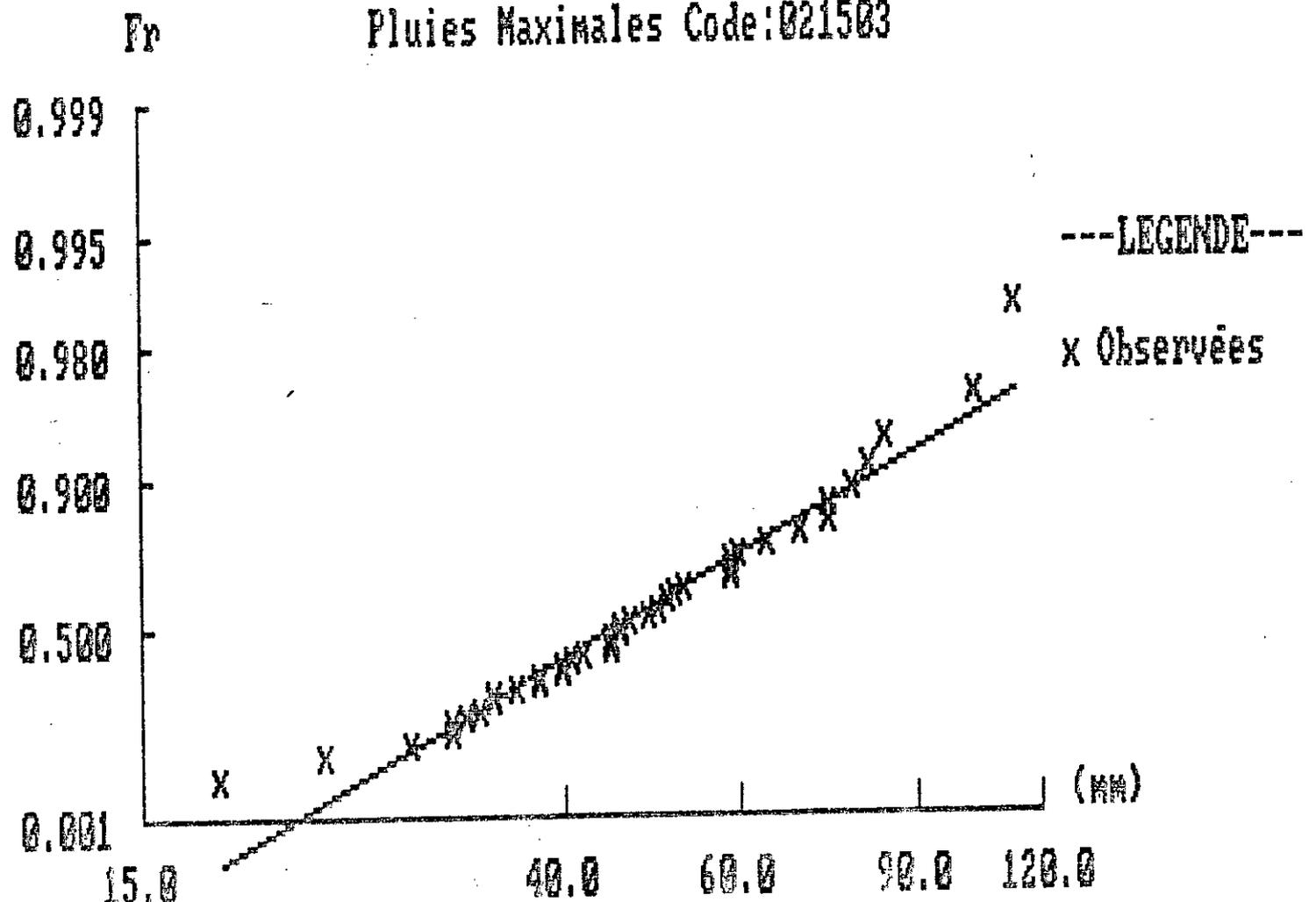
- Les échantillons sont de taille satisfaisante.
- Une bonne qualité d'ajustement.

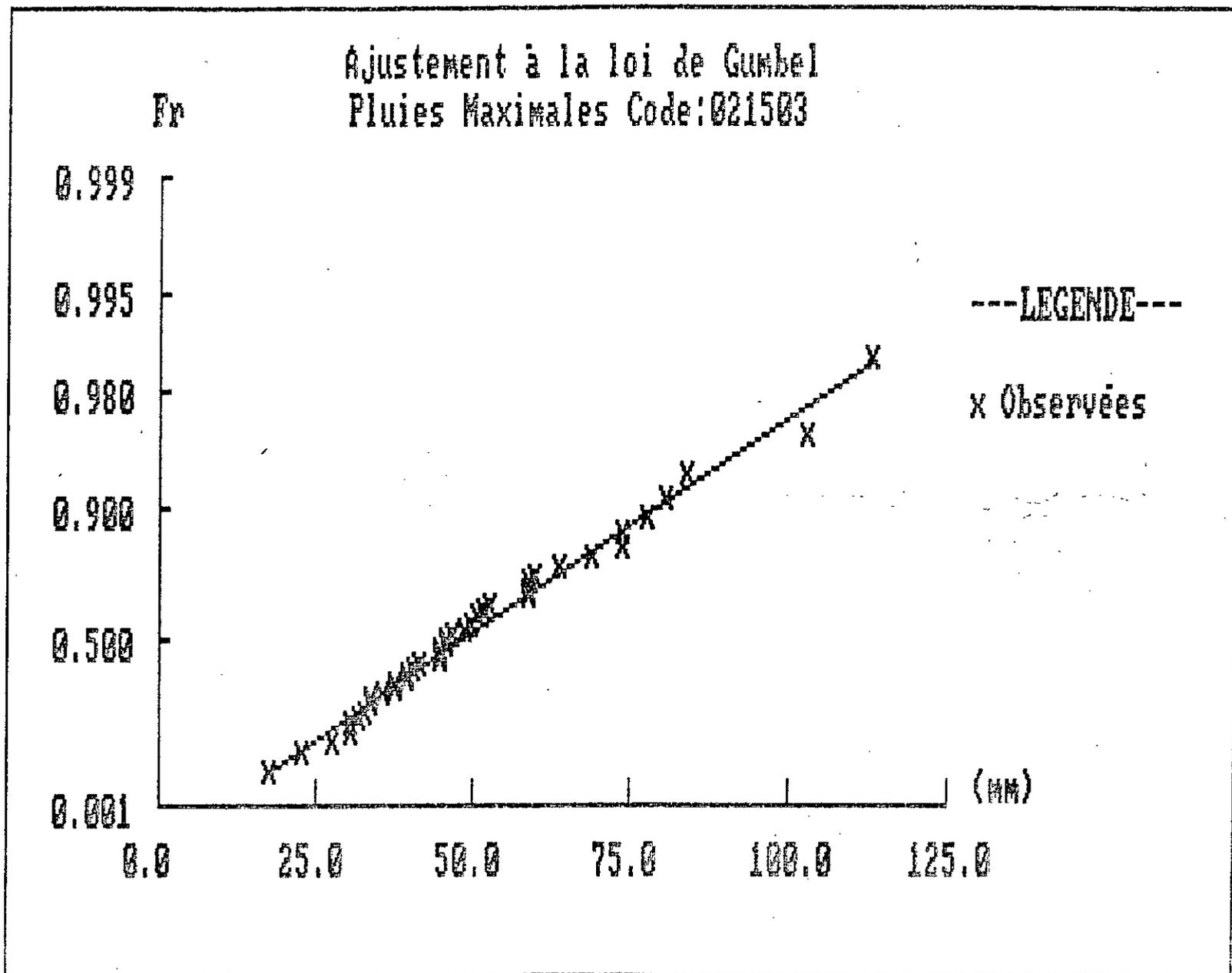
Un échantillon de 05 ajustements pour cette dernière figure ci-après.

Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:021503

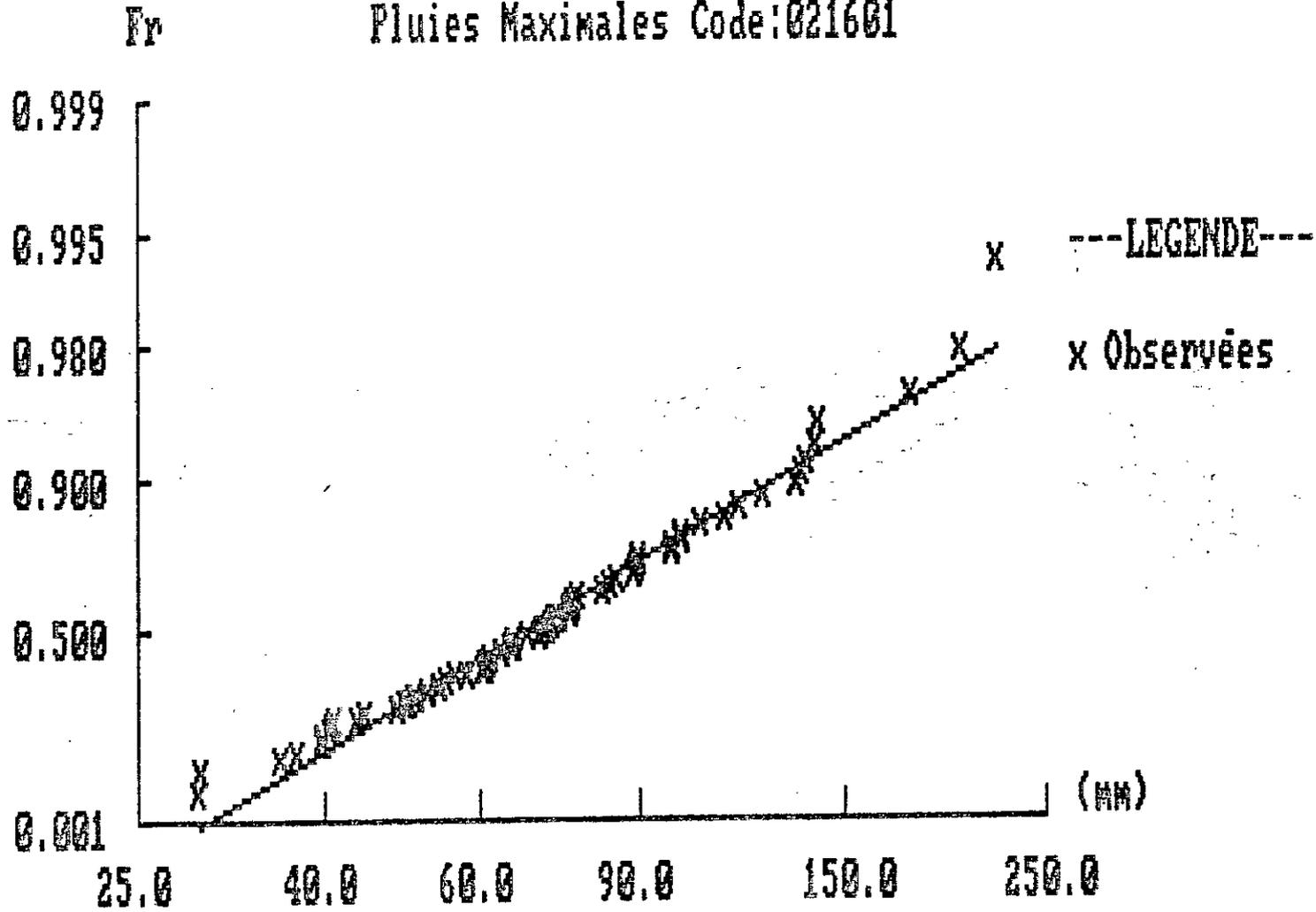


Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:021503

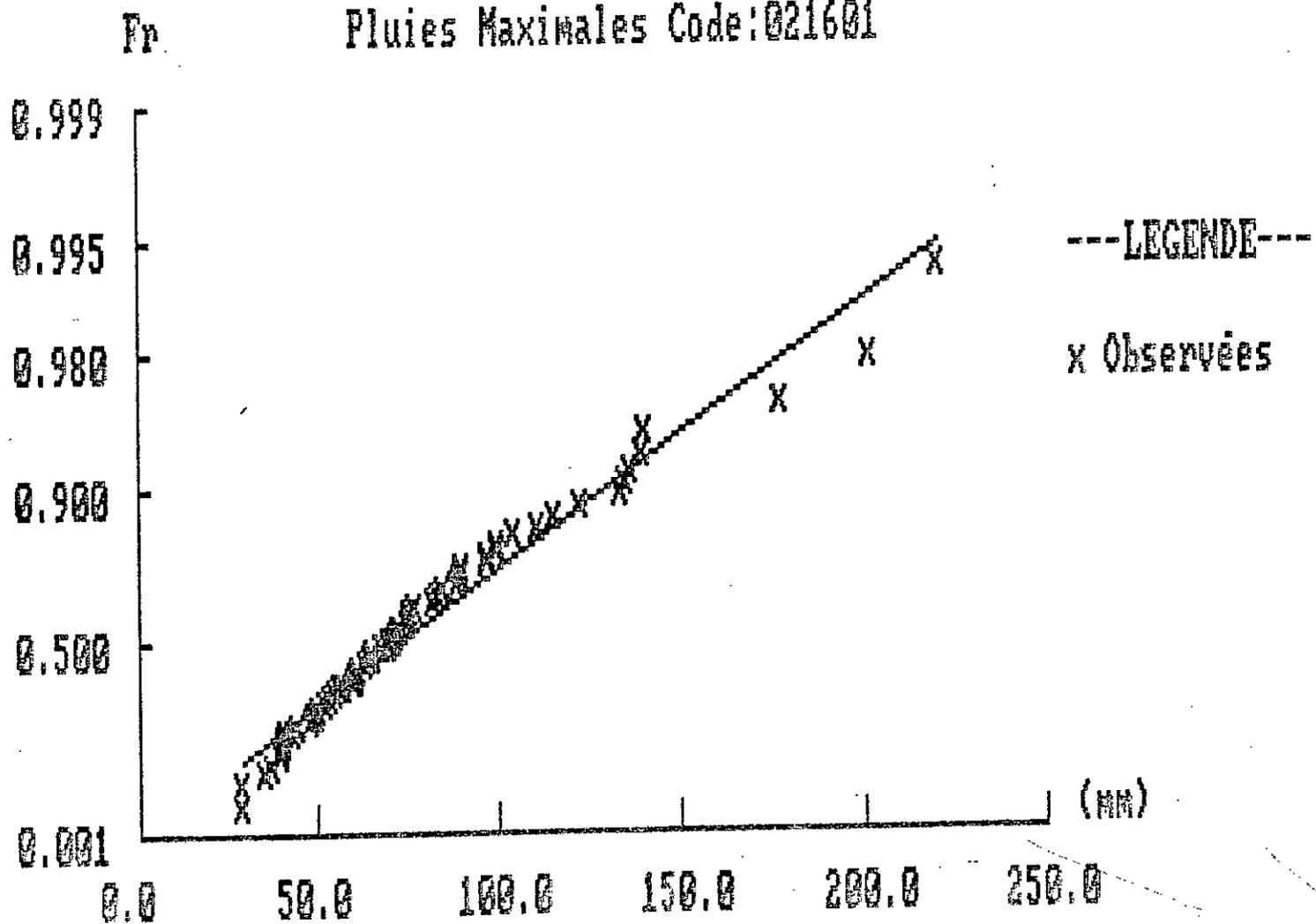




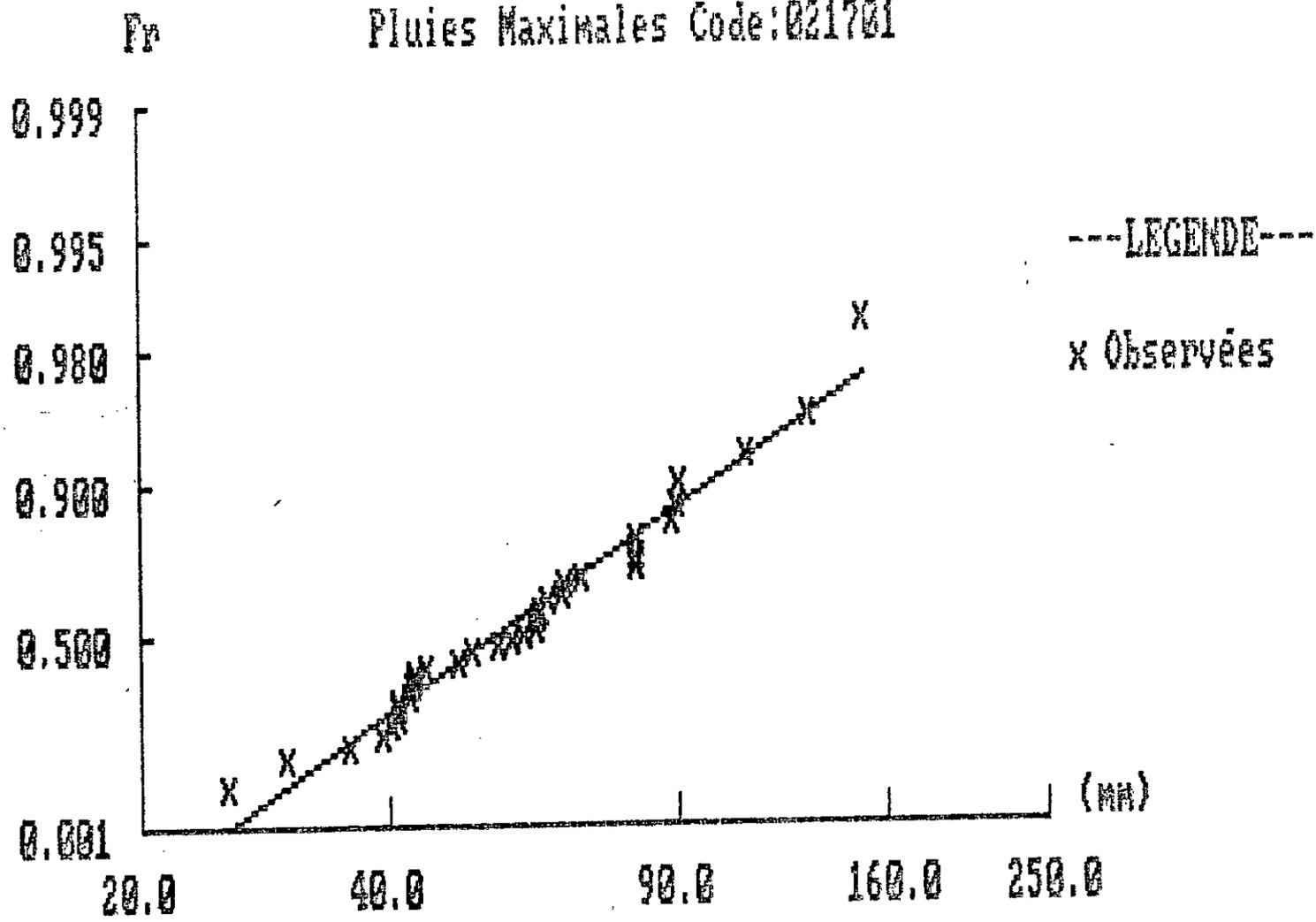
Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:021601



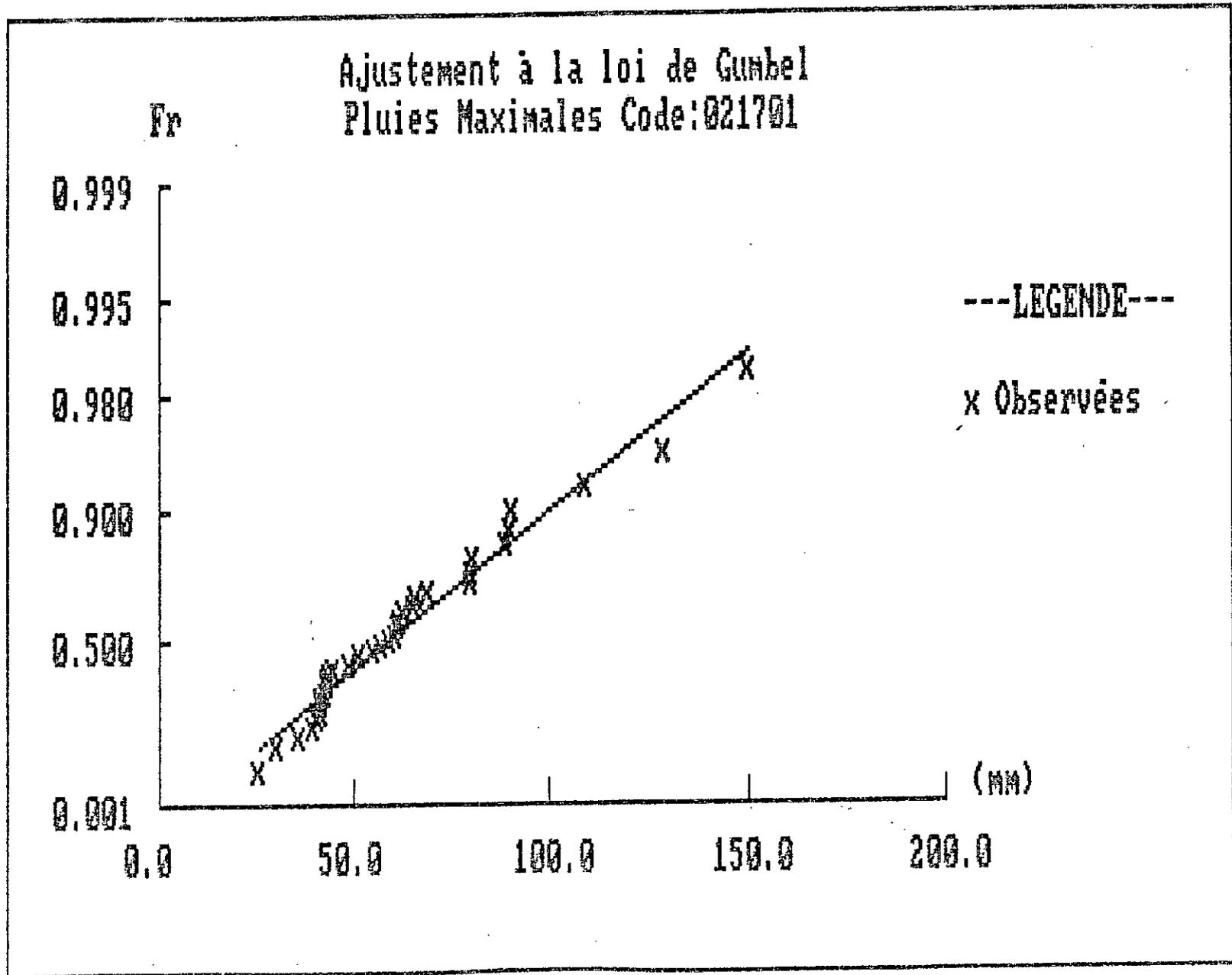
Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:021601



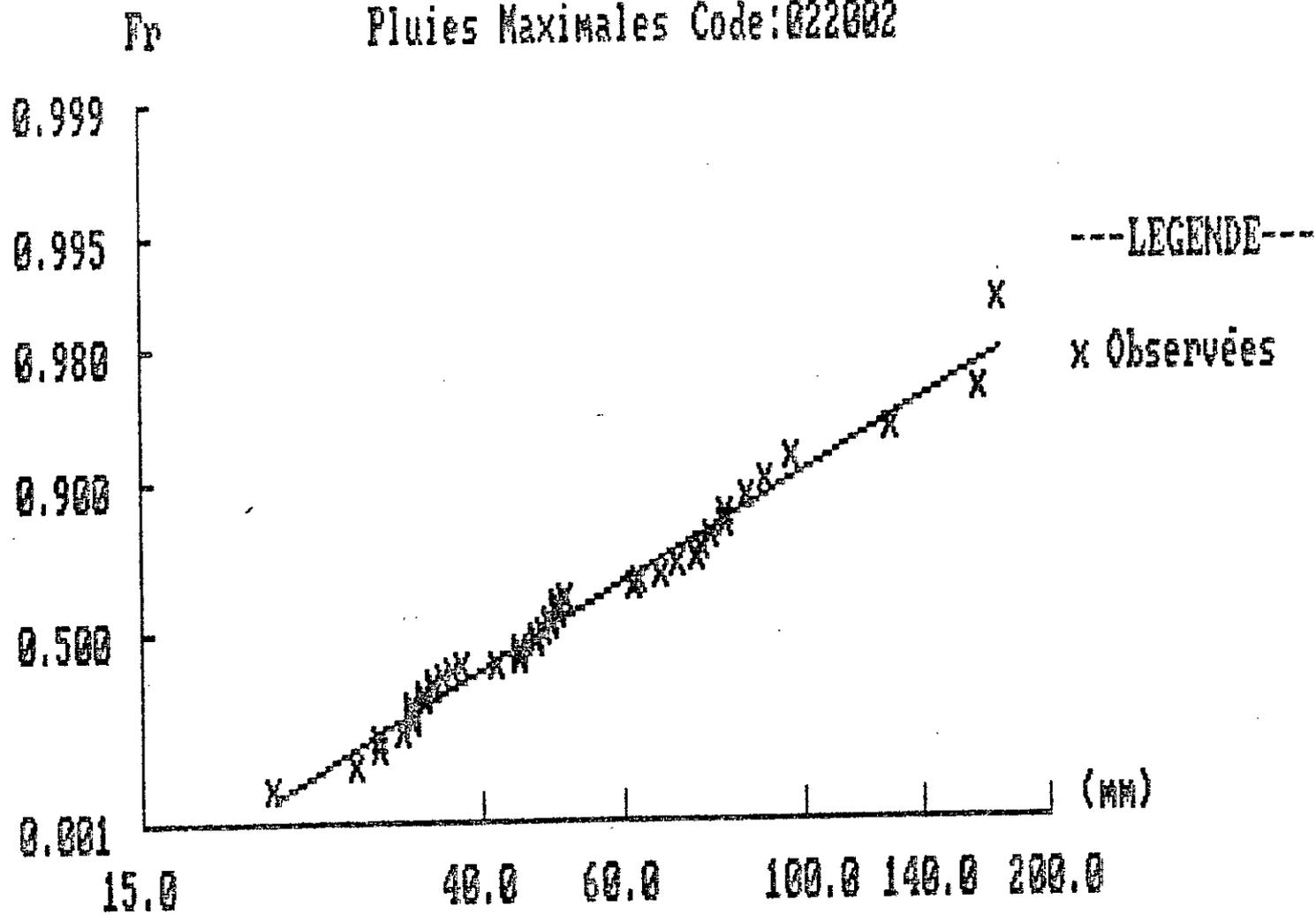
Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:021701

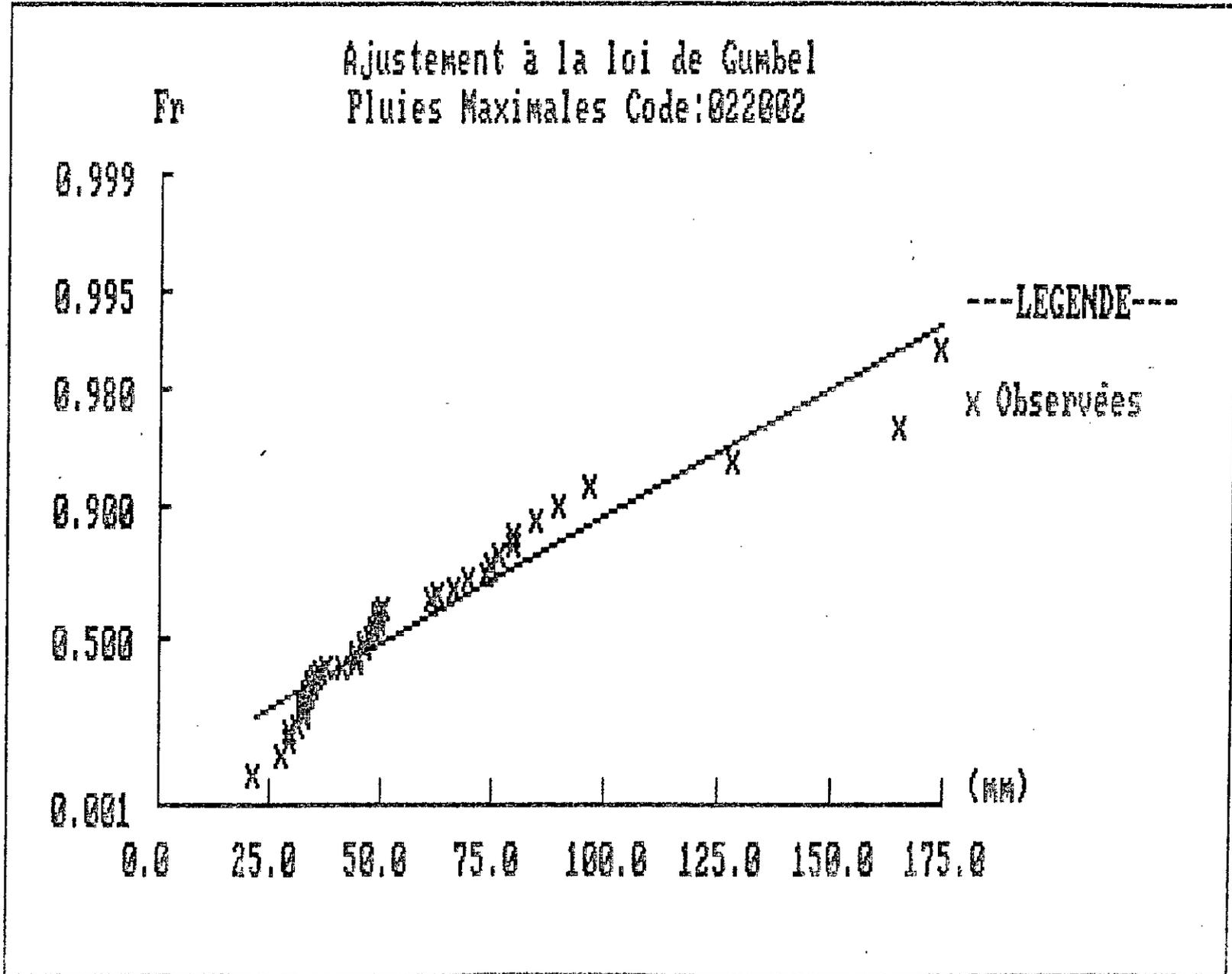


Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:021701

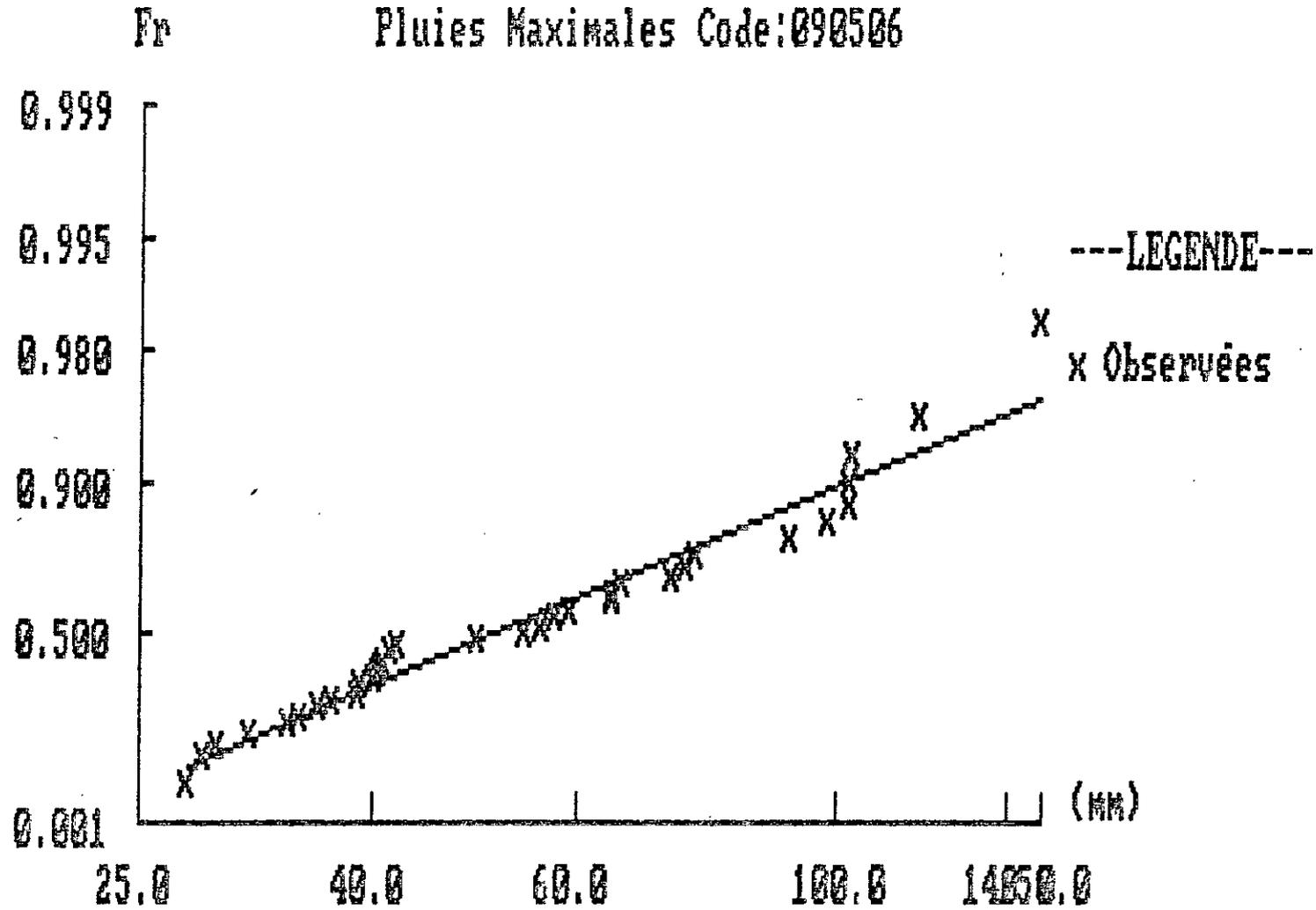


Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:022002

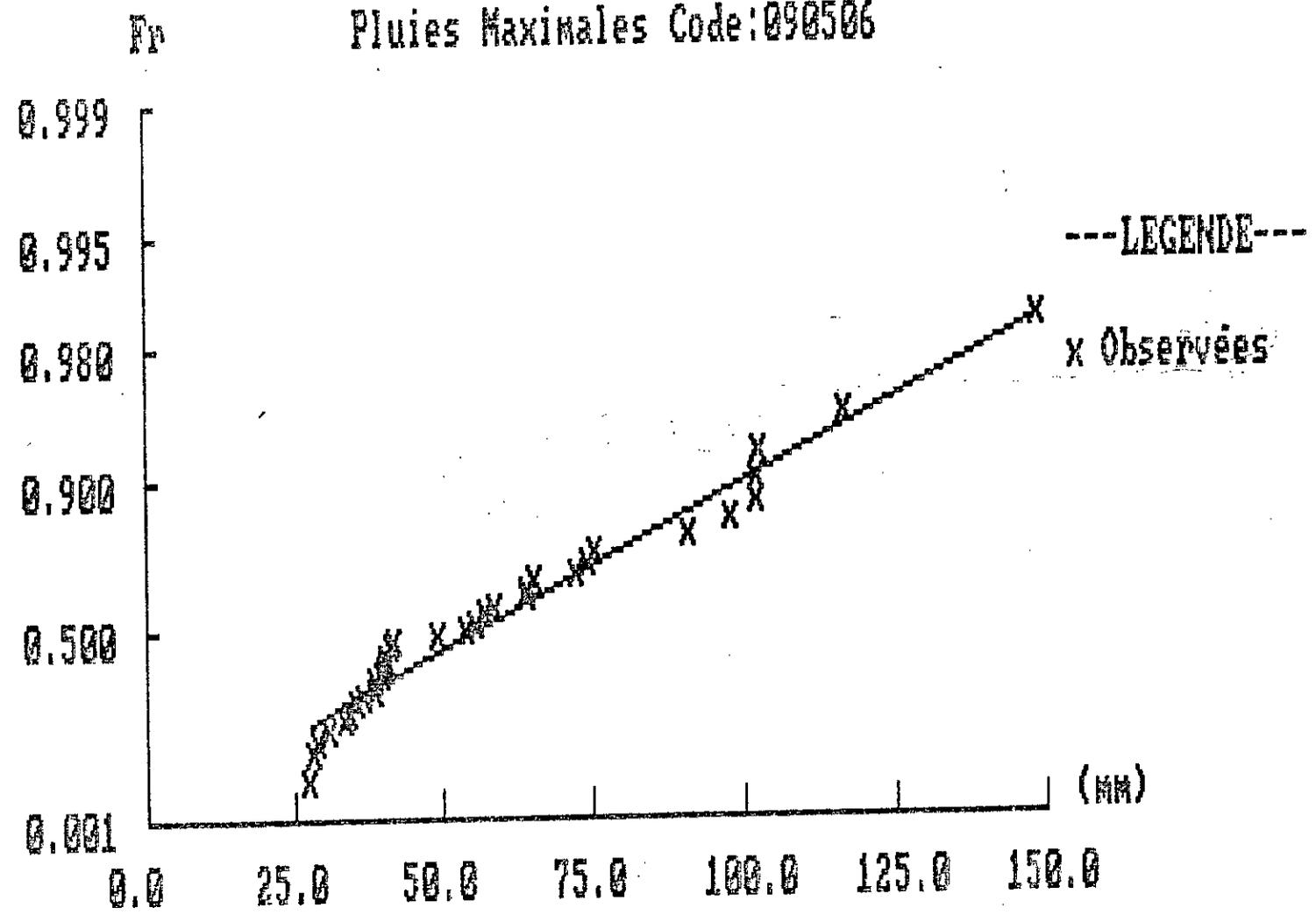




Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:090506



Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:090506



L'analyse graphique des ajustements obtenus (pour cette variante), nous a conduit aux résultats présentés dans le tableau suivant:

CODE DES STATIONS	TYPE DE LOIS	
	FRECHET	GUMBEL
020810	BON	BON
020909	BON	BON
021501	BON	MOYEN
021503	BON	BON
021504	BON	BON
021601	BON	BON
021701	MOYEN	BON
021703	BON	BON
021705	BON	BON
021801	BON	BON
021804	BON	MAUVAIS
021901	BON	MOYEN
021902	BON	MOYEN
021905	BON	MOYEN
021906	BON	BON
021908	BON	MOYEN
021911	BON	MOYEN
022002	BON	MAUVAIS
022005	BON	MAUVAIS
090506	BON	MOYEN
150110	BON	MOYEN
150111	BON	MOYEN
150306	BON	BON
151006	BON	BON
151007	BON	MOYEN

IV 1/ INTRODUCTION :

La présentation synthétique d'un grand ensemble de données résultant de l'étude de plusieurs caractères quantitatifs sur une population n'est pas chose aisée.

Les procédés classiques de la statistique descriptive à une dimension permettent de résumer l'information recueillie sur chaque caractère pris isolément, en revanche ils ne fournissent aucune méthode visant à décrire l'information globale dont on dispose quand on considère les caractères étudiés dans leur ensemble.

Les interrelations entre les caractères et leurs effets sur la structuration de la population risquent alors d'échapper au chercheur.

L'Analyse en Composantes Principales qu'on désignera dans ce qui suit par l'abréviation A.C.P., a pour but de révéler ces interrelations entre caractères et de proposer une description de la population apte à suggérer une structure.

#### IV 2/ INTERET DE LA METHODE :

L'un des intérêts majeurs de l'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) est de fournir une méthode de représentation d'une population décrite par un ensemble de caractères dont les modalités sont quantitatives, afin:

-De repérer les groupes d'individus, homogènes vis à vis de l'ensemble des caractères.

-De révéler les différences entre individus ou groupe d'individus, relativement à l'ensemble des caractères.

-De mettre en évidence des individus au comportement atypique (toujours vis à vis de l'ensemble des caractères ), ce comportement étant dû à la présence de données aberrantes ou à d'autres causes qu'il conviendra de déterminer.

-De réduire l'information qui permet de décrire la position d'un individu dans l'ensemble de la population.

En outre, l'A.C.P. ne fournit pas seulement une réponse méthodologique au problème de la représentation d'un ensemble d'individus caractérisés par les modalités d'un certain nombre de caractères, elle permet aussi une analyse des diverses variables statistiques définies sur les caractères étudiés.

Plus précisément l'A.C.P. permet de construire des variables statistiques artificielles (en ce sens que les valeurs qu'elles prennent sur les individus ne sont pas mesurées mais calculées à partir de données que l'on possède ) qui "expliquent" l'ensemble des variables statistiques prises en compte dans l'A.C.P..

Ces variables statistiques artificielles permettent une réduction du tableau des données brutes, puisqu'aux prix d'une perte d'information, qu'il conviendra de mesurer, il sera possible de remplacer l'ensemble des variables statistiques de départ par un nombre, en général beaucoup plus petit, de variables statistiques artificielles.

Chaque variable mesurée sur la population est liée à l'ensemble des variables artificielles retenues.

En résumé, les apports principaux de l'A.C.P. sont de deux types :

1-Elaboration d'une, ou plusieurs représentations des individus, appelée brièvement "Analyse du nuage des individus". Elle permet de rechercher l'existence de structures dans une population.

2-Construction de variables statistiques artificielles qui expliquent celles statistiques mesurées sur la population, cette phase de l'A.C.P. est appelée "Analyse des variables statistiques". Elle permet la définition de variables dont la liaison avec chaque variable mesurée est optimale.

#### IV 3/ PRINCIPE DE LA METHODE :

L'analyse en composantes principales est basée sur l'étude de la corrélation et de la covariance des variables étudiées.

Soit  $P$  variables et  $n$  observations, l'ensemble constituant un tableau de  $P \times n$ . Dans l'espace à  $m$  dimensions des variables, le nuage des points d'observations forme une ellipsoïde pour

laquelle certains axes sont plus importants que d'autres.

Si on recherchant ces axes et si on découvre que certains en nombre réduit sont importants, il est alors possible de représenter ce nuage dans un espace de dimensions réduites, 2 ou 3 contenant le maximum d'informations. Ces axes sont appelés composantes  $(C_1, C_2, C_3)$  et l'on obtient ainsi la représentation graphique des points observés dans les plans  $(C_1, C_2), (C_1, C_3), (C_2, C_3)$ .

Les vecteurs variables peuvent aussi être projetés sur ces plans, les coordonnées étant alors les coefficients de corrélation variables axes.

#### IV 4/ PROCEDE DE CALCUL DE L'A.C.P. :

Soient  $n$  points dans un espace à  $P$  dimensions, lorsque les variables sont centrées réduites, c'est à dire de moyenne nulle et de variance unité, l'équation de l'axe des  $Y$  s'écrit:

$$\frac{Y_1 - m_1}{C_1} = \frac{Y_2 - m_2}{C_2} = \dots = \frac{Y_P - m_P}{C_P}$$

$C_i$  = Cosinus directeurs (vecteurs propres) de cet axe

$m_i$  = Projection d'un point  $m$  sur les axes

Si les axes passent par l'origine  $\Rightarrow m = 0 \Rightarrow \frac{Y_1}{C_1} = \frac{Y_2}{C_2} = \dots = \frac{Y_P}{C_P}$

On cherche l'axe Y définie par ces cosinus directeurs qui rend minimale la somme des carrés des distances des n points d'observations à cet axe.

Y étant centré réduit, on a :

$$r_{ik} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{ji} Y_{jk}$$

$r_{ik}$  = coefficient de corrélation entre les variables i et k

L'équation à résoudre pour  $C_k$  sera :

$$\sum_{i=1}^p C_i r_{ik} - \lambda C_k = 0$$

( $\lambda$  = scalaire appelé multiplicateur de LAGRANGE )

En notation matricielle  $R L - \lambda L = 0$

R : Matrice des coefficients de corrélation des variables

L : Vecteur unitaire  $\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_p \end{bmatrix}$

L'élimination de L conduit finalement à résoudre

$$| R - \lambda I | = 0$$

I : Matrice unité

$\lambda$  : Valeurs propres

L'axe le plus près de tous les points au sens des moindres carrés a pour vecteur directeur un des vecteurs propres de la matrice des coefficients de corrélation et  $\lambda$  est la valeur propre correspondante.

Soit D la moyenne des carrés des distances des points à l'axe.

$$D = P - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^p C_i Y_{ji} \right)^2$$

$D = P -$  La variance des projections des points sur l'axe

$$D = P - \lambda$$

Donc la plus grande des racines de l'équation caractéristique  $\lambda_1$  minimise D et définit le premier axe ou composante principale.

La somme des carrés des distances des points à cet axe est minimum et les variates mesurées le long de cet axe ont le minimum de variance, les premières composantes sont données par:

$$Z_{n1} = \sum_{k=1}^p C_{k1} Y_{nk}$$

$Z_{n1}$  = Première composante

$C_{ki}$  = Cosinus directeurs (Valeurs propres)

Y = Observations centrées réduites

Si on cherche maintenant l'axe perpendiculaire au premier pour lequel la somme des carrés des distances des points à cet axe soit minimum, on doit projeter tous les points sur un hyperplan orthogonal au premier axe. On trouve un nouveau système tel que :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^P C_i r_{i1} - \lambda C_1 = 0 \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^P C_i r_{ip} - \lambda C_p = 0 \end{array} \right.$$

à (P -1) équations et on trouve l'axe correspondant à  $\lambda_2$ , la deuxième plus grande racine, et on peut calculer les deuxièmes composantes.

Si on procède jusqu'à  $\lambda_p$ , on obtient une nouvelle série de composantes Z qui ne sont pas corrélées et dont les variances sont respectivement  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_p$  par ordre décroissant.

Si on désire obtenir une série de composantes normées elle doit être de la forme :

$$Z_{nj} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_j}} \sum_{i=1}^P C_{ij} Y_{ni}$$

$Z_{nj}$  = J<sup>ème</sup> Composante

$\lambda_j$  = J<sup>ème</sup> Valeur propre de i

$C_{ij}$  = Cosinus directeurs

Y = Observations

$$\sum_{i=1}^P \lambda_i = P \quad (P = \text{Nombre de variables, } \lambda = \text{Vecteur propre})$$

Le pourcentage de corrélation entre la variable  $i$  et la  $k^{\text{ème}}$  composante est:

$$P_m = \frac{\sum_{j=1}^P \lambda_j}{P} \times 100$$

Le coefficient de corrélation entre la variable  $i$  et la  $k^{\text{ème}}$  composante est donné par:

$$r = \sqrt{\lambda_k} C_{ik}$$

Le coefficient de corrélation multiple entre la variable et les  $m$  premières composantes est donnée par :

$$r(Z_1, Z_2, \dots, Z_m) = \sqrt{\sum_{j=1}^m \lambda_j C_{ij}^2}$$

#### IV 5/ APPLICATION DE L'A.C.P. AUX PLUIES EXTREMES ET INTERPRETATION:

Du fait qu'une A.C.P. demande un fichier d'entrée dépourvu de lacunes et de même taille d'observations. On a été amené à faire un tri par ordre décroissant des fichiers de données. "Variante N°2" deux (02) maximums chaque année (prise en compte des valeurs les plus grandes). Le nombre d'observations

utilisé est fixé par la prise en compte du nombre d'observations de la station qui présente le moins de données soit 26 donc la matrice d'entrée est de dimension 25x26.

On notera qu'on a tenté d'éliminer une station "150306" qui présentait le minimum d'observations afin d'augmenter les dimensions de la matrice à 24x28, mais cela ne nous a pas donné une amélioration significative du point de vue résultat d'A.C.P. comparé à la perte d'information en cartographie (diminution du nombre de stations).

Le tableau (N°4) résume les caractéristiques statistiques élémentaires des variables (stations).

La station "021601" se trouvant au nord du bassin d'étude présente la plus forte valeur des précipitations moyennes des maximums journaliers (de l'ordre de 1146 mm), par contre la "150306" se trouvant à la frontière sud du bassin est la moins arrosé (de l'ordre de 306 mm).

Les maximum, minimum des écarts types se trouvent au sud du bassin.

Le calcul des coefficients de corrélation à partir du fichier de données précédent (nombre de variables= 25, nombre d'observations= 26) a donné la matrice suivante (tableau N°5).

On remarque que la plage de variation des coefficients de corrélation varie entre [0.825,0.994] pour respectivement les couples de stations (151006,021908); (151007,021504).

CARACTERISTIQUES STATISTIQUES ELEMENTAIRES DES VARIABLES			
Code des Stations	Variables Correspondants	Moyennes	Ecart-Types de la serie
020810	AAA	630.385	197.5329
020909	BBB	889.885	276.8556
021501	CCC	738.731	239.4518
021503	DDD	614.731	184.3179
021504	EEE	958.923	170.7090
021601	FFF	1146.077	369.6759
021701	GGG	705.769	263.5338
021703	HHH	1025.154	337.5307
021705	III	997.385	291.4185
021801	JJJ	744.231	277.3994
021804	KKK	518.846	220.1293
021901	LLL	555.269	190.3171
021902	MMM	581.077	268.6899
021905	NNN	463.231	123.9321
021906	OOO	635.192	152.8913
021908	PPP	696.731	316.6083
021911	QQQ	488.538	196.2334
022002	RRR	742.885	339.3530
022005	SSS	696.923	351.6373
090506	TTT	684.308	284.2452
150110	UUU	804.500	573.8466
150111	VVV	626.308	305.8868
150306	WWW	306.308	230.8906
151006	XXX	393.385	85.3230
151007	YYY	882.846	263.5825

TABLEAU N°4

CORRELATIONS

	AAA	BBB	CCC	DDD	EEE	FFF	GGG	HHH	III	JJJ	KKK	LLL	MMM	NNN	OOO	PPP	QQQ	RRR	
AAA	1.000																		
BBB	0.975	1.000																	
CCC	0.969	0.945	1.000																
DDD	0.980	0.975	0.967	1.000															
EEE	0.961	0.942	0.929	0.980	1.000														
FFF	0.990	0.986	0.962	0.989	0.965	1.000													
GGG	0.920	0.924	0.935	0.989	0.962	0.992	1.000												
HHH	0.982	0.978	0.924	0.970	0.939	0.972	0.975	1.000											
III	0.928	0.985	0.946	0.987	0.956	0.981	0.985	0.970	1.000										
JJJ	0.904	0.985	0.968	0.983	0.971	0.971	0.963	0.973	0.985	1.000									
KKK	0.956	0.972	0.908	0.951	0.931	0.941	0.958	0.983	0.972	0.973	1.000								
LLL	0.973	0.982	0.920	0.960	0.967	0.956	0.957	0.983	0.984	0.972	0.967	1.000							
MMM	0.989	0.962	0.969	0.982	0.977	0.977	0.976	0.975	0.979	0.979	0.956	0.952	1.000						
NNN	0.962	0.976	0.911	0.963	0.962	0.962	0.969	0.957	0.973	0.954	0.923	0.977	0.980	1.000					
OOO	0.964	0.982	0.981	0.972	0.989	0.962	0.958	0.929	0.953	0.966	0.915	0.986	0.979	0.895	1.000				
PPP	0.950	0.942	0.846	0.966	0.870	0.916	0.923	0.974	0.944	0.930	0.960	0.954	0.916	0.907	0.846	1.000			
QQQ	0.955	0.965	0.850	0.931	0.879	0.942	0.951	0.981	0.961	0.949	0.973	0.980	0.931	0.950	0.865	0.967	1.000		
RRR	0.980	0.962	0.950	0.974	0.931	0.985	0.970	0.960	0.975	0.965	0.928	0.974	0.962	0.974	0.934	0.915	0.953	1.000	
SSS	0.982	0.973	0.920	0.975	0.931	0.975	0.975	0.985	0.974	0.970	0.957	0.983	0.964	0.977	0.932	0.940	0.962	0.981	1.000
TTT	0.962	0.965	0.965	0.965	0.988	0.965	0.973	0.950	0.968	0.980	0.953	0.931	0.968	0.925	0.970	0.895	0.984	0.987	0.987
UUU	0.934	0.958	0.658	0.923	0.886	0.921	0.936	0.981	0.958	0.943	0.988	0.965	0.927	0.923	0.882	0.954	0.984	0.917	0.917
VVV	0.942	0.969	0.832	0.945	0.926	0.934	0.951	0.960	0.953	0.967	0.987	0.954	0.936	0.927	0.893	0.969	0.965	0.922	0.922
WWW	0.990	0.986	0.970	0.994	0.974	0.987	0.989	0.976	0.989	0.989	0.957	0.965	0.983	0.983	0.983	0.917	0.942	0.977	0.977
XXX	0.939	0.925	0.957	0.974	0.981	0.960	0.957	0.965	0.933	0.945	0.854	0.881	0.944	0.936	0.964	0.895	0.848	0.923	0.923
YYY	0.947	0.960	0.959	0.976	0.994	0.959	0.959	0.921	0.944	0.957	0.916	0.850	0.963	0.845	0.881	0.846	0.855	0.919	0.919
SSS	1.000																		
TTT	0.944	1.000																	
UUU	0.956	0.915	1.000																
VVV	0.929	0.953	0.975	1.000															
WWW	0.976	0.981	0.932	0.955	1.000														
XXX	0.907	0.982	0.844	0.962	0.963	1.000													
YYY	0.918	0.986	0.865	0.914	0.965	0.990	1.000												

Les valeurs propres de la matrice [M], déterminées dans l'ordre décroissant, montrent (voir tableau ci-après) la contribution en variance de chacune des composantes principales, à la variance totale du système

VALEURS PROPRES I	% DE CONTRIBUTION DE LA VARIANCE TOTALE
$\lambda_1 = 23.8537$	95.4 %
$\lambda_2 = 0.6305$	97.9 %
$\lambda_3 = 0.2189$	98.8 %

On remarque que la première composante principale représente plus de 95 % de la variance globale du système .

Pour choisir le nombre des composantes utiles, on élimine celles dont la contribution à la variance totale est négligeable, de telle sorte que la perte d'informations par rapport à la variance globale du système soit faible (égale à 10 %, 5 %, 1 %).

Sur le réseau pluviométrique du bassin de SEBAOU, l'étude d'A.C.P. montre que les deux premières composantes principales peuvent fournir une image représentative du réseau avec une perte d'informations par rapport à la variance totale de l'ordre de 2 % .

Le tableau (N°6) donne les valeurs des cosinus directeurs des différentes composantes principales. On vérifie bien que les cosinus directeurs sont orthonormés et que les composantes principales forment des fonctions orthogonales.

Sur le tableau (N°7) des coefficients de corrélation entre les variables initiales et chacune des composantes principales, on remarque que la corrélation est plus forte avec la première composante, ce qui explique bien que c'est cette dernière qui influence la tendance globale du système.

Dans le but d'analyser l'influence de chaque station sur le système, on a étudié la variation des coefficients de corrélation simple entre une variable  $j$  (station) et la première composante principale.

Cette analyse montre que toutes les stations sont fortement corrélées avec la première composante principale.

Vecteurs propres(coefficients des variables centrées réduites dans l'équation lineaire des axes principaux)			
AAA	0.2032	0.0231	-0.1593
BBB	0.2025	-0.0751	-0.0366
CCC	0.1970	0.2574	-0.1012
DDD	0.2034	0.1151	-0.0548
EEE	0.1987	0.2584	0.2190
FFF	0.2024	0.0762	-0.1640
GGG	0.2034	0.0386	-0.0927
HHH	0.2024	-0.1521	0.0180
III	0.2037	-0.0440	-0.0798
JJJ	0.2035	0.0263	0.0586
KKK	0.1998	-0.1845	-0.3152
LLL	0.2003	-0.1950	-0.2066
MMM	0.2021	0.0907	0.0330
NNN	0.1977	-0.0959	-0.4114
OOO	0.1971	0.2933	0.0583
PPP	0.1935	-0.3717	0.2305
QQQ	0.1970	-0.3253	-0.0475
RRR	0.2004	-0.0141	-0.3800
SSS	0.2015	-0.0994	-0.2360
TTT	0.2007	0.1662	0.2034
UUU	0.1957	-0.3347	0.2398
VVV	0.1982	-0.1762	0.3518
WWW	0.2039	0.0700	-0.0676
XXX	0.1949	0.3362	0.0927
YYY	0.1967	0.3102	0.2182

TABLEAU N°6

1E Colonne: Corrélations entre les variables et les axes principaux						
2E Colonne: Corrélation au carré						
Variables	C1		C2		C3	
AAA	0.9922	0.9845	0.0184	0.0003	-0.0745	0.0056
BBB	0.9888	0.9778	-0.0597	0.0036	-0.0171	0.0003
CCC	0.9623	0.9260	0.2044	0.0418	-0.0474	0.0022
DDD	0.9933	0.9867	0.0914	0.0084	-0.0256	0.0007
EEE	0.9706	0.9421	0.2052	0.0421	0.1025	0.0105
FFF	0.9886	0.9773	0.0605	0.0037	-0.0767	0.0059
GGG	0.9932	0.9864	0.0307	0.0009	-0.0434	0.0019
HHH	0.9885	0.9772	-0.1208	0.0146	0.0084	0.0001
III	0.9947	0.9895	-0.0349	0.0012	-0.0373	0.0014
JJJ	0.9937	0.9874	0.0209	0.0004	0.0274	0.0008
KKK	0.9758	0.9523	-0.1465	0.0215	0.1475	0.0218
LLL	0.9781	0.9567	-0.1549	0.0240	-0.0967	0.0093
MMM	0.9868	0.9738	0.0720	0.0052	0.0154	0.0002
NNN	0.9656	0.9324	-0.0762	0.0058	-0.1925	0.0370
OOO	0.9629	0.9271	0.2329	0.0543	0.0273	0.0007
PPP	0.9450	0.8930	-0.2951	0.0871	0.1079	0.0116
QQQ	0.9621	0.9257	-0.2583	0.0667	-0.0222	0.0005
RRR	0.9787	0.9578	-0.0112	0.0001	-0.1778	0.0316
SSS	0.9841	0.9684	-0.0790	0.0062	-0.1104	0.0122
TTT	0.9802	0.9607	0.1320	0.0174	0.1078	0.0116
UUU	0.9558	0.9136	-0.2658	0.0706	0.1122	0.0126
VVV	0.9680	0.9371	-0.1399	0.0196	0.1646	0.0271
WWW	0.9959	0.9917	0.0556	0.0031	-0.0316	0.0010
XXX	0.9518	0.9059	0.2670	0.0713	0.0434	0.0019
YYY	0.9605	0.9225	0.2463	0.0607	0.1021	0.0104

TABLEAU N°7

INTERPRETATION GRAPHIQUE :

Interpréter la représentation graphique des variables veut dire donner leurs caractéristiques en fonction des positions de leurs points représentatifs.

-La distance d'une variable à l'origine des axes est égale à sa norme (écart type).

-L'ensemble des variables se trouve sur le cercle de corrélation ou presque, la variance est d'autant plus grande que l'on s'éloigne de l'origine.

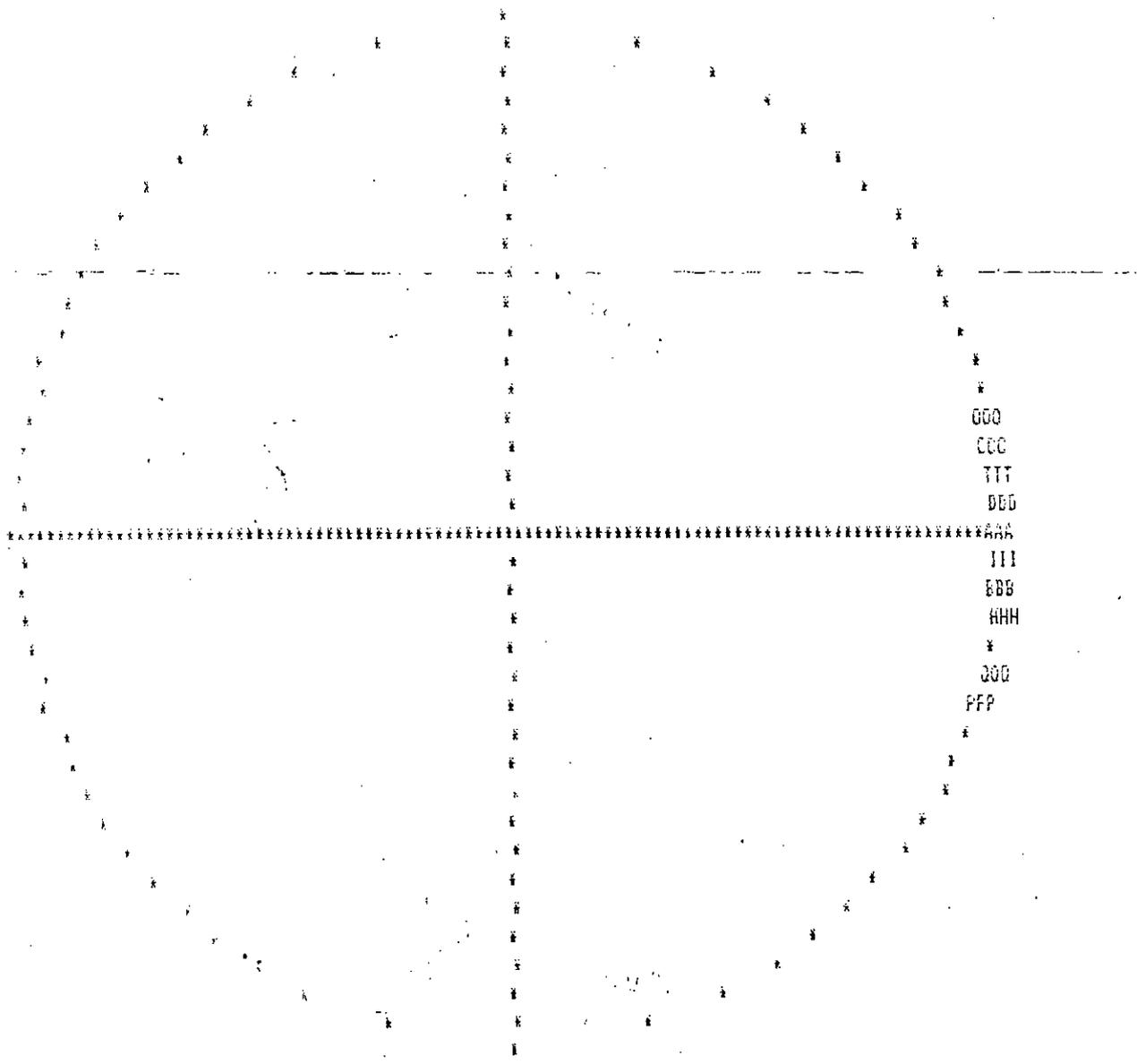
-Le cosinus de l'angle formé par deux variables est égale à leur coefficient de corrélation .

-Dans le plan  $(C_2, C_3)$ , le groupement des stations autour de l'origine confirme leur rattachement à la première composante.

CERCLE DES CORRELATIONS

PLAN : 1 AXE 1 HORIZONTAL

AXE 2 VERTICAL



POINT VO : 000  
 POINT VO : 000

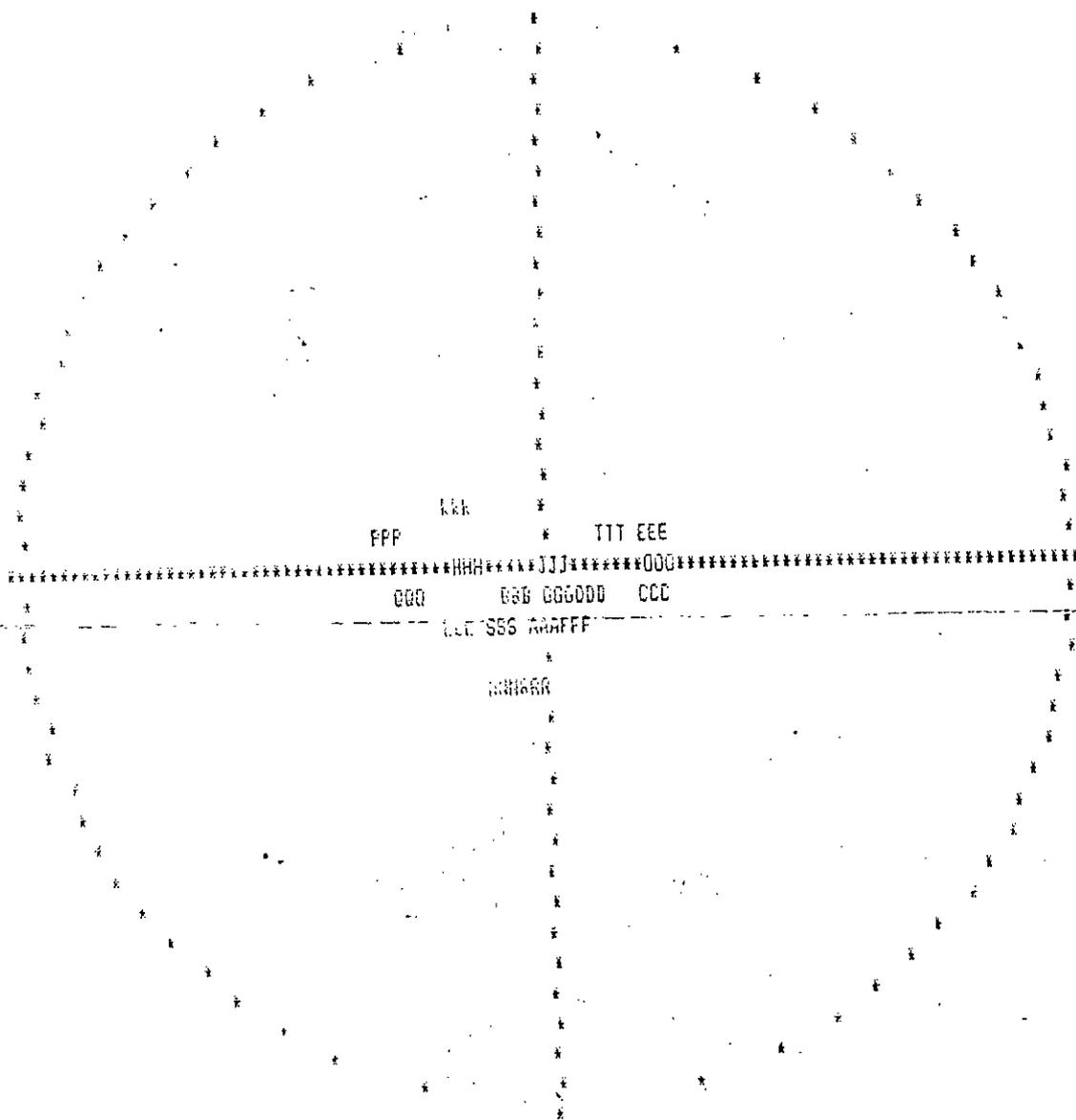
POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000  
 POINT CACHE : 000

000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000  
 000

CERCLE DES CORRELATIONS

PLAN 2 3 AXE 2 HORIZONTAL

AXE 3 VERTICAL



POINT NO : 000  
 POINT NO : 111  
 POINT NO : 222  
 POINT NO : 333  
 POINT NO : 444  
 POINT NO : 555  
 POINT NO : 666

POINT CACHE : 111  
 POINT CACHE : 222  
 POINT CACHE : 333  
 POINT CACHE : 444  
 POINT CACHE : 555  
 POINT CACHE : 666  
 POINT CACHE : 777

V 1/ INTRODUCTION:

L'étude d'un phénomène naturel qui se développe dans l'espace, repose nécessairement sur les données acquises à l'aide d'un réseau de mesures. Se limiter à cette connaissance spatiale discrète est insuffisant pour de nombreuses applications pratiques exigeant l'extension à l'ensemble du domaine étudié de l'information recueillie ponctuellement.

V 2/ INTERET DE LA CARTOGRAPHIE:

Etablir une cartographie d'un phénomène spatialement structuré répond à des besoins multiples.

Une carte, c'est tout d'abord une représentation d'un phénomène sous une forme synthétique facile à analyser; c'est aussi, un support qui permet l'évolution spatiale en dehors des points d'observations. Une carte permet donc de répondre à des questions ponctuelles: quelle est l'altitude d'un site? Quelle est la pluviométrie en un lieu?...

L'autre intérêt est d'obtenir une estimation globale de l'ampleur d'un phénomène sur une région.

V 3/ POSITION DU PROBLEME:

L'intérêt que porte la cartographie d'un phénomène spatialement structuré telle que la pluviométrie est donc

claire, reste à savoir comment peut-on cartographier, ou d'une manière plus perspicace quelle sera l'outil qui permettra d'étendre les quelques informations recueillies ponctuellement à d'autres points de l'espace considéré.

#### V 4/ METHODES DE CARTOGRAPHIE:

Plusieurs méthodes sont proposées pour évaluer une valeur ponctuelle en un point non mesuré à savoir:

\* Les méthode purement spatiales

- Krigeage
- Interpolation polynomiale
- Fonctions "SPLINE"

\* Les méthodes climatologiques

- Autorégression
- Interpolation de GANDIN

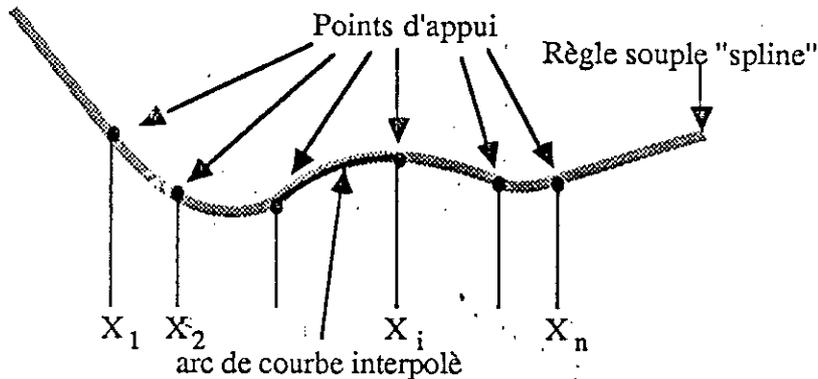
"Dans la pratique, ces méthodes donnent toutes des résultats à peu près comparables du point de vue qualité et permettent d'évaluer la variance d'interpolation" (J.P.LABORDE 1989). [17]

#### INTERPOLATION PAR FONCTIONS "SPLINE":

Selon la présentation que l'on fait, les interpolations par fonctions spline sont soit une approximation polynomiale particulière, soit un cas particulier du Krigeage. Ce type d'interpolation connaît une grande vogue car il donne des interpolations "lisses" satisfaisant pour l'esprit.

SIGNIFICATION PHYSIQUE DES FONCTIONS SPLINE:

Le terme "spline" vient du nom des règles métalliques flexibles utilisées par les dessinateurs. Lorsque le dessinateur veut tracer un arc de courbe passant par plusieurs points, il va déformer cette règle jusqu'à avoir la disposition suivante:



Il tracera alors cet arc en s'appuyant sur la règle ainsi déformée. La règle est souple mais a tendance à prendre la forme la plus plate possible tout en restant au contact des points. La forme adoptée est celle qui minimise l'énergie de flexion entre le premier et le dernier point.

\*  
Si on appelle  $Y(x)$ , l'ordonnée de la règle à chaque abscisse  $x$ , minimiser l'énergie de flexion revient sensiblement à minimiser le rayon de courbure moyen soit donc:

$$\int_{x_2}^{x_1} [Y''(x)]^2 dx = \text{minimum}$$

où  $Y''(x)$  est la dérivée seconde de  $Y(x)$  par rapport à  $x$ .

La forme la plus simple de  $Y(x)$  est connue sous le nom de fonction spline cubique qui s'écrit:

$$Y(x) = \alpha x + \beta + \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{|x-x_i|^3}{3!}$$

où les paramètres  $\alpha$ ,  $\beta$  et les  $\lambda_i$  sont tels que:

$$Y(x_i) = Y(x_i), \text{ pour toute } i \text{ de } 1 \text{ à } n$$

$$\int_{x_1}^{x_2} (Y''(x))^2 dx = \text{minimum}$$

$Y(x)$  n'est rien d'autre qu'une interpolation de  $Y(x)$  fonction d'une seule variable  $x$ .

APPLICATION AUX PLUIES MAXIMALES DU BASSIN VERSANT DU SEBAOU:

Lors de l'étude, on a élaboré un programme permettant le calcul des quantiles pour différentes périodes de retour et pour différentes stations, qui constituent un fichier d'entrée pour la cartographie.

Les tableaux suivants résument les différentes fréquences obtenues des deux lois d'ajustements (FRECHET et GUMBEL).

Les différents fréquences obtenues par la loi d'ajustement de FRECHET							
Stations	X [km]	Y [km]	Z [m]	1/2	1/5	1/10	1/100
020810	625.05	398.55	650	49.06	67.58	83.37	161.52
020909	660.25	382.95	950	66.44	92.36	114.87	227.43
021501	650.90	372.09	220	53.51	75.79	95.44	196.40
021503	641.35	377.75	450	45.13	63.28	79.17	159.61
021504	649.40	384.00	432	55.46	75.00	91.59	171.23
021601	644.70	390.70	730	66.36	97.41	125.60	278.37
021701	624.70	362.80	450	55.21	77.43	98.36	205.36
021703	644.15	364.50	1075	50.91	85.60	109.63	237.88
021705	634.30	371.75	942	57.37	83.31	106.65	231.14
021801	620.00	371.50	600	51.51	73.77	93.57	197.00
021804	614.32	382.50	35	43.72	61.20	76.47	153.63
021901	612.35	357.90	550	44.28	58.38	70.11	124.36
021902	601.50	360.15	435	42.77	63.69	82.91	189.34
021905	607.10	363.50	210	38.27	49.81	59.31	102.47
021906	595.80	363.20	120	49.38	66.07	80.12	146.49
021908	611.80	382.50	580	52.96	76.09	96.72	205.03
021911	606.90	356.10	470	40.58	55.51	68.31	130.82
022002	603.25	391.15	30	47.80	72.29	95.06	224.08
022005	599.05	390.10	354	51.02	76.14	99.24	227.56
090506	596.30	366.10	415	50.20	75.00	97.83	224.87
150110	624.10	348.35	1025	46.76	86.94	131.10	474.33
150111	617.30	345.10	580	43.93	68.49	91.89	230.73
150306	635.75	346.70	546	26.92	47.75	61.86	105.44
151006	678.05	362.15	484	33.07	42.06	48.02	66.68
151007	678.75	375.75	450	60.86	85.99	102.62	154.71

TABLEAU N°9

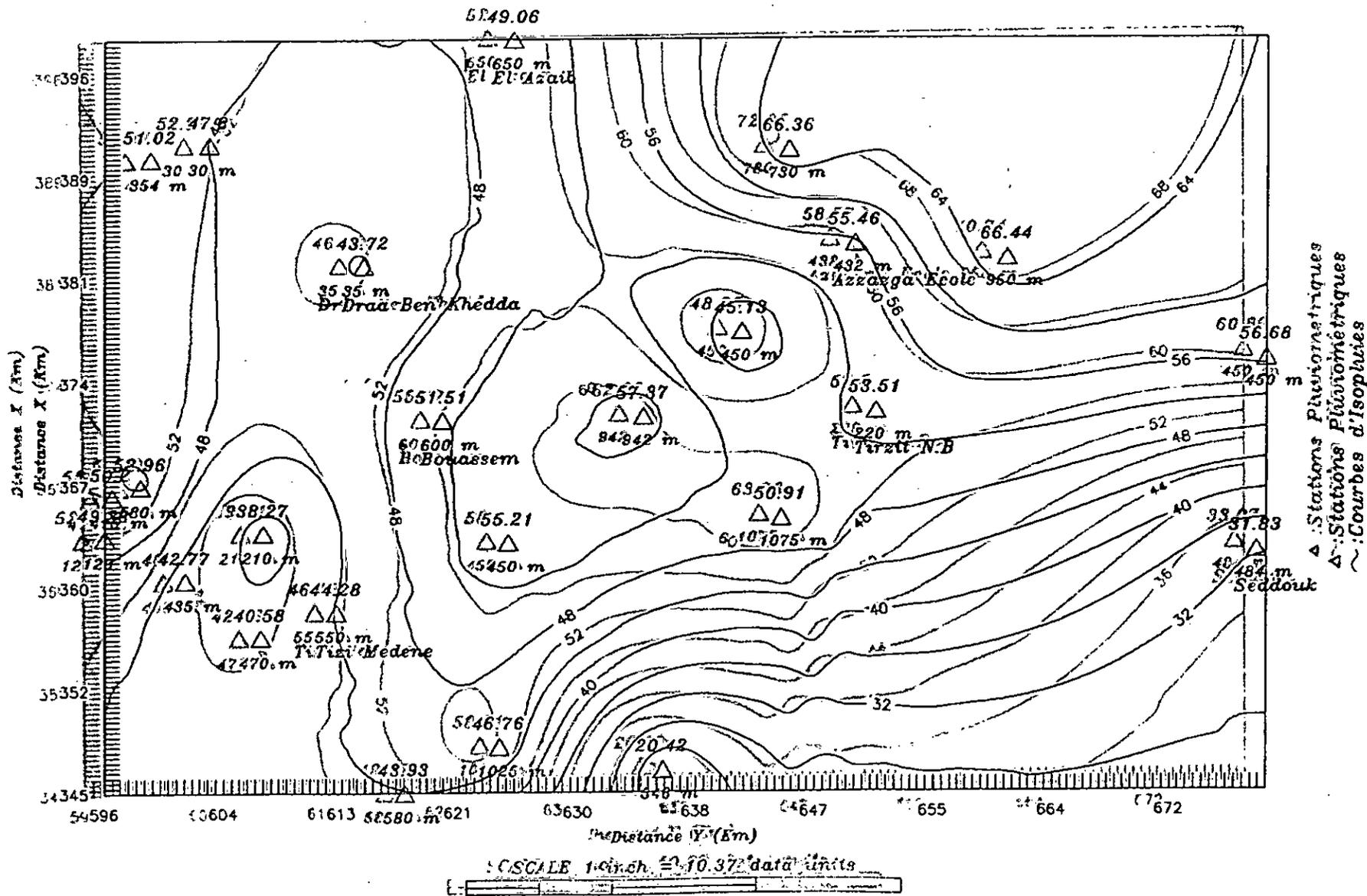
Les différents fréquences obtenues par la loi d'ajustement de GUMBEL							
Stations	X [km]	Y [km]	Z [m]	1/2	1/5	1/10	1/100
020810	625.05	398.55	650	52.40	71.10	83.72	123.23
020909	660.25	382.95	950	70.74	97.99	116.03	172.52
021501	650.90	372.09	220	57.50	80.57	95.85	143.70
021503	641.35	377.75	450	48.25	66.74	78.98	117.31
021504	649.40	384.00	432	58.57	78.89	92.35	134.49
021601	644.70	390.70	730	72.35	105.98	128.24	197.97
021701	624.70	362.80	450	58.30	82.87	99.15	150.10
021703	644.15	364.50	1075	63.96	92.82	111.93	171.76
021705	634.30	371.75	942	62.25	90.23	108.76	166.77
021801	620.00	371.50	600	55.47	80.11	96.42	147.51
021804	614.32	382.50	35	46.56	66.09	79.03	119.52
021901	612.35	357.90	550	46.18	62.20	72.80	106.01
021902	601.50	360.15	435	46.90	70.53	86.18	135.17
021905	607.10	363.50	210	39.84	51.82	59.75	84.58
021906	595.80	363.20	120	52.01	68.42	79.28	113.30
021908	611.80	382.50	580	57.19	83.58	101.05	155.75
021911	606.90	356.10	470	42.86	59.90	71.18	106.50
022002	603.25	391.15	30	52.84	81.32	100.17	159.21
022005	599.05	390.10	354	55.97	85.70	105.39	167.04
090506	596.30	366.10	415	55.22	81.52	98.93	153.44
150110	624.10	348.35	1025	58.51	105.80	137.11	235.16
150111	617.30	345.10	580	49.31	76.41	94.35	150.52
150306	635.75	346.70	546	26.92	47.75	61.86	105.44
151006	678.05	362.15	484	33.07	42.06	48.02	66.68
151007	678.75	375.75	450	60.86	85.99	102.62	154.71

TABLEAU N°8

En vue de cartographier les différents quantiles l'utilisation du logiciel "SURFER" [27] a permis le krigeage du domaine d'étude à un maillage de 50 x 50, l'estimation du paramètre cartographié aux différents noeuds des mailles, et l'utilisation de la théorie des fonctions spline pour lisser les différents points d'isovaleurs.

Les cartes ci après illustrent l'application de celle-ci. On notera qu'une carte de pluie maximale (maximum enregistré pendant la durée d'observation de chaque station) a été établie.

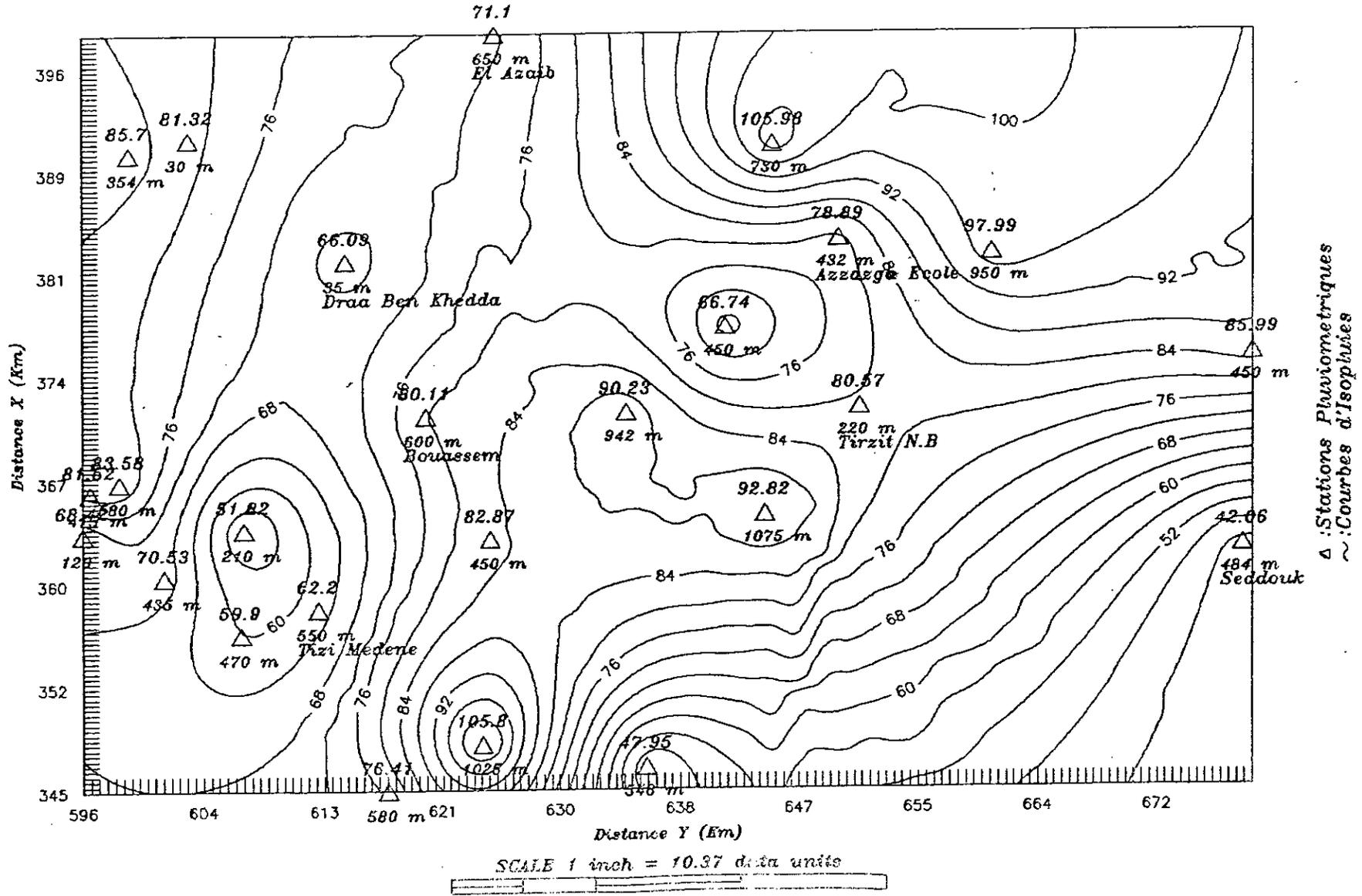
# CAI CARTE DES PLEUIES BIENNALES estimees par aloi de FRECHET



# CARTE DES PLUIES QUINQUENALES

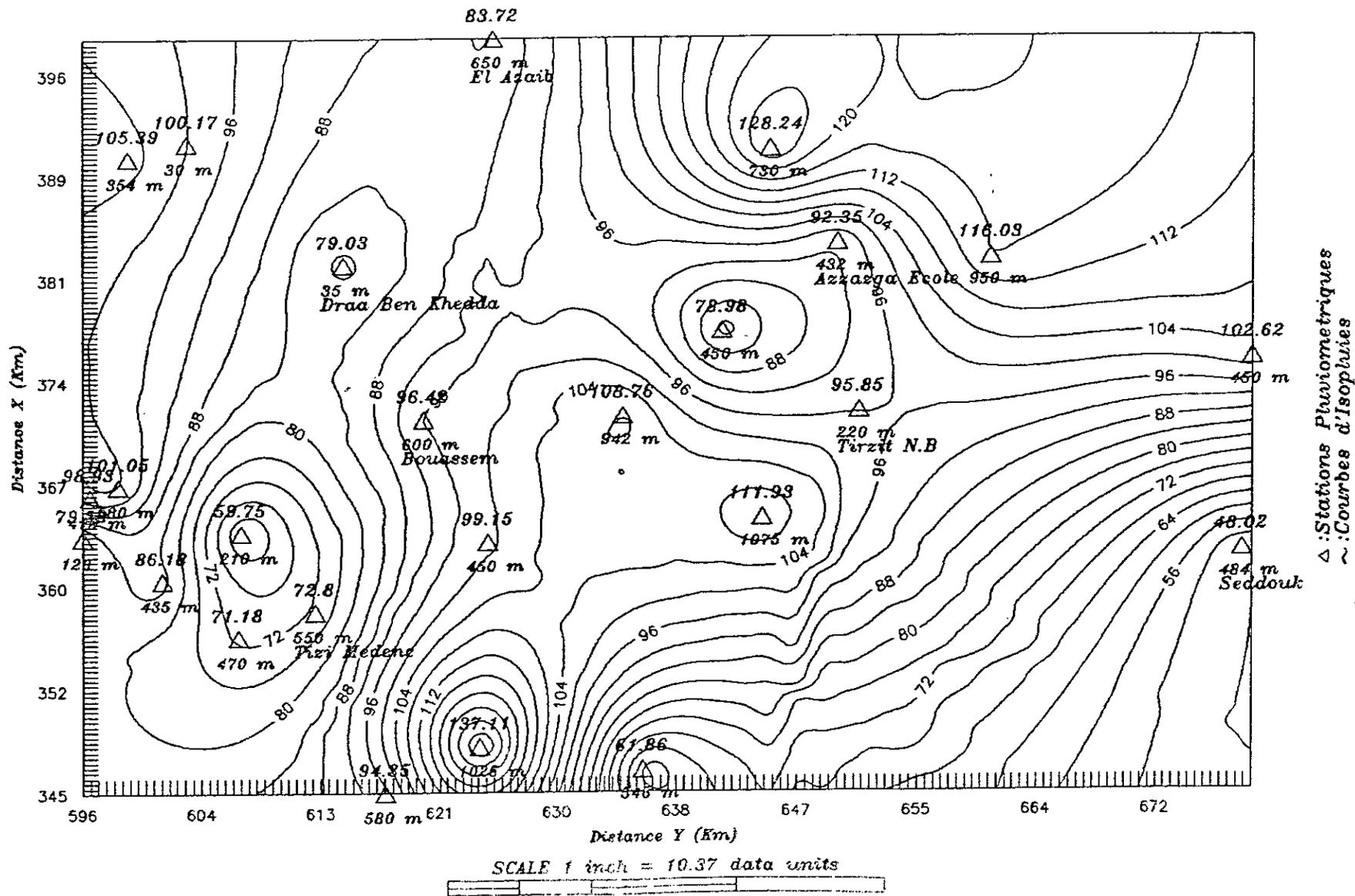
estimees par la loi de GUMBEL

70



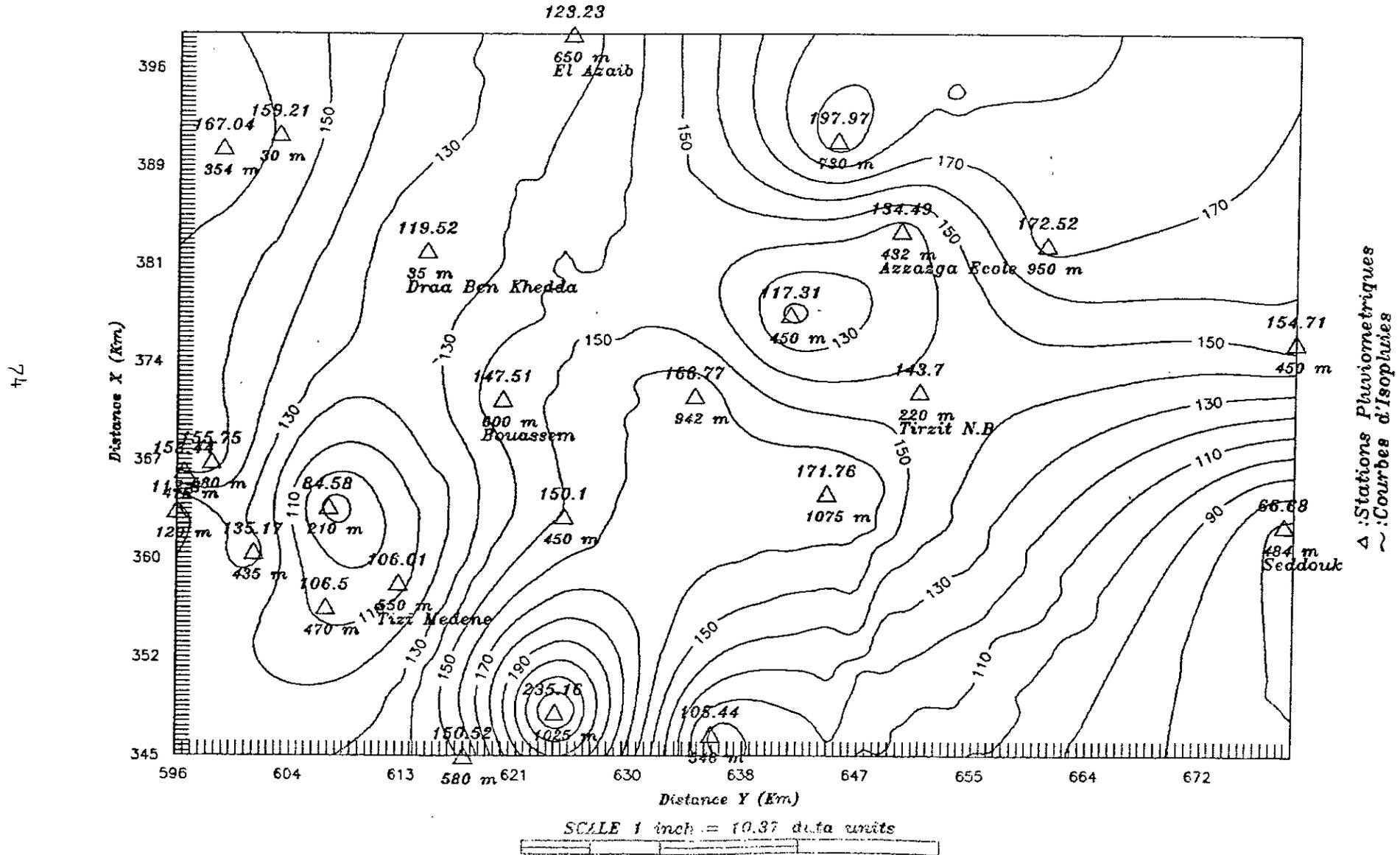


# CARTE DES PLUIES DECENALES estimees par la loi de GUMBEL





# CARTE DES PLUIES CENTENALES estimees par la loi de GUMBEL





## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Nombreux sont les gens, qui pour les besoins d'un projet, réalisent une étude pluviométrique ponctuelle. Ce résultat provenant de l'analyse d'une seule station pluviométrique, sans confrontation régionale est donc forcément approximatif à cause de la variabilité spatiale des mesures pluviométriques. Il est donc important de faire une étude systématique de tout les pluviomètres de la région d'étude.

Dans ces conditions, la critique des données recueillies devient une partie non négligeable, de l'étude entreprise, il n'existe d'ailleurs pas de méthode mathématique de critique de données (comme les doubles cumuls pour les pluies annuelles), et on s'est contenté seulement, d'analyser les données et de les comparer entre elles pour relever toutes les anomalies.

Les durées d'observations des pluies aux diverses stations étant trop courte pour pouvoir prendre la valeur maximale mensuelle de l'année, l'étudier et en tirer des conclusions bien fondées, on a donc constitué deux autres échantillons, l'un de taille double, en retenant pour chaque station les deux plus fortes valeurs mensuelles maximales de l'année et l'autre, en prenant toute valeur mensuelle maximale supérieure à un seuil fixe pour chaque station (minimum des maximums annuels) qu'on a appelé respectivement deuxième et troisième variante.

L'étude fréquentielle des ajustements aux lois théoriques de GUMBEL et FRECHET, ont permis d'une part d'en écarter cette dernière variante (troisième) du fait de la tendance

(Inclinaison) qu'elle présente pour de petites fréquences dans les deux types de lois et pour les 25 stations étudiées, cela est probablement dû à l'effet de seuil, ou à un mélange de population, et d'autre part, d'en retenir la deuxième variante vue sa parfaite et bonne adéquation respectivement aux lois de FRECHET et GUMBEL.

La nette supériorité des ajustements de FRECHET, contrairement à ce qui devait se passer (d'en retenir celle-ci pour le bassin d'étude), nous a poussé à affiner l'étude en retenant les deux lois d'ajustement.

L'analyse en composantes principales, technique nouvelle utilisée dans cette étude, s'est révélée d'un intérêt double à savoir:

- La première composante explique plus de 95% de la variance ce qui traduit une certaine homogénéité à l'échelle du bassin d'étude.
- Les différentes stations ont les mêmes caractéristiques statistiques.

Afin de proposer des résultats directement utilisables par les projeteurs, on s'est attelé à tracer des cartes d'isohyètes des quantiles : biennale, quinquennale, decennale et centennale (application de la théorie des fonctions spline).

En dehors des résultats découlant directement de l'analyse statistique, un certain nombre d'indications supplémentaires peuvent être déduites d'une analyse de la répartition spatiale de ces valeurs. Il serait souhaitable à l'avenir de compléter cette première approche, par la prise en compte d'un certain nombre de stations supplémentaires.

Notre étude s'appuie de façon systématique sur pratiquement toutes les stations pluviométriques disponibles et porte sur les pluies de durée un (01) jour uniquement, elle présente à nos yeux un caractère méthodologique, et nous a permis de vérifier le bien fondé de la méthode proposée.

Dans un stade ultérieur, on propose d'atteindre un plus large objectif en étudiant les extensions suivantes:

- Validité des lois de distribution sur l'ensemble de la zone Nord Algérien.

- La prise en compte des durées inférieures à la journée.

Ces résultats remarquables, obtenus sur une région d'étendue notable, sont vraisemblablement tributaires du relief accidenté de la région considérée. La méthodologie proposée, qui nous paraît très fructueuse, pourrait cependant être développée sans doute avec succès dans des régions de superficies plus modestes (régions de plaines).

## BIBLIOGRAPHIES

- [1] A. Mebarki, (1984), "Ressources en eau et aménagement en Algérie (Le bassin du Khebir Rhumel)", O.P.U., Ed. N°1212-09-84
- [2] A.N.R.H., (1979), "Rapport technique de synthèse des études sur le réseau d'information du Sebaou en vue de l'installation du système de télémésures et de prévisions hydrologiques".
- [3] B. Aissani, (1980), "Application de l'analyse en composantes principales à la critique et à l'homogénéisation des données pluviométriques: Exemple des hauteurs de pluies mensuelles sur le bassin de Rhumel (Algérie)", Thèse de D.E.A. Université de Nancy.
- [4] B. Sevruk, H. Geiger, (1981), "Selection of distribution types for extremes of précipitation", W.M.O., Operational Hydrology Report N° 15
- [5] C.E.M.A.G.E.F, (1989), "Hydrologie appliquée aux petits bassin ruraux", Groupement Antony.
- [6] C. Dubant, G. Maire, J. Schwartz, (1979), "Analyse des fortes pluies de 1<sup>h</sup> à 48<sup>h</sup> pour une quinzaine de postes Alsaciens", paris.
- [7] D. Creutin, C. Obled, P. Tourasse, (1979), "Analyse spatiale et temporelle des épisodes pluvieux Cévenols", Institut de Mécanique de Grenoble.
- [8] D.H.W., (1974), "Etude de la mise en valeur des périmètres du moyen et du haut Sebaou", Tizi ouzou

#### BIBLIOGRAPHIE

---

- [9] E. Colin, J.A. Bedel, (1979), "Essais d'ajustements régionaux sur les intensités de pluie, Paris.
- [10] Escofier Brigitte, (1989), "Analyse factorielle simple"
- [11] G.E.S.T.O.P., Programme Automatique d'ajustement des lois statistiques
- [12] Jean de Lagarde, (1983), "Initiation à l'analyse des données" Dunod, Paris.
- [13] J. Lavabre, (1979), "Analyse de la pluviométrie de Réal Collobrier par la méthode des composantes principales", C.T.G.R.E.F., Aix en provence.
- [14] J.L. Lebart, J.P. Fenelon, (1974 ), "Statistique et informatique appliquées", Dunod.
- [15] J.P. Masson, (1979), "Analyse d'une longue série pluviographique Montpellier Bel Air 1920-1971", Université des sciences et techniques du Languedoc.
- [16] J.P. Laborde, (1982), "Critique et analyse statistique des données hydrologiques", Element d'hydrologie de surface Tome2.
- [17] J.P. Laborde, (1989), "Méthode d'interpolation géostatistique et cartographie automatique à l'usage des géographes et de quelques autres.
- [18] J.P. Lahaye, M. Meunier, R. Tartes, (1976), "Méthode d'étude des pluies de courtes durée", C.I.E.H., Paris.
- [19] M. Grissoni, J. Decroux, (1972), "Cours d'hydrologie superficielle", D.E.M.R.H.

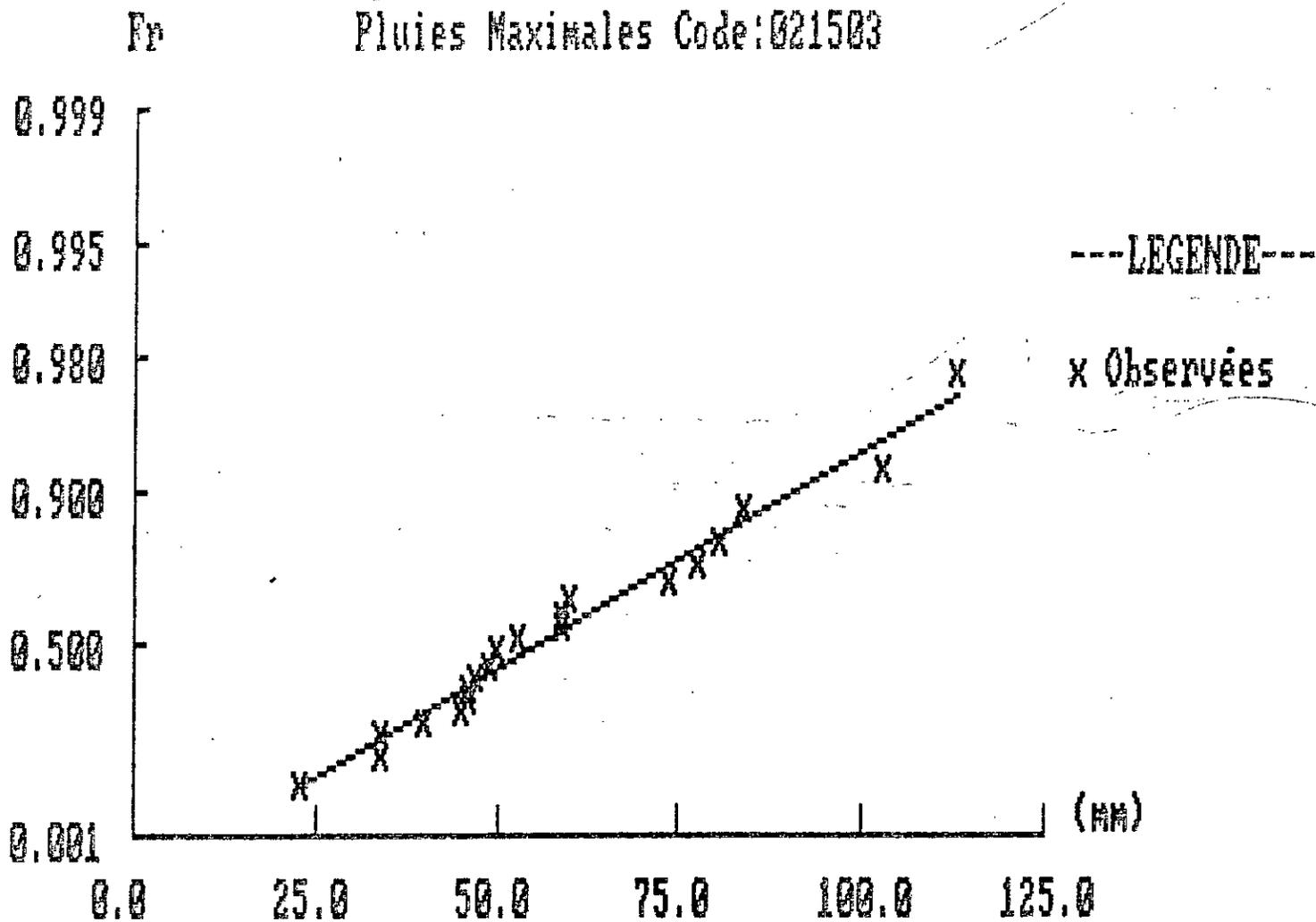
## BIBLIOGRAPHIE

---

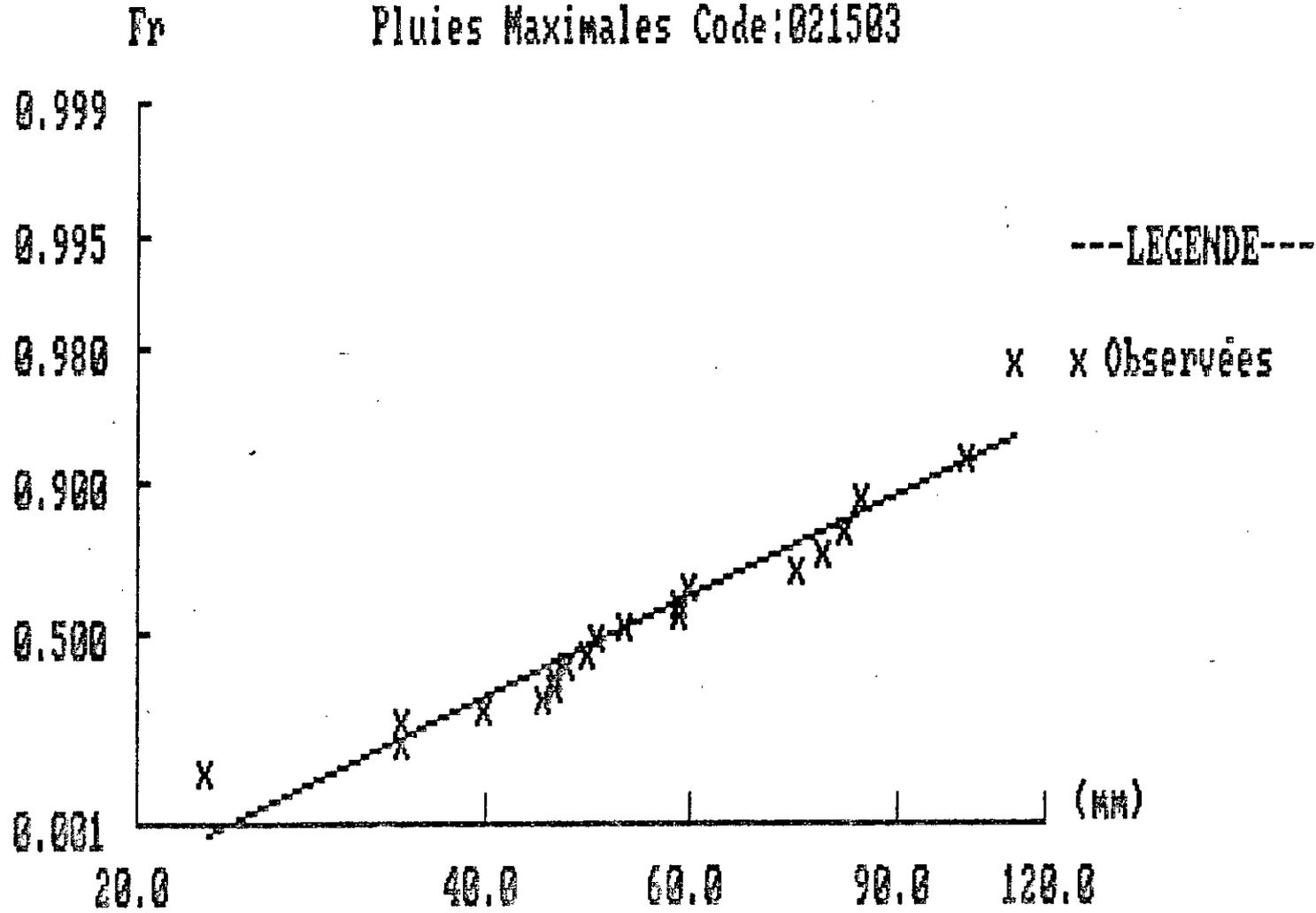
- [20] P. Dubreuil, (1974), "Initiation à l'analyse hydrologique"  
ed. Masson et Orstom, Paris.
- [21] P. Maylan, (1986), "Régionalisation de données entachées  
d'erreur de mesure par Krigeage Application à la  
pluviométrie" Hydrologie continental, Vol. I, n° 1, 25-34
- [22] P. Guillot, (1979), "Débits et pluies extrêmes",  
Météorologie VI<sup>e</sup> Serie. N° 20-21.
- [23] R. Arlery, H. Grisolle, B. Guilmet, (1973), "Climatologie  
méthodes et pratiques", Paris, Bruxelles, Montréal.
- [24] Remenier a s, (1976), "Hydrologie de l'ingénieur", Ed.  
Eyrolles, Paris.
- [25] Rousselle, (1987), "Hydrologie fondamentale"
- [26] Shaw, (1983), "Hydrology in practice".
- [27] Surfer Access system Version 4.07 Copyright (c) Golden  
Software INC.1989.
- [28] T. J. Nordenson, (1971), "Préparation de cartes coordonnées  
des précipitations, de l'écoulement et de l'évaporation",  
O.M.M./D.H.I., Rapport N° 6.
- [29] T. Lebel, (1984), "Moyenne spatiale de la pluie sur un  
bassin versant: Estimation optimale, Génération stockastique  
et Gradex des valeurs extrêmes".
- [30] Y. Mekerssi, M. Akacem, (1991), "Contribution à l'étude  
hydrologique du bas Sebaou", A.N.R.H.

A N N E X E 1

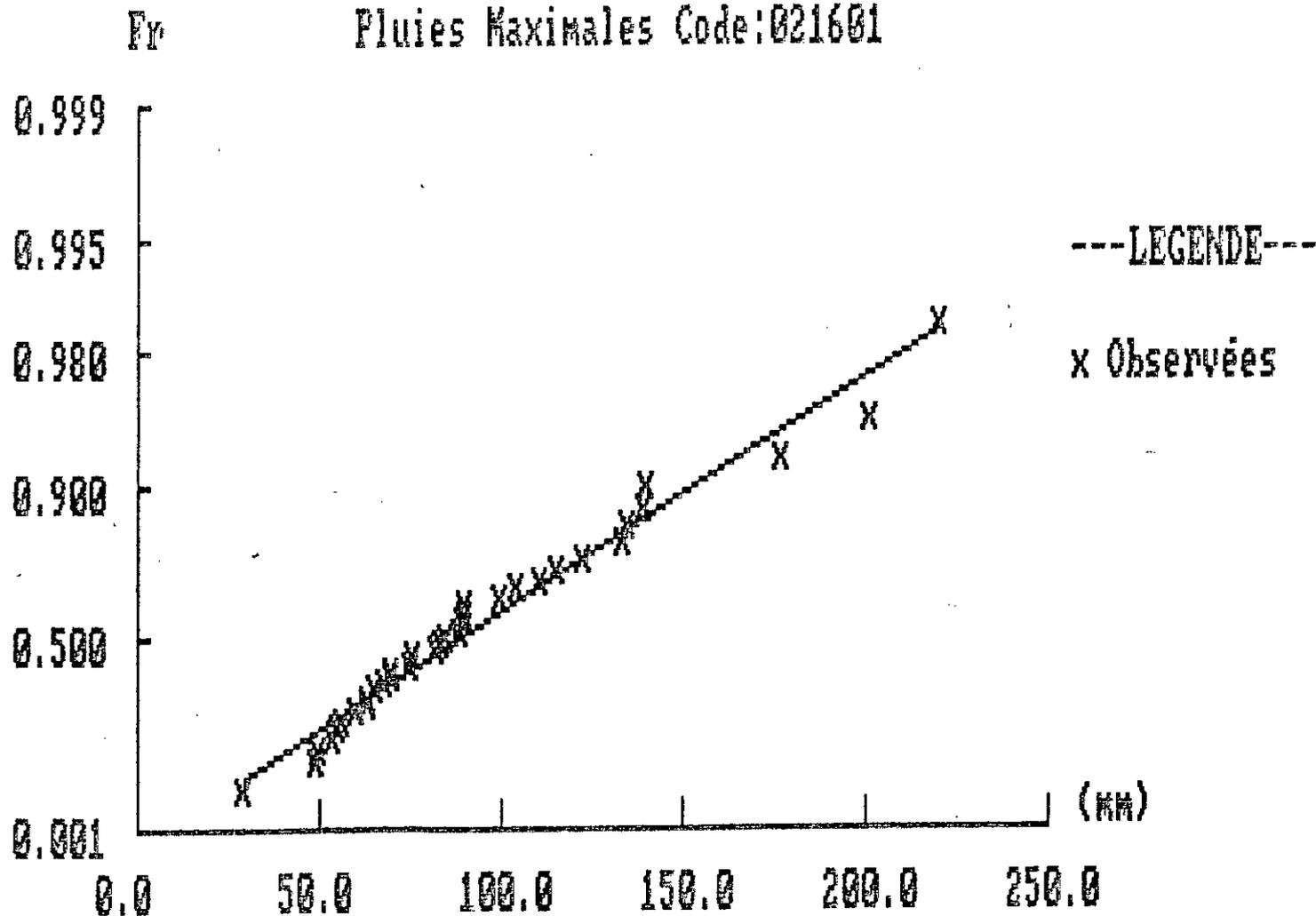
Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:021503



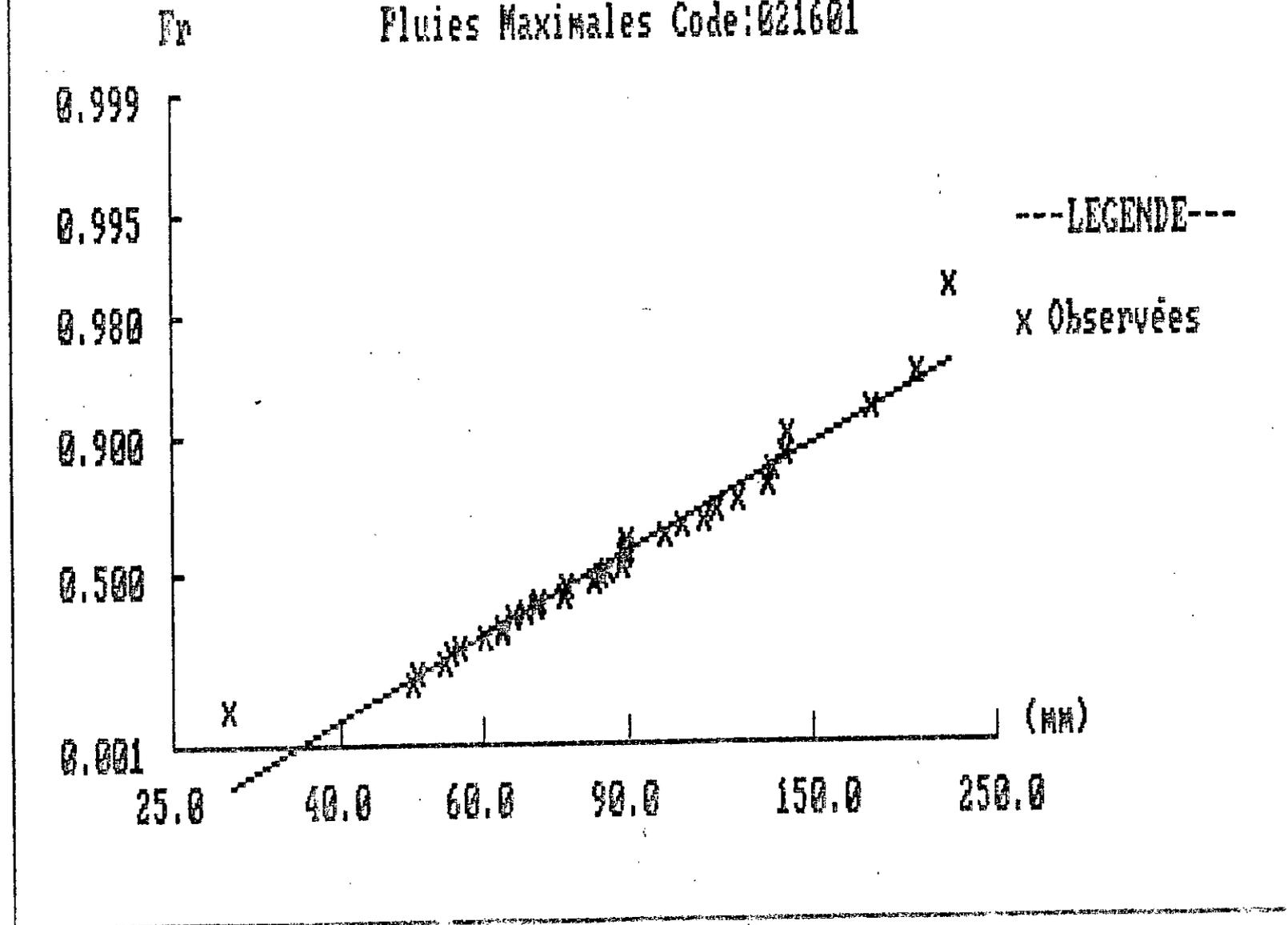
Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:021503



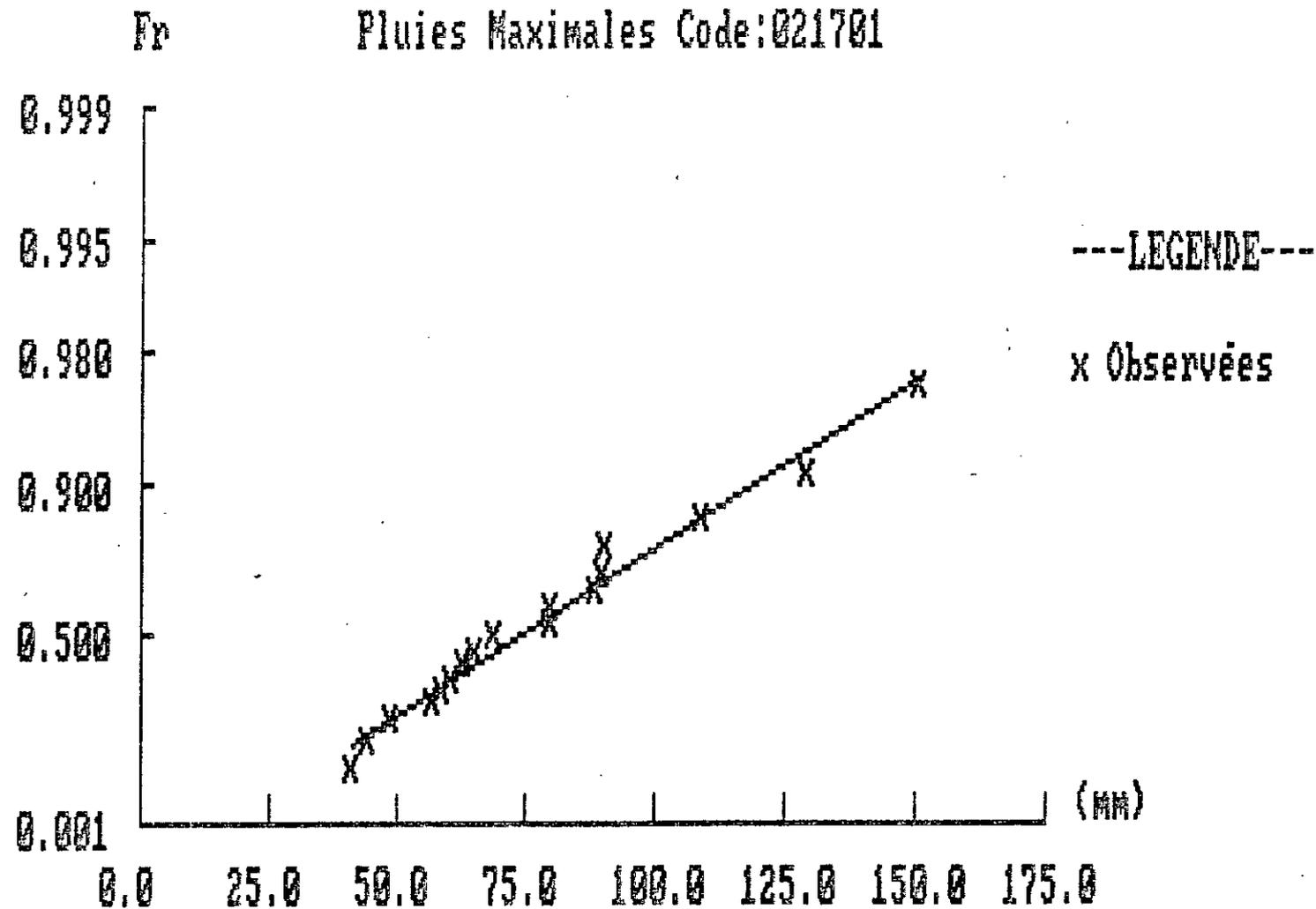
Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:021601



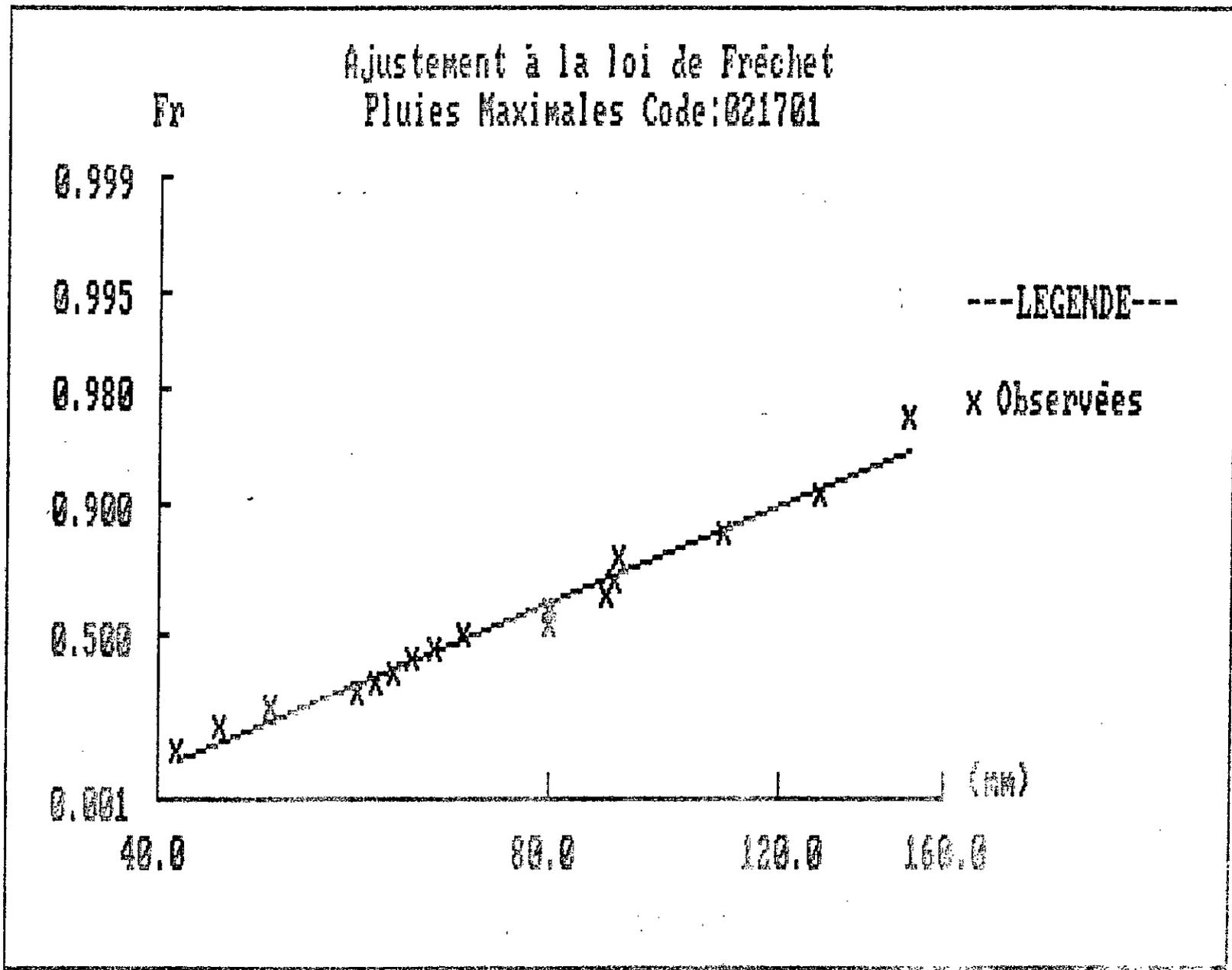
Ajustement à la loi de Fréchet  
Fluies Maximales Code:021601



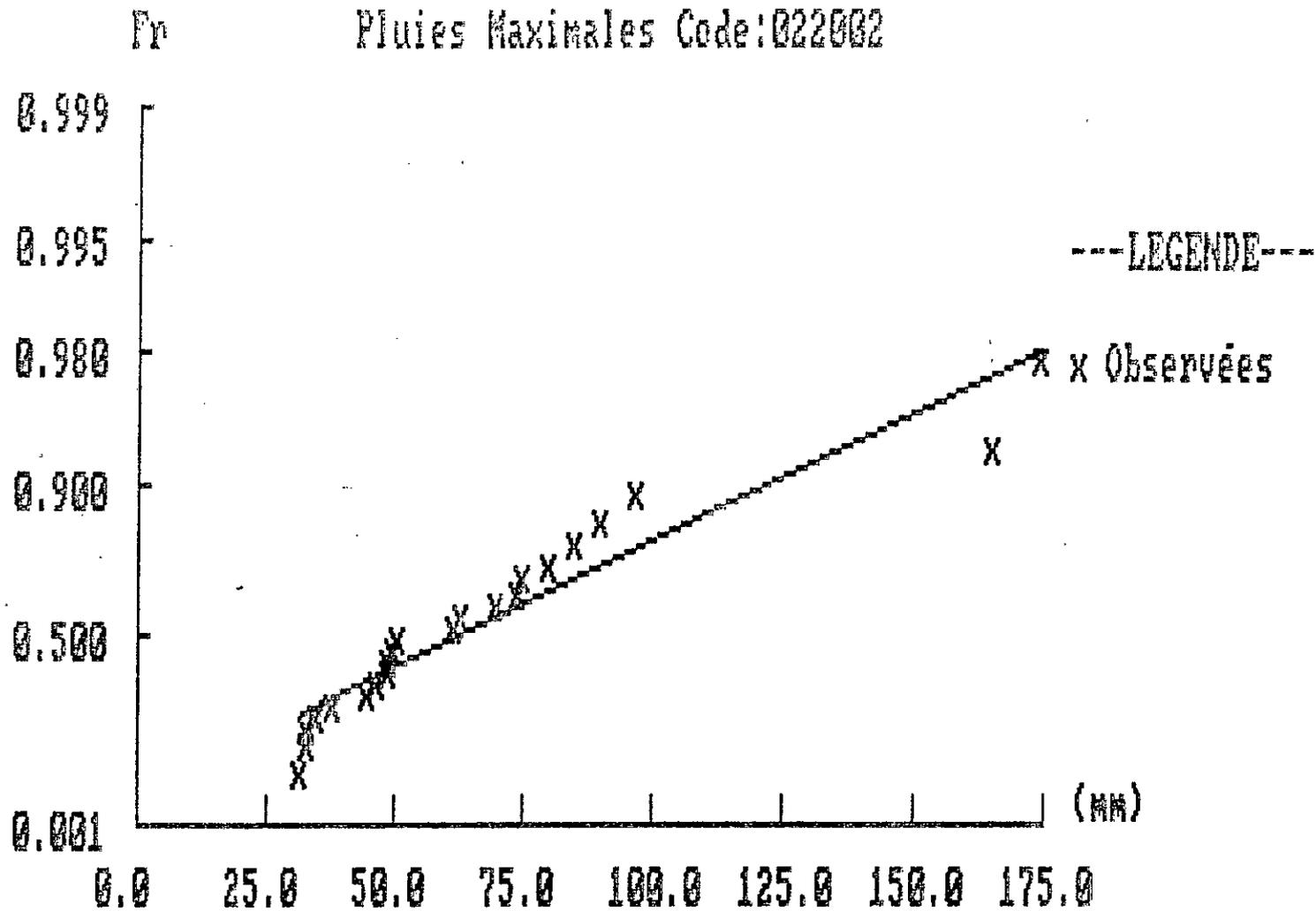
Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:021701



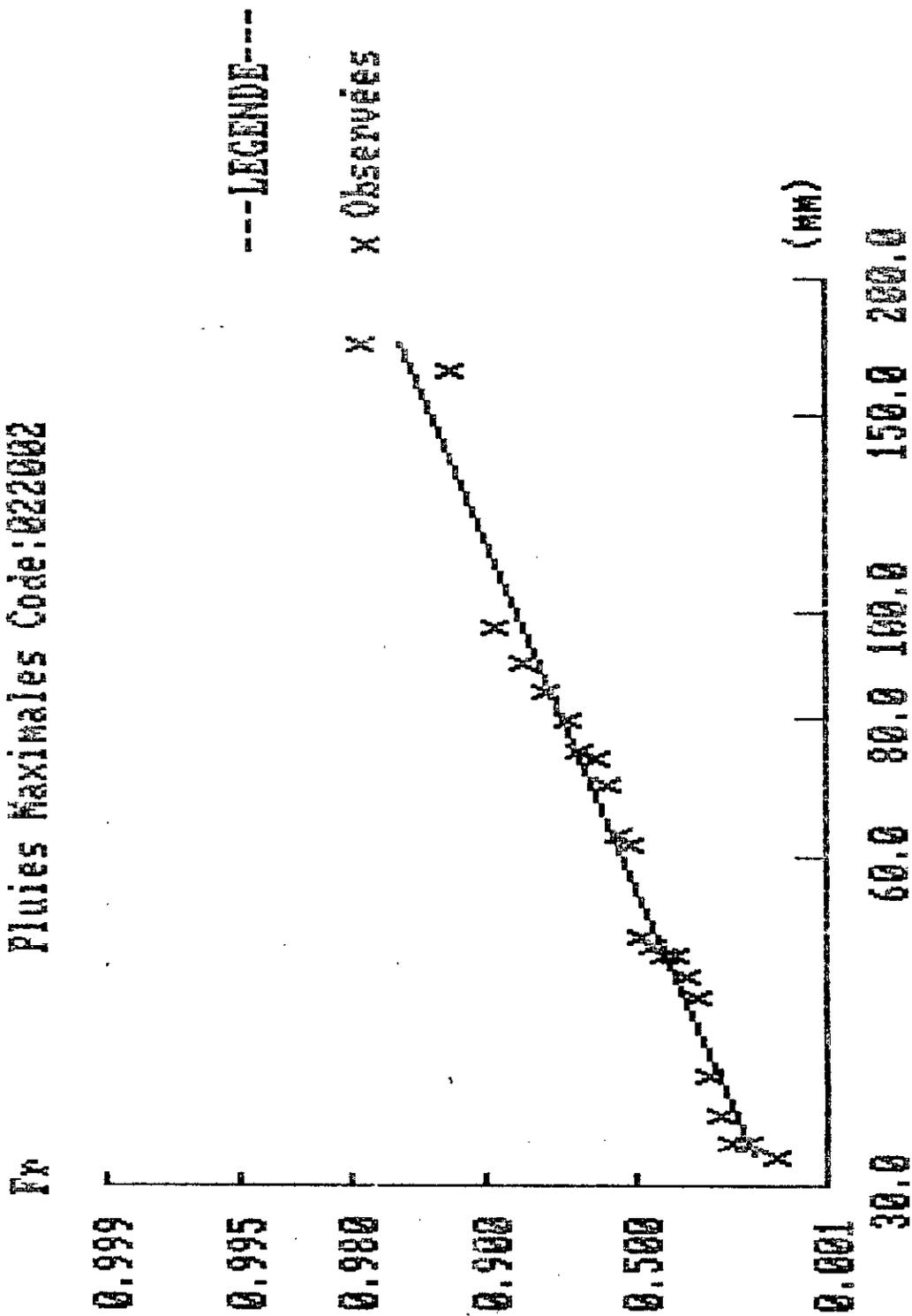
Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:021701



Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:022002

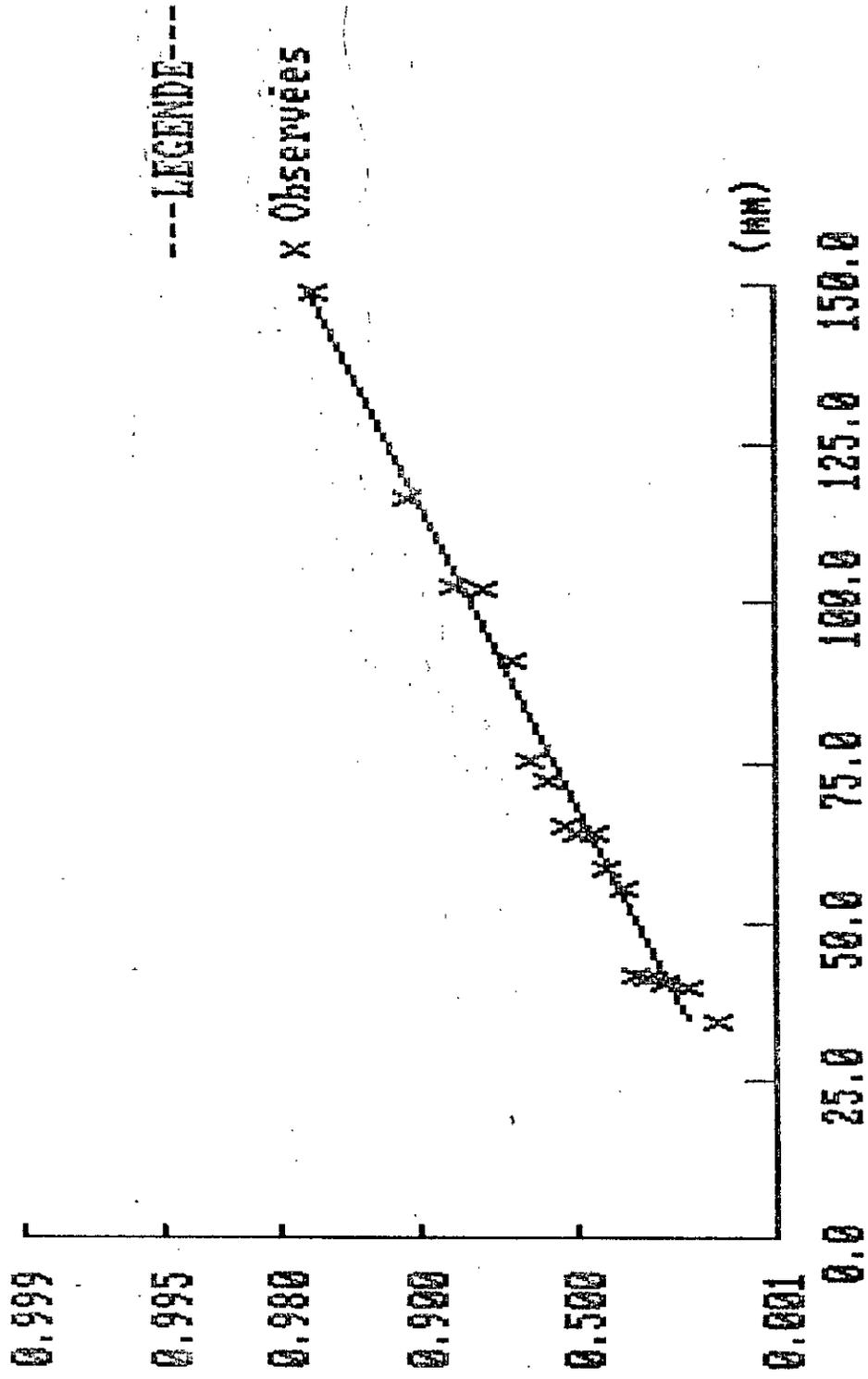


Ajustement à la loi de Fréchet  
 Pluies Maximales Code: 022002

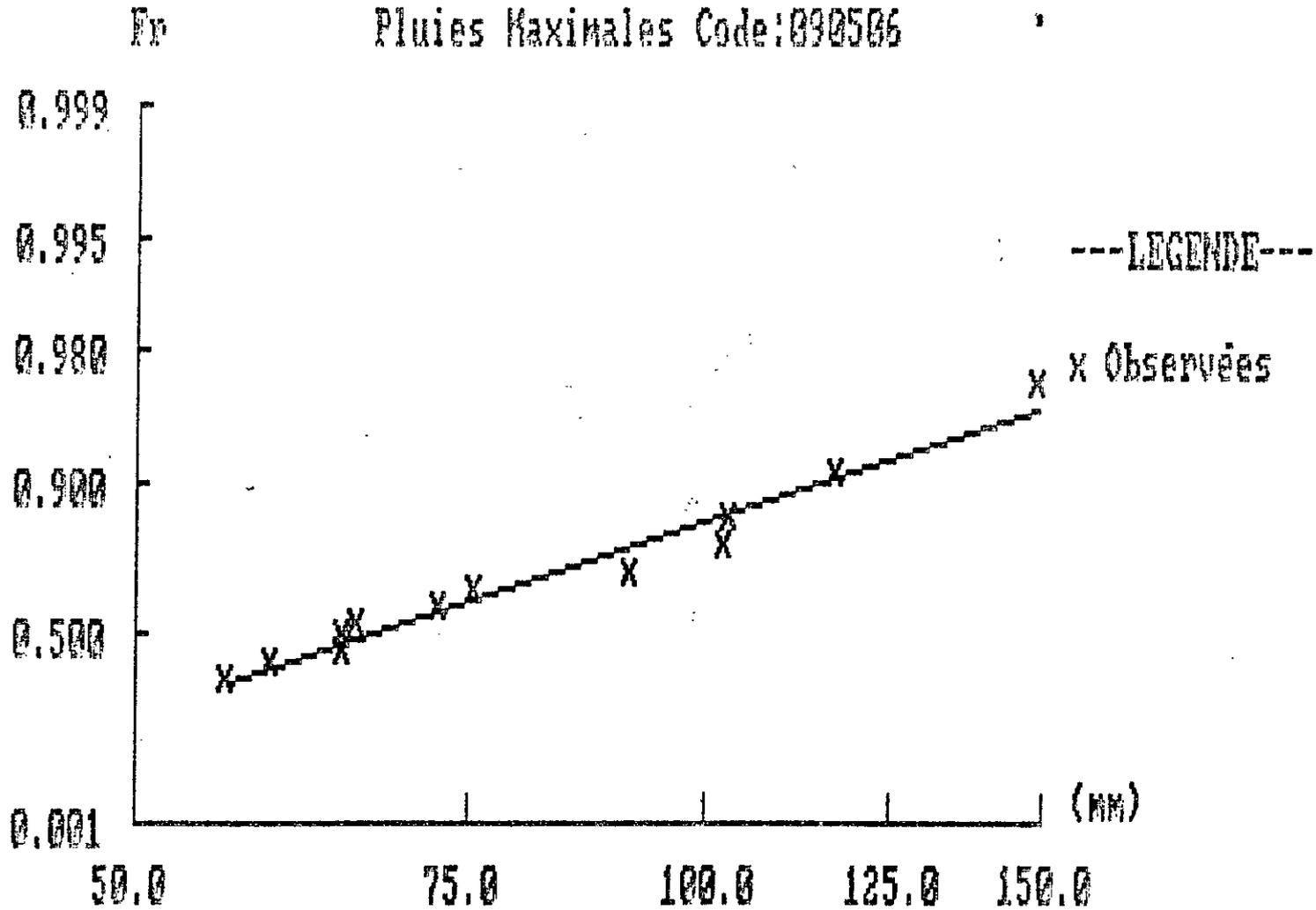


Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code: 090506

F<sub>n</sub>

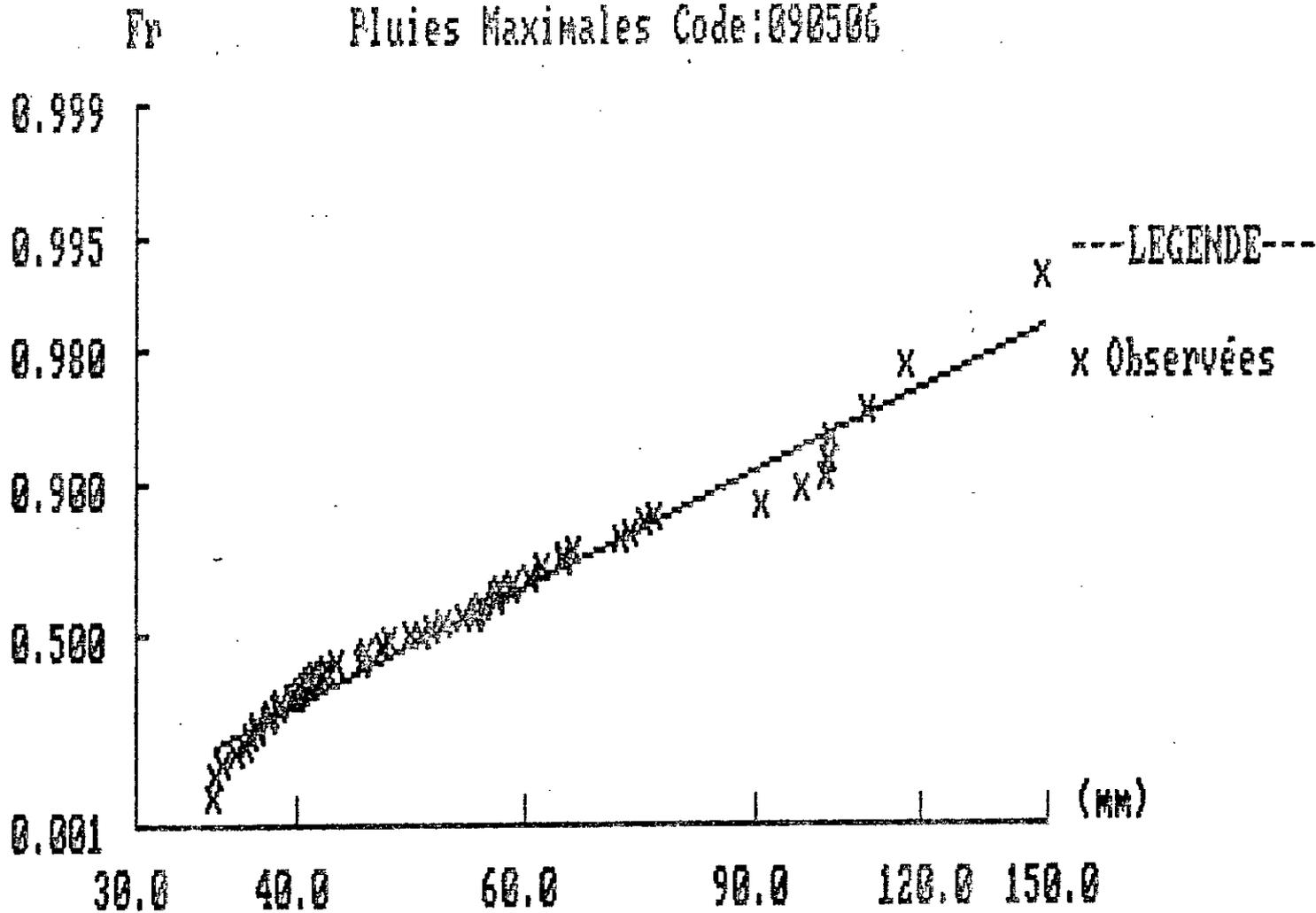


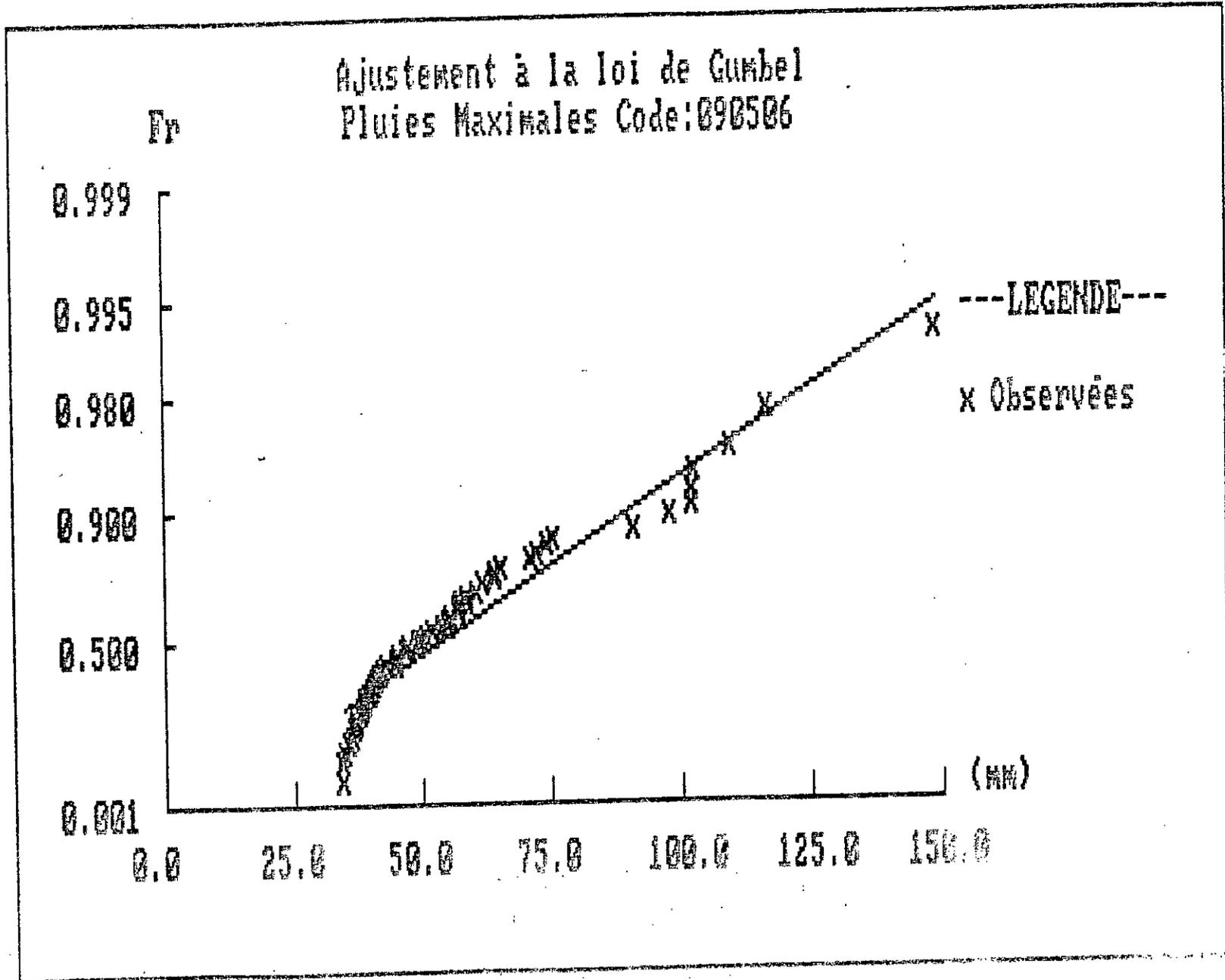
Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:090506



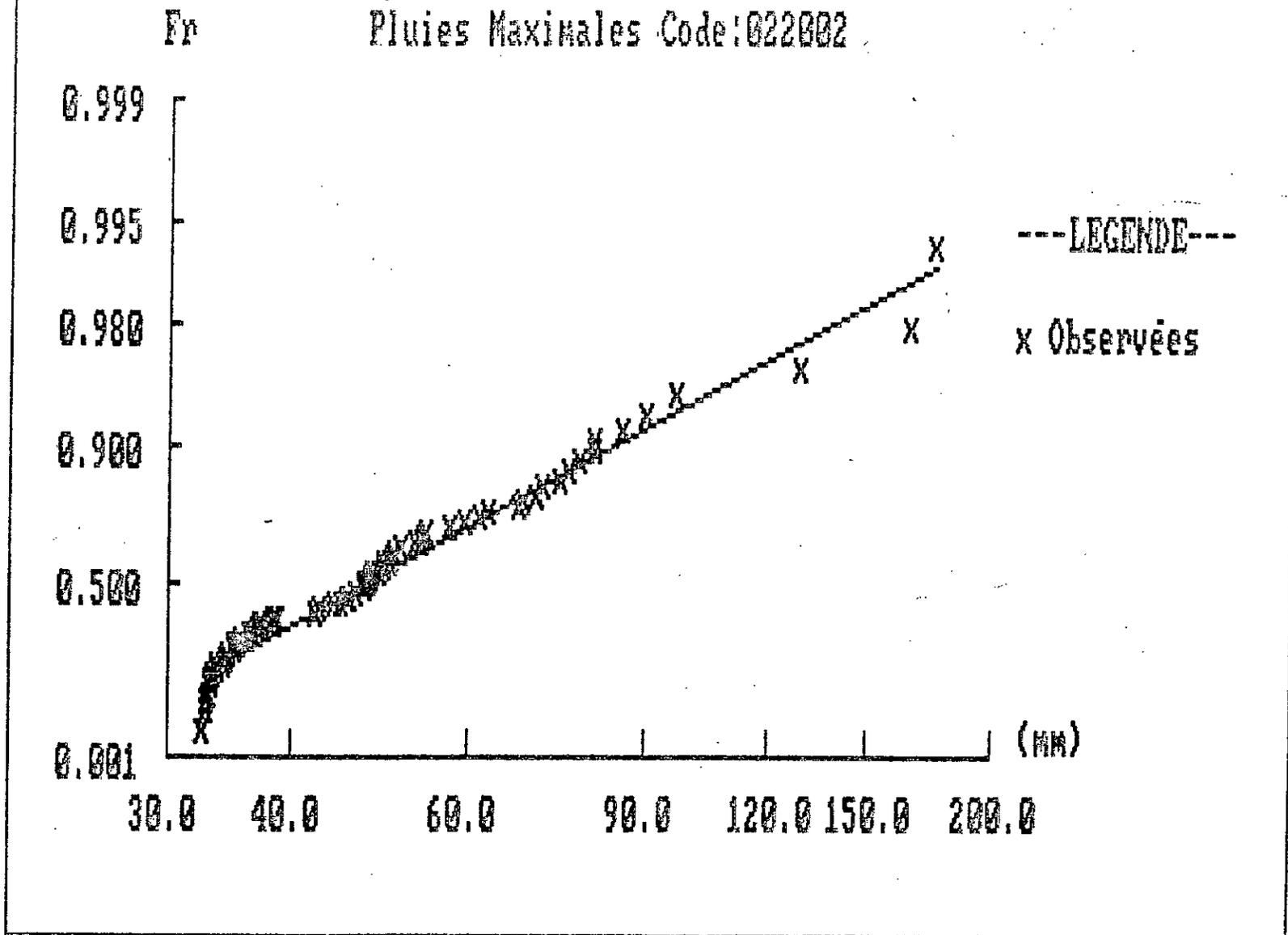
A N N E X E 2

Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:090506

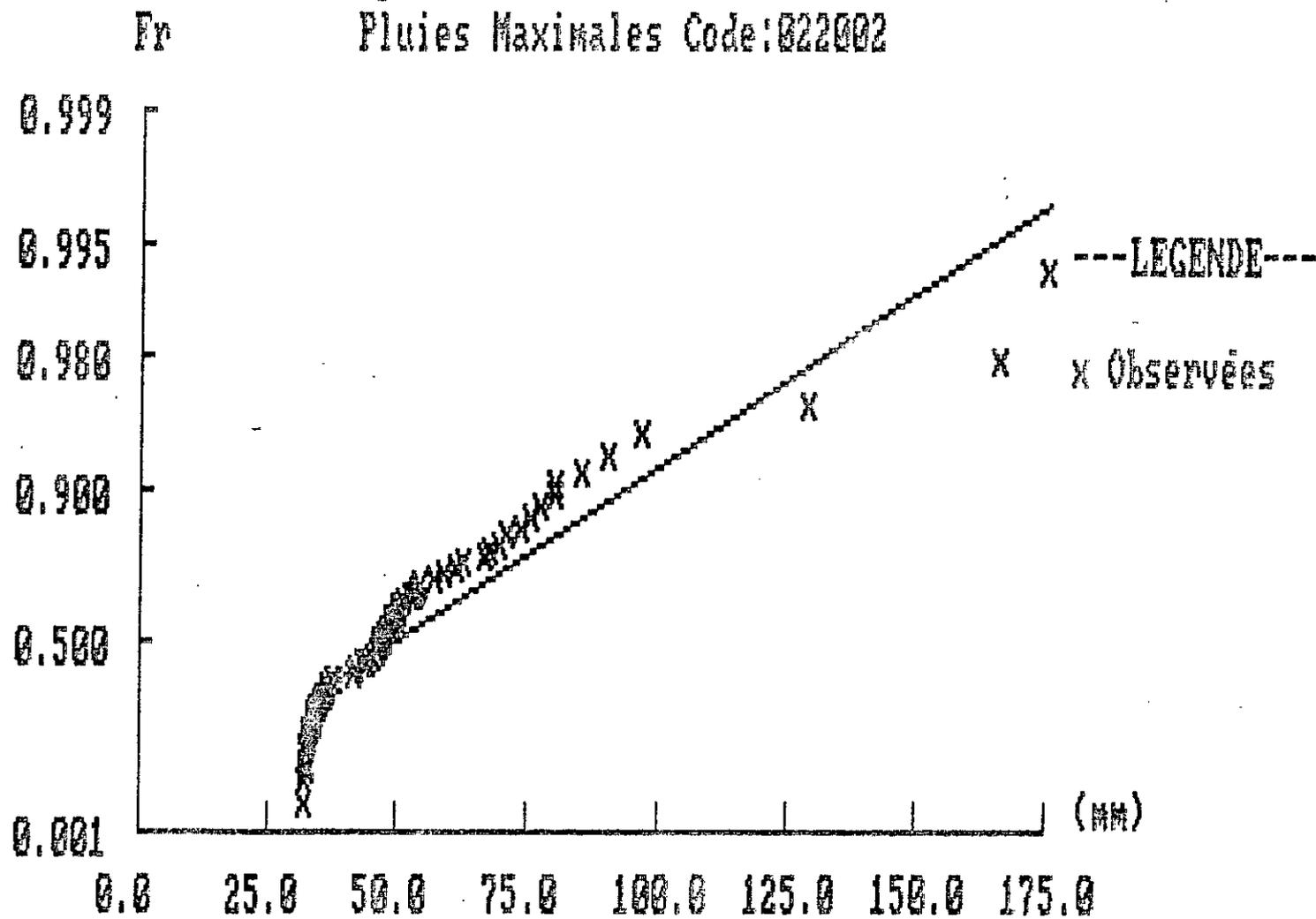




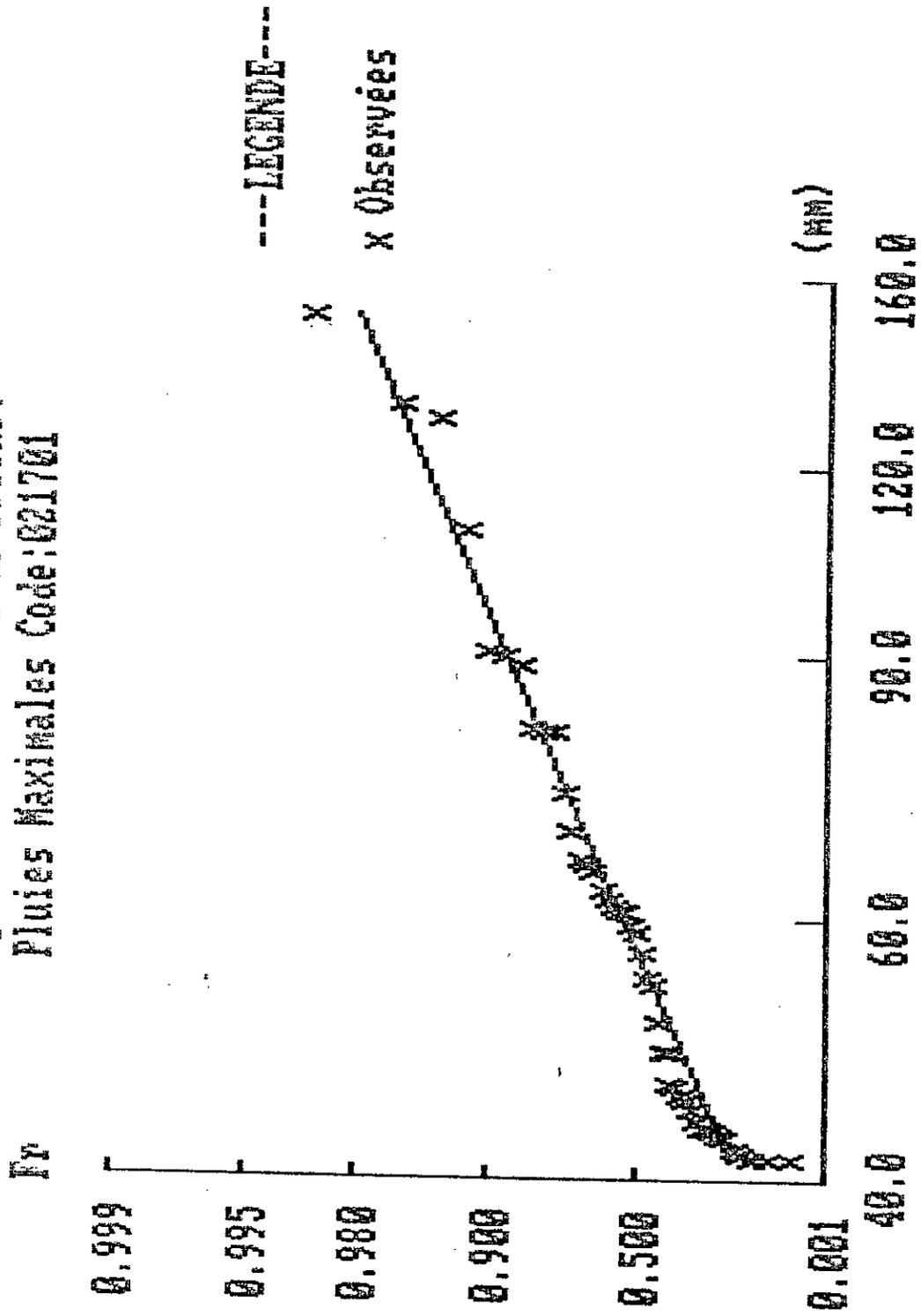
Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code:022002



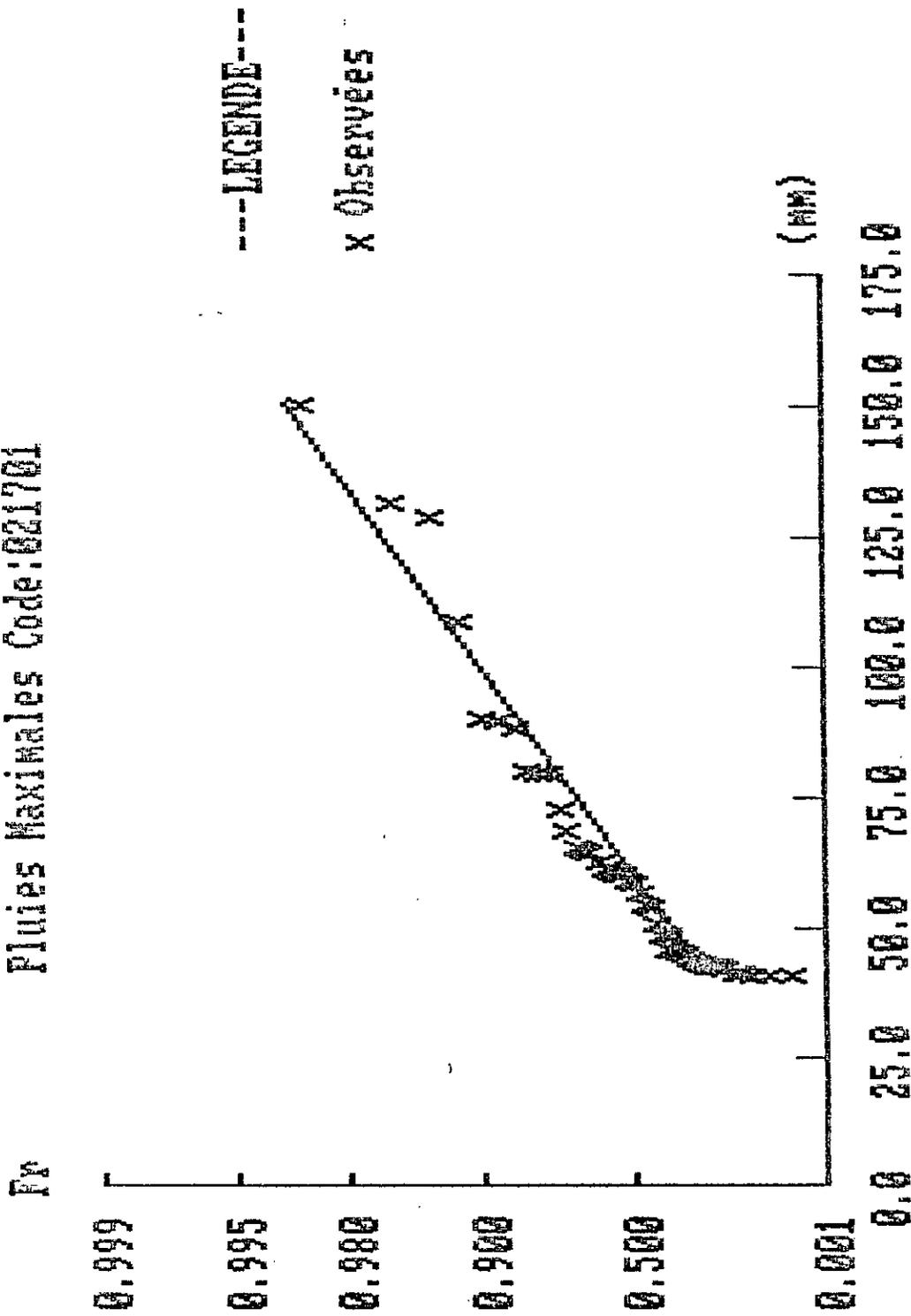
Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:022002



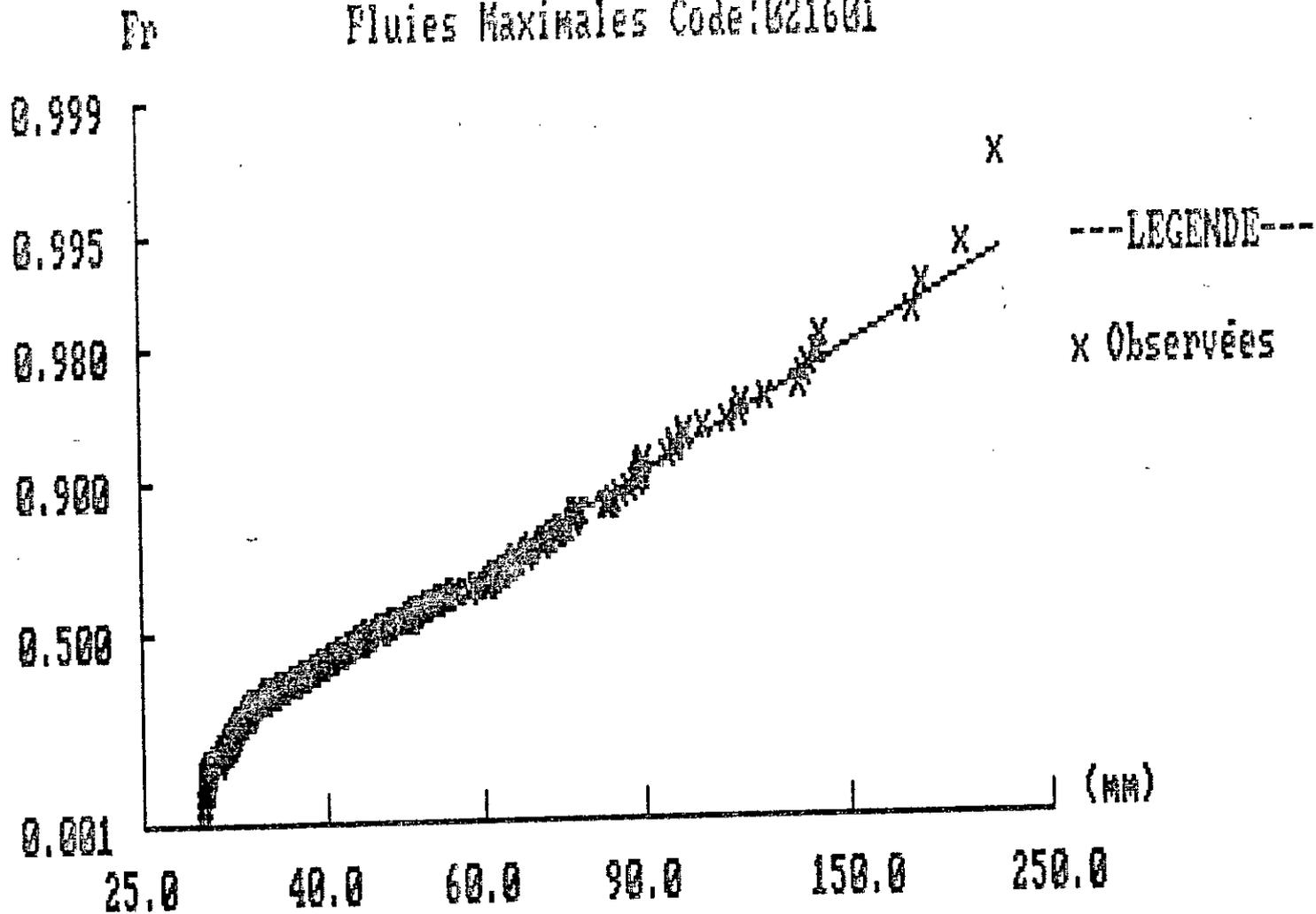
Ajustement à la loi de Fréchet  
 Pluies Maximales Code: 021701



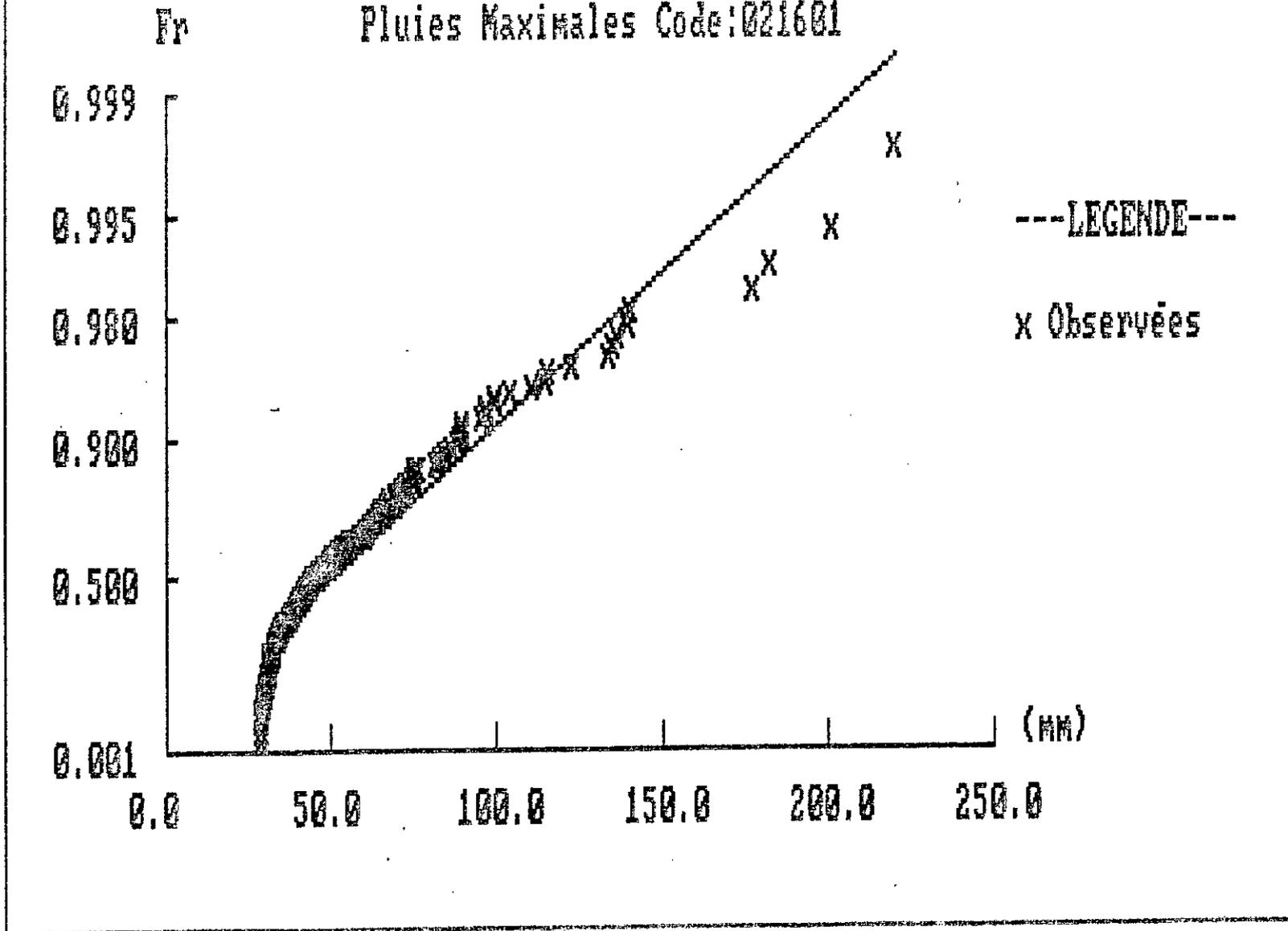
Ajustement à la loi de Gumbel  
 Pluies Maximales Code: 021701



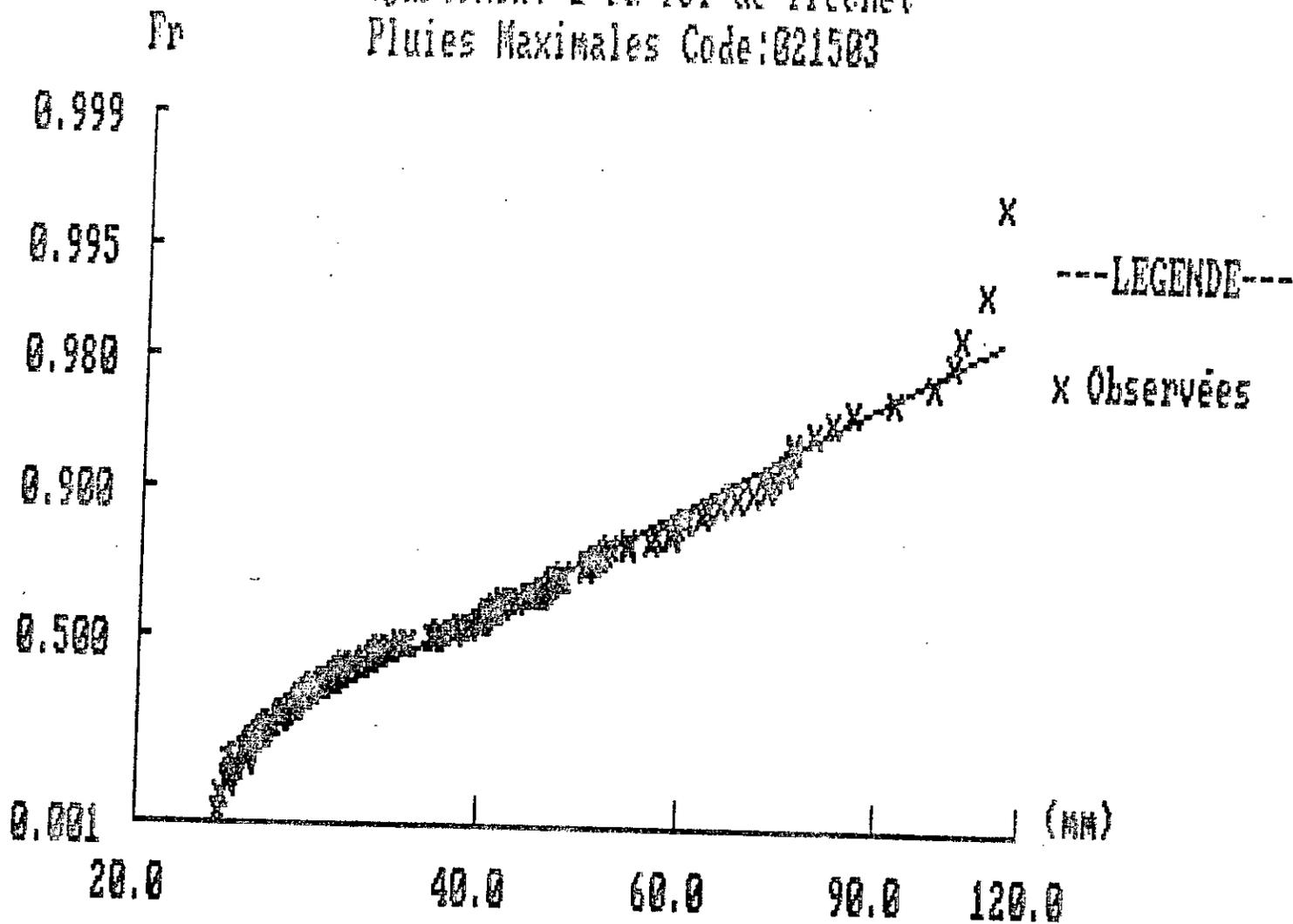
Ajustement à la loi de Fréchet  
Fluies Maximales Code:021601



Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:021601



Ajustement à la loi de Fréchet  
Pluies Maximales Code: 021503



Ajustement à la loi de Gumbel  
Pluies Maximales Code:021503

