

REPUBLIQUE DU SENEGAL

PROJET AGRHYMET

SEN/86/009

11623

(B) DÍ. 10.36

COMITE NATIONAL AGRHYMET

GROUPE DE TRAVAIL
PLURIDISCIPLINAIRE
(G. T. P.)

COMITE INTERMINISTERIEL
DE SUIVI DE LA CAMPAGNE
AGRICOLE

**EXPERIENCE PILOTE INTEGREE
DU SENEGAL**

**RAPPORT TECHNIQUE
CAMPAGNE 1989/90**

T A B L E D E S M A T I E R E S

	<u>Page</u>
I <u>INTRODUCTION</u>	1 - 3
II <u>ACTIVITES</u>	3
III <u>CONDITIONS AGROMETEOROLOGIQUES DE LA ZONE PILOTE EN 1989</u>	4 - 9
3.1 Pluviométrie et autres paramètres agrométéorologiques	4
3.2 Bilans hydriques	6
IV <u>TESTS EN MILIEU PAYSAN</u>	10 - 21
4.1 Protocole des tests	10
4.2 Méthodologies utilisées	11
4.3 Déroulement de la campagne 1989	15
4.4 Résultats et discussions	17
V <u>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS</u>	21 - 23
VI <u>ANNEXES</u>	
Annexe I	
Annexe II	
Annexe III	

I - INTRODUCTION

Le Sénégal, comme les autres pays du Sahel, a une économie dépendante en grande partie de l'agriculture, une agriculture qui est très vulnérable, parce que fortement soumise aux fluctuations climatiques, particulièrement la sécheresse. La série des années sèches que connaissent les pays du Sahel depuis les années 70 a amené les Gouvernements de ces pays et la Communauté Scientifique à admettre que le phénomène sécheresse doit être considéré comme une donnée permanente de l'écoclimat de la sous-région.

Par conséquent un intérêt particulier est mis sur l'agriculture et son amélioration potentielle. Grâce à l'appui du gouvernement et l'assistance des organisations internationales, des projets pour la formation de la sécurité alimentaire et l'amélioration de l'agriculture voient progressivement le jour.

Il faudra non seulement assurer la maîtrise de l'eau afin de pouvoir produire même en cas de sécheresse, mais aussi prendre en compte le facteur climatique dans les aménagements et travaux agricoles de façon à tirer le meilleur profit de l'eau qui tombe.

C'est précisément pour trouver une solution à ce dernier aspect du problème de l'agriculture que depuis maintenant quatre ans la Direction de la Météorologie Nationale mène dans la localité de Khombole, une expérience agrométéorologique pilote.

Cette expérience, communément connue sous le nom EPIS (Expérience Pilote Intégré du Sénégal) a pour buts de tester et de vulgariser l'élaboration et la diffusion aux paysans, de conseils fondés sur les conditions du temps et du climat, pour une conduite rationnelle des opérations agricoles.

Il s'agit aussi de chercher, la formulation la plus accessible possible de l'information agrométéorologique en vue de son utilisation efficace pour contribuer à l'augmentation de la production. Ainsi, des paramètres agrométéorologiques sont mesurés dans une station de référence. Des observations sont effectuées sur les cultures dans les champs choisis, champs auprès desquels est installé un réseau assez dense de pluviomètres afin de mieux saisir la variabilité spatiale de la pluie. Les données sont collectées par des observateurs agrométéorologistes qui les transmettent par radio BLU à la Direction de la Météorologie Nationale. Elles sont analysées par une équipe pluridisciplinaire qui formule des conseils que les paysans appliquent sur les parcelles prévues à cet effet.

L'impact de l'application de ces conseils sur la production est ainsi évalué par rapport à d'autres parcelles traitées par les paysans selon leurs propres connaissances, toutes autres conditions étant égales par ailleurs.

Les services directement impliqués dans la mise en œuvre de "l'EPIS" sont : la Direction de la Météorologie Nationale, la Direction de l'Agriculture, l'Institut Sénégalaïs de Recherches Agricoles et la Direction de la Protection des Végétaux, l'équipe pluridisciplinaire étant formée de spécialistes en météorologie, agrométéorologie, agronomie, vulgarisation agricole, bioclimatologie et défense des cultures.

L'expérience de 1989-90 est la première du genre vu les changements portés sur le protocole passé. Dans le protocole passé, le champ du paysan était divisé en deux parcelles : une parcelle témoin qualifiée de traditionnelle sur laquelle le paysan travaille selon ses propres connaissances, et une parcelle dite suivie sur laquelle le même paysan est tenu de n'appliquer que des directives émanant de l'équipe pluridisciplinaire. On notera que l'engrais était appliqué dans toutes les parcelles à des proportions égales. Etant donné que l'engrais ne peut être acheté par tous les paysans, il serait alors intéressant de considérer plusieurs cas possible. C'est ainsi que dans le protocole de 1989-90, le champ du paysan est divisé en 4 parcelles : a)- 2 parcelles traditionnelles avec l'une sans engrais et l'autre avec engrais ; b)- 2 parcelles suivies avec les mêmes conditions précédemment annoncées dans a).

Le présent rapport consiste donc en une présentation des différentes activités entreprises dans le cadre de cette expérience en 1989, un résumé des conditions agrométéorologiques dans lesquelles l'expérience s'est déroulée et une présentation des tests en milieu paysan.

II) - ACTIVITES

- Le 18 Mai 1989, mission d'élaboration du protocole d'exécution de l'expérience, de remise en place des instruments de la station agrométéorologique de N'Dieoune Parba, d'entretiens avec les paysans sur les dispositions pratiques de conduite de l'expérience pilote, de visite des champs paysans en vue du choix des parcelles expérimentales.
- du 25 Mai au 28 Mai, mission de délimitation et de piquetage des parcelles.
- le 9 Juin 1989, affectation des agents chargés du suivi
- le 18 Juillet visite de champs pilotes par MM. R.A. SWANSON, Chef de l'équipe USAID et NDIAYE, Informaticien au Centre AGRHYMET de Niamey.
- du 29 au 30 Juillet, première mission d'évaluation et de contrôle
- Visites décadiaries de contrôle et d'évaluation au site du Projet
- Visites mensuelles pluridisciplinaires (DMN-DA-ISRA)
- Réunions techniques décadiaries à la DMN (DMN-DA-ISRA-DPV)
- le 4 Octobre 1989 Visite de 2 experts AGRHYMET Niamey, MM. Lekhal Rabat (FAO) et Ganda (Ferme Expérimentale AGRHYMET Niamey) sur le site du projet;
- Le 19 Août visite du Directeur de l'Agriculture pour s'enquérir du déroulement du projet;
- les 15 et 29 Septembre : Visites des étudiants de 2e et 3e années de l'Institut National du Développement Rural (INAR) sur le site du projet;
- le 21 Septembre, visite de la T.V. Sénégalaise pour la présentation du projet aux antennes de la T.V.;
- 25 Octobre : Visite de M. Nalla FALL, Fonctionnaire de l'OMM sur le site du projet dans le cadre de sa mission pour la revue tripartite.
- Du 7 Nov. - 21 Nov. : Mission pour la pesée des récoltes.

III) - CONDITIONS AGROMETEOROLOGIQUES DE LA ZONE PILOTE EN 1989

3.1 - Pluviométrie et autres paramètres agrométéorologiques : (cf Tableaux et figures annexe I)

L'hivernage 1989 a été caractérisé dans la zone pilote par une début normal suivi d'une période s'étendant jusqu'en fin Octobre pendant laquelle des pluies assez abondante ont été entrecoupées de périodes sèches, particulièrement durant les mois de Juillet et Septembre.

3.1.1. - JUIN

En effet, la pluviométrie a surtout démarré dans la zone durant la 2ème décade du mois avec un cumul en fin de décade à N'Diéfoune de 14.2mm. Les 1ers semis interviendront courant 3ème décade avec un cumul de 78.6mm.

Le cumul mensuel à N'Diéfoune (92.8mm) comparé aux normales 1931-60 (période humide), 1951-80 (Période mixte) à la moyenne 1968-87 (période sèche) et à l'année 1988, reste excédentaire. Ceci est valable aussi pour le cumul mensuel de Khombole, Thiès et Bambey.

Il est à noter une bonne répartition de la pluviométrie dans le temps et dans l'espace sur toute la zone durant les 2 dernières décades.

3.2.1. - JUILLET

Ce mois a été marqué surtout par une 2ème décade très pluvieuse où les cumuls ont dépassé partout 66,0mm avec un maxi de 127.3mm à Bambey.

Cependant les deux autres décades ont été particulièrement sèches (dans les champs) à N'Diéfoune ce qui fait ressortir une mauvaise répartition temporelle de la pluviométrie. Par contre à Bamey, Khombole et Thiès une bonne répartition temporelle de la pluviométrie est notée.

Les cumuls mensuels comparés aux quatre périodes de référence considérées restent excédentaires partout sauf à N'Diéfoune et Khombole où la situation est normale par rapport aux périodes 1931-60 et 1951-80.

Les valeurs mensuelles de quelques paramètres climatologiques autres que la pluviométrie et certains des écarts par rapport aux moyennes interannuelles sont présentées dans l'Annexe I pour N'Diéfoune Parba. Ce tableau fait ressortir une moyenne mensuelle de 33,0°C pour la température maxi sous abri et 22,5°C pour la température mini ; un mois moins chaud que d'habitude d'environ 1,5°C. Les températures (maxi et mini) au sol sont respectivement de 38,8°C et 21,5°C. La durée d'insolation moyenne journalière a été de 7,1 h et le vent moyen de 1,1 m/p. L'évaporation mensuelle du BAC A a été de 176,7mm et l'évapotranspiration potentielle mensuelle calculée de 123,2mm.

3.1.3 - AOUT

Mois particulièrement pluvieux avec une bonne répartition spatio-temporelle de la pluviométrie.

Les cumuls mensuels des localités de N'Diéfoune, Khombole, Thiès et Bambey sont respectivement de 315,6mm, 352,2mm, 251,3mm et 404,8mm.

Par rapport à 1931-60, la situation est partout excédentaire sauf à Thiès où elle est normale.

Par rapport à 1951-80 et à 1968-87, elle est partout excédentaire.

Par contre par rapport à 1988, elle est normale à Khombole et Bambey, déficitaire à N'Diéfoune et Thiès.

La situation climatologique nous donne une moyenne mensuelle de 32,0°C pour la température maxi sous abri et 38,2°C pour le maxi au sol, une moyenne mensuelle de 21,8°C pour la température mini sous abri et 21,6°C pour la température mini au sol. La durée d'insolation moyenne journalière a été de 6,9 h et le vent moyen de 0,7 m/s.

L'évaporation mensuelle du BAC A a été de 148,8mm et l'évapotranspiration mensuelle calculée de 121,4mm.

3.1.4 - SEPTEMBRE

Mois marqué par une baisse sensible de la pluviométrie comparativement au mois d'Août. Néanmoins on a noté une bonne répartition spatiale de la pluviométrie.

Au cours de la 3ème décade, Thiès et Bambey ont enregistré de maigres pluies (respectivement 0,1mm et 0,2mm).

~~Seul Khombole a accusé une situation normale par rapport aux périodes 1931-60, 1951-80 et 1988, et excédentaire par rapport à celle de 1968-87.~~

Ailleurs la situation est partout déficitaire sauf à N'Diéfoune et Thiès où elle est normale par rapport à la moyenne de 1968-87.

Le tableau des paramètres climatologiques fait ressortir une moyenne mensuelle de 33.1°C pour la température maxi sous abri et 41.2°C pour la température maxi au sol, la durée d'insolation moyenne journalière a été de 7.3 h et le vent moyen de 0,5 m/s. L'évaporation mensuelle du BAC A a été de 156.0mm et l'évapotranspiration mensuelle calculée de 127.1mm.

3.1.5 - OCTOBRE

Mois qui marque la fin de la saison des pluies, avec une baisse progressive des pluies. Néanmoins la 1ère décade a été marquée par des pluies exceptionnelles à N'Diéfoune et Khombole (respectivement 74,8mm et 70,5mm).

Par rapport aux différentes périodes de référence la situation pluviométrique du mois est excédentaire à N'Diéfoune et à Khombole.

A Thiès, elle est déficitaire par rapport aux normales 1931-60 et 1951-80 et excédentaire par rapport à la moyenne 1968-87 et à l'année 1988.

A Bambey, elle est déficitaire par rapport à 1931-60, normale par rapport à 1951-80 et excédentaire par rapport aux autres périodes.

La situation climatologique nous donne une moyenne mensuelle de 36.7°C pour la température maxi sous abri et 41.7°C pour la température maxi au sol, 21,0°C pour la température mini sous abri et 20.7°C pour la température mini au sol.

La durée de l'insolation moyenne journalière a été de 8,3 h et le vent moyen de 0,6 m/s. L'évaporation mensuelle du BAC A a été de 167,4mm et l'évapotranspiration mensuelle calculée de 182,3mm.

En définitive, malgré les arrêts de pluie signalés précédemment en Juillet et Septembre, le cumul des pluies de la saison a été normal à excédentaire dans l'ensemble de la localité, et la distribution des pluies dans le temps a été assez régulière.

3.2 - BILANS HYDRIQUES

Le rendement des espèces agricoles dépend en grande partie des taux de satisfaction des besoins en eau de la plante, taux qui est à son tour lié à la quantité d'eau disponible dans le sol. Par conséquent, le suivi des réserves en eau du sol tout au long d'une campagne ou la détermination de périodes appropriées, périodes au cours desquelles les exigences en eau d'une culture à une phase donnée de développement peuvent être connues ; ou périodes au cours desquelles la conduite d'une période culturelle donnée peut être favorable, constitue un outil de valeur pour l'évaluation agroclimatique. Ceci est possible par l'évaluation du bilan hydrique. Il existe deux principaux types de bilan hydrique selon que l'on prenne en compte ou non la réserve réelle du sol.

3.2.1 - Périodes de disponibilité en eau

Le bilan climatique ou potentiel est la différence sur une période de temps donnée, entre les apports dus aux précipitations et la demande en eau du climat perdue par évaporation. C'est son analyse qui aboutit à la détermination du calendrier agroclimatique de référence.

L'établissement de ce calendrier est fondé sur une méthode de découpage de la saison pluvieuse mise au point par Franquin (1967) et dénommée "méthode des intersections".

On construit dans un repère orthonormé les courbes de pluviosité et de différents niveaux d'évapotranspiration potentielle convenablement choisis (1/10 ETP, 1/2 ETP et ETP). Les projections des points d'intersections de ces courbes sur l'axe des temps (axe des abscisses du repère) découpent la saison des pluies en trois périodes (voir figures annexe I) ayant les caractéristiques suivantes :

A1A2 : P_y est inférieure à 1/2 ETP mais égale ou supérieure à 1/10 ETP

A1B2 : P_y est globalement inférieure à ETP mais égale ou supérieure à 1/2 ETP

B1B2 : P_y est supérieure à ETP et donc ETR = ETP.

Ce découpage effectué à l'aide d'évènements purement climatiques revêt un grand intérêt sur le plan agronomique. En effet, c'est pendant la période A1A2 (période préparatoire) que la préparation du sol s'effectue ainsi que le semis à sec pour les cultures résistant à la sécheresse en début de cycle (Cochémé et Franquin 1967). Les semis sont possibles pendant la période A2B1, les graines et les radicelles pouvant disposer de plus en plus d'eau, des études ont montré que le sol commence à reconstituer ses réserves lorsque la pluie devient égale ou supérieure à 1/2 ETP : c'est la période pré-humide. Quant à B1B2 elle correspond à la période où les conditions hydriques ne sont pas limitantes, donc à la pleine croissance de la plante, la réserve en eau du sol s'y reconstitue. Au-delà de B2 toute floraison devrait être terminée, la pluie redévient inférieure à ETP, mais reste égale ou supérieure à 1/2 ETP, le sol contient en principe assez d'eau pour assurer les besoins de la maturation.

A la fin de la campagne les dates à partir desquelles l'on obtient de façon stable les évènements sont étudiées pour la détermination à postériori de la période qui était effectivement favorable au semi et celle où l'eau était en permanence disponible dans le sol, cette dernière période devant correspondre aux plans d'exigence maximale des cultures en eau pour que l'on puisse espérer avoir un rendement (Franquin 1969).

Le tableau 3 et les figures 13 à 15 présentent la situation agroclimatique de la saison 1989-90 dans la zone du projet. L'unité de temps utilisée pour les graphiques des figures 13 à 15 est la décennie et les valeurs des variables pluie et évapotranspiration sont portées au milieu de la décennie ; les périodes obtenues sont à +5 jours (période au plus tard) ou -5 jours (période au plus tôt).

La période favorable au semis à sec dans la zone de N'Diéfoune Parba était du 10 au 12 juin au plus tôt ou le 20 juin au 22 juin au plus tard, quant au semis en humide la période favorable était du 12 au 17 juin au plus tôt ou du 22 au 27 juin au plus tard.

La période humide B1B2 s'est étendue du 17 juin au 20 octobre au plus tôt ou du 27 juin au 12 octobre au plus tard.

Les variétés utilisées dans la zone étant des variétés de 90 jours, il apparaît aussi bien pour le cas des semis précoces que des semis en humide que les conditions de bouclage de cycle ont été réunies. L'espérance de bons rendements a été élevée, la période de bonne disponibilité en eau B1B2 ayant été suffisamment longue (plus de 100 jours). Il ressort en outre qu'il était indiqué de semer avant le 27 juin dans la zone de N'Diéfoune Parba car au-delà de cette date, le sol était devenu trop humide. Ce qui précède cadre bien avec nos directives car les semis en humide du mil ont été conseillés à partir du 21 juin (8ème décade juin) et ceux de l'arsachide à partir du 25 juin.

3.2.2 - Bilan hydrique : modèle IRAT/CIRAD

En réalité les échanges hydriques entre la plante, le sol et l'atmosphère sont plus complexes. Analyser le bilan hydrique consiste à déterminer les apports et les pertes d'eau de la région du sol prospectée par les racines. Certains termes du bilan hydrique sont difficiles à mesurer. On a cependant recours à des procédés de calcul permettant de les estimer ; c'est le but de l'utilisation d'un modèle de bilan hydrique.

Le modèle qui est utilisé pour le suivi et l'analyse du bilan hydrique décadaire a été mis au point par Forest (1974) et Forest (1984). Ce modèle d'un principe relativement simple prend en compte des données de sol (réserve utile - coefficient de ruissellement) et des données agronomiques (coefficients culturaux). Les données climatiques utilisées comprennent les données pluviométriques quotidiennes de la saison des pluies courante, ainsi que les séries de pluviosités décadiques, de même les valeurs d'évapotranspiration potentielle (ETP) sont prises en compte. A la fin de chaque décade sont estimées : l'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture pour la décennie écoulée, la réserve en eau du sol dans le champ et le taux de satisfaction des besoins en eau de la culture (ETR/ETP). Ensuite en ce servant des statistiques pluviométriques on détermine la probabilité de recevoir la quantité de pluie requise pour la satisfaction des besoins en eau de la culture pendant la décennie à venir. Il existe une version simplifiée du modèle adaptée à l'utilisation sur fiches de calcul (cf : paragraphe 4.2) et une version informatisée (Forest 1984).

L'évolution des réserves calculées à l'aide du modèle informatisé du bilan montre bien que ces réserves ont évolué pendant plusieurs décades à des taux satisfaisants par rapport à la RMU durant la période humide, B1B2, période déterminée par la méthode de Franquin précédemment énoncée. Durant cette période ces taux ont été fortement excédentaires par rapport à la réserve de survie, 1/3 zone.

En outre, les taux de satisfaction des besoins en eau des cultures, ISE, ne sont maintenus à des niveaux satisfaisants de plus de 80 %. (cf : Tableaux 5, annexe I).

IV) - TESTS EN MILIEU PAYSAN

4.1 - PROTOCOLE DES TESTS

4.1.1 - OBJECTIF

Tester et vulgariser l'élaboration et la diffusion de conseils agrométéorologiques aux paysans pour leur permettre de mener rationnellement leurs activités de campagne agricole.

4.1.2 - PRINCIPE

Des paramètres agrométéorologiques sont mesurés dans une station de référence, des observations sur les cultures sont effectuées sur les cultures dans des champs choisis auprès desquels sont installés des pluviomètres afin de mieux saisir la variabilité spatiale de la pluie.

A partir de l'analyse de ces données, l'on élabore des conseils que les paysans appliquent sur un certain nombre de parcelles à une période indiquée et l'impact de l'application de ces conseils est évalué par rapport à des parcelles traitées par les mêmes paysans selon leurs propres connaissances.

4.1.2 - LIEUX ET VARIETES

Deux villages : NDiéfoune Parba et Dione situés à une centaine de kilomètres de Dakar.

Variétés utilisées : Mil souna et arachide 55437.
30 paysans choisis NDiéfoune Parba et 6 paysans à Dione.

4.1.4 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

A) - Parcelles

Les parcelles sont choisies de préférence dans les carrés (exploitation familiale).

Par paysan et par culture on a les 4 parcelles suivantes :

E1C1 - avec engrais et conseils agrométéo (suivie avec engrais) ;

E1Co - avec engrais sans conseils agroméo (traditionnelle avec engrais) ;

EoC1 - sans engrais avec conseils agroméo (suivie sans engrais) ;

EoCo - sans engrais et sans conseils agroméo (choisie dans le reste du carré)
(traditionnelle sans engrais).

~~Ces 4 parcelles sont choisies dans le même carré ou bien 2 par 2 (E1C1 et E1C2) (EoC1 et EoC2) dans 2 carrés différents.~~

B) - Préparation des sols

Elle est laissée à l'initiative du paysan mais doit être la même pour les quatre parcelles.

C) - Semis, densité et fertilisation

- Semis au rayonnage manuel ou au semoir ;
- Ecartements de 0,90 m x 0,90 m pour le mil et pour l'arachide 0,50 m x 0,15 m.
- Semis en humidité sur les parcelles conseillées (E1C1 et EoC1) ;
- Démariage à 3 pieds/piquet ;
- Engrais :

Mil 150 kg/ha au semis (NPK 14-7-7)

Arachide 150 kg/ha " " (NPK 6-20-10) ;

- Urée :

Mil 100/kg/ha dont 50 kg/ha au démariage et
50 kg/ha à la montaison.

• Sarclo-binages à la demande (en fonction de la pression des adventices et de la situation agrométéorologique).

4.2.5 - METHODOLOGIES

4.2.1 - Etablissement d'un calendrier agroclimatique de référence (Méthode de Franquin ou de Dancette ou du bilan hydrique IRAT/CIRAD BIP) ;

4.2.2 - Suivi en temps quasi réel et élaboration de conseils

A) - Modèles de bilan hydrique IRAT/CIRAD et ISRA sur micro-ordinateur ;

B) - Modèle de bilan hydrique efficace et prospective décadaire sur fiches.

4.2.3 - Mesures

A) - Paramètres météorologiques (station agroclimatique de NDiéfoune Parba)

B) - Sol :

1. * Humidité gravimétrique (1 fois/décade et lendemain de chaque pluie)
2. * Densité apparente
3. * Analyses : granulométrie PF et macro-éléments.

C) - Plante

1. * Observations phénologiques et sur les ennemis sur 4 carrés/parcelles (5m x 5m pour l'arachide et 10m x 10 m x pour le mil) et 10 plantes dans chaque carré soit 40 plantes/parcelles.
2. * Densités sur 4 placettes de comptage systématique (levée et récolte).
3. * Fréquences des observations

Tous les 2 jours à la levée, à l'épiaison/floraison et à la maturation et une fois/pentade (3ème et 4ème jour de la pentade) pour les autres phases.

* Suivi racinaire à la floraison.

4.2 - Méthodologies utilisées

La méthodologie utilisées pour le suivi du bilan décadaire et l'élaboration des conseils aux paysans déjà décrite dans les pages précédentes, a été mise au point par Forest (1974). Quelques modifications apportées au modèle ont permis l'utilisation de fiches appropriées conçues pour que les calculs soient effectuées à l'aide d'une calculatrice de poche (voir en Annexe II).

4.2.1. - Signification des symboles utilisés

RMU (mm) réserve maximale utile du sol,

P (i) Pluviométrie totale de la décade ième,

PE (i) Pluviométrie efficace totale de la décade ième,

avec Pe (J) = (I-CR) P (J) où CR = Coefficient de.....

ruissellement égale à 0,25 pour une pluie supérieure ou égale à 30 mm et à 0,10 si la pluie quotidienne est inférieure à 30 mm.

i prend la valeur 1 pour la première décade où est réalisé le bilan hydrique.

$Rs_{(i-1)}$ (mm) = Valeur de la réserve en eau à la fin de la décennie $(i-1)$ ou valeur de la réserve en eau au début de la décennie (i) .

$HD_{(i)}$ (mm) = Valeur de la quantité d'eau offerte au sol au cours de la décennie (i) sous la forme $P_{(i)} + Rs_{(i-1)}$ ou humidité disponible.

$HR_{(i)}$ = $HD_{(i)}/RSU_{(i)}$ Humidité relative au sol

$a = ETP_{(i)}/RSU$ indice d'aptitude à la mise en réserve de l'eau au cours de la décennie.

$A < 1$ aptitude significative

$A > 1$ aptitude nulle.

$ETR_{(i)}$ (mm) = Consommation réelle en eau de la plante ou évapotranspiration réelle du système plante-sol.

$ETP_{(i)}$ = Demande maximale d'eau du climat ou évapotranspiration potentielle.

$K_{(i)}$ = $ETR_{(i)}/ETP_{(i)}$ Indice de satisfaction des besoins vitaux de la plante au cours de la décennie i .

K_c (stade) = Seuil de satisfaction des besoins en eau de la plante pour un stade donné du cycle végétatif ou coefficient culturel.

ETM (stade) = Consommation maximale de la plante à un stade végétatif donné ou besoins en eau de la plante.

X (mm) : quantité minimale de pluie espérée en décennie $(i+1)$ pour que les besoins en eau soient réellement satisfaits pour une culture à un stade végétatif donné.

$Prob(P(i+1) > X)$ = Probabilité (en pourcentage) pour que la pluviométrie $P_{(i+1)}$ au cours de la décennie $(i+1)$ soit réellement égale ou supérieure à x .

$RSU_{(.)}$ (mm) prend la valeur $RSU_{(1)}$ ou $RSU_{(2)}$.

$RSU_{(1)}$ = Réserve de survie du sol ; à considérer avant fin juillet.

$RSU_{(2)}$ = Réserve de suivi du sol ; à considérer à partir du premier août.

4.2.2 - Instructions pour le calcul du bilan

- 1°/ Remplir l'en-tête de la fiche (nom de la station, année, date et numéro de la décade).
- 2°/ Noter le nom de la culture le stade cultural atteint ainsi que le coefficient cultural correspondant.
- 3°/ Noter la pluviométrie réelle observée chaque jour, $P(j)$.
- 4°/ Calculer la pluviométrie efficace quotidienne en utilisant la formule indiquée.
- 5°/ Noter la valeur de ETP(i) calculée comme indiqué au chapitre III-6-4.
- 6°/ En fin de décade cumuler les hauteurs de pluies efficace journalière et porter le résultat dans la case PE(i).
- 7°/ Reporter la valeur de la réserve en eau de la décade précédente dans la case RS(i - 1).
- 8°/ Faire la somme des résultats des cases RS(i - 1) et PE(i); noter le résultat dans la case HD(i).
- 9°/ Calculer la valeur de ETM et la porter dans la case correspondante.
- 10°/ Calculer le rapport $A = ETP(i)/RSU(.)$ en considérant la valeur de RSU(.) selon que la décade se situe avant ou après le 31 juillet.
- 11°/ En déduire l'expression de calcul de ETr(i) et déterminer ERT(i).
- 12°/ Calculer le drainage éventuel D(i).
- 13°/ Estimer la réserve utile hydrique du sol à la fin de la décade i, RS(i).
- 14°/ Calculer le rapport ETR(i)/ETP(i).

4.2.3 - Prospective décadaire

- 1°/ Une fiche de valeurs moyennes décadiques d'ETP (sur une période de 10 ans) d'avril à novembre est préparée pour la station considérée.

2% De même, on effectue le classement fréquentiel d'une série d'au moins 20 ans de données pluviométriques de la station.

A cet effet pour chaque décennie les hauteurs de pluies de n années ($n > 20$) sont classées par ordre décroissant en désignant par r le rang de la hauteur de pluie H la probabilité $F(H)$ d'occurrence de pluies égales ou supérieures à H est calculée par

$$F(H) = r / N+1$$

3% La valeur $K(i) = ETR(i)/ETP(i)$ est comparée à la valeur seuil K_c (stade).

4% On porte la valeur K_c (stade) espérée pour la décennie ($i+1$) dans le tableau prospective décadaire.

5% On calcule la quantité minimale de pluie X qu'il faut pour satisfaire les besoins de la culture pendant la décennie ($i+1$).

6% On déduit du tableau des probabilités déterminées au 2% la probabilité d'avoir une hauteur de pluie égale ou supérieure à X pendant la décennie ($i+1$).

4.2.4 - Elaboration des conseils

1% Des tableaux pluviométriques sont préparés : hauteurs décadiennes comparées à leurs moyennes pluriannuelles et aux hauteurs de l'année précédente mêmes comparaisons pour les cumuls depuis le début de la campagne.

2% Le tableau des autres paramètres agrométéorologiques est aussi préparé : températures, insolation, humidité relative, vent tension de vapeur, ETP, évaporation bac A, bilan hydrique potentiel.

3% Des tableaux relatifs aux cultures, date de semis, nombre de jours après le semis, stade phénologique, travaux agricoles, état végétatif et état des mauvaises herbes, état phytosanitaire et dégâts constatés, sont aussi préparés.

4% L'équipe pluridisciplinaire se réunit, chaque membre disposant d'un jeu de tableaux. L'analyse de la situation synoptique est exposée, suivie de celle de la pluviométrie, des autres paramètres agrométéorologiques et des bilans hydriques par champ. La situation des cultures est ensuite présentée. La grille de décision comporte le calendrier agroclimatique de référence, les critères des interventions agricoles et les seuils de probabilité de décision selon les types de sol et la zone agroclimatique ainsi que des considérations sociologiques locales.

4.3 - Déroulement de la campagne

4.3.1 - Implantation des tests; choix des parcelles

Après un échange de points de vue avec les paysans sur les conditions dans lesquelles l'expérience a été menée les années passées, il a été porté à leur connaissance les quelques changements envisagés concernant les types de parcelles et l'exécution des conseils. Les paysans étaient un peu réticents au semis en humide du mil en raison des contraintes de calendriers culturaux, mais on leur a expliqué que seules deux parcelles étaient concernées par cette pratique (au total 1/2 hectare du champ : E1C1 et EoC1) et qu'ils auraient la latitude de faire le semis à sec sur le reste du champ. Il a été procédé ensuite au recensement de 36 paysans pilotes pour la campagne 1989-90. Certains d'entre eux ne pouvaient pas disposer des quatre (4) parcelles dans un seul champ et à cet égard, il a été retenu de les choisir deux par deux, à savoir les deux (2) parcelles avec engrais (Conseillées E1C1 et non conseillées E1Co) et les deux (2) parcelles sans engrais (Conseillées EoC1 et non conseillées EoCo). (Voir liste des paysans en annexe II).

Le choix des parcelles-test consistait à disposer de quatre parcelles de 1/4 ha dans un même champ avec deux parcelles avec conseils E1C1 et EoC1 et deux autres parcelles sans conseils E1Co et EoCo (voir liste des paysans en annexe).

Du fait de la diversité des surfaces cultivables, composées de parcelles de petites dimensions, inférieures à 1 ha et situées de part et d'autre du site, 3 cas de figure ont été retenu :

1^{er} cas : Paysans disposant d'au moins 1 ha au même endroit : délimitation de 3 parcelles de 0,24 ha avec des allées de 0,5m, le reste du champ étant considéré comme la parcelle EoCo (sans engrais, sans conseils).

2^e cas : Paysans disposant de deux parcelles d'1/2 ha à 2 endroits différents : Délimitation de deux parcelles d'1/2 avec une allée de 0,5m.

3^e cas : Paysans disposant de parcelles inférieures à 1 ha ou moins d'1/2 ha : Délimitation de 4 parcelles de 1500m² (de 50 x 30m ou 100m x 15), avec allée de 0,5m.

Des explications sur les types de parcelle étaient données aux paysans dans les champs après le piquetage.

4.3.2 - Exécution des directives

A) - Arachide

1. Parcelles suivies

Les paysans ont généralement suivi les directives de l'équipe pluridisciplinaire de façon assez satisfaisante. C'est ainsi que les semis ont pu être effectués conformément aux conseils donnés à ce sujet. Ils ont débuté le 25 juin et sont terminés le 28 (voir annexe). Les autres travaux culturaux (sarclage - épandage d'engrais) ont été effectués assez normalement. Il est à noter que les écartements prévus dans le protocole (0,90m x 15m) n'ont pu être respectés faute de moyens adéquats. Les écartements constatés sur le terrain variaient de 0,40m x 0,15m à 0,60m x 0,15m, et ceci aussi bien pour les parcelles suivies que pour les parcelles traditionnelles ou non conseillées.

2. Parcelles traditionnelles

L'arachide étant une culture de rente, le paysan pour maximiser sa production tient à appliquer les conseils même sur ces parcelles. Notre souci a été que les conseils soient appliqués d'abord sur nos parcelles.

B) - Mil

Tantôt à cause de problèmes personnels des paysans eux-mêmes, tantôt à cause de problèmes de communication, quelques entorses ont pu être décelées dans l'exécution des directives. C'est ainsi que les semis en humide qui devraient s'opérer uniquement sur les parcelles conseillées (E1C1 et EoC1) ont été confondus par certains paysans. Une majorité a semé plutôt en humide les parcelles avec engrais, E1C1 et E1Co, et à sec les parcelles sans engrais, EoC1 et EoCo. Dans ces cas la différence des rendements s'expliquerait plutôt par les autres conseils appliqués dans les délais.

En outre, certains paysans ont semé en humide (du 17 juin au 20 juin - cf Annexe) avant l'arrivée des directives concernant ce semis (à partir du 21 juin).

4.4 - Résultats et discussions

La méthode d'analyse statistique utilisée est celle décrite dans l'Annexe III.

4.4.1 - Signification des résultats

4.4.1.1. - Mil

Les données de rendement de mil pour les différents traitements sont présentées dans l'Annexe III (Tableaux 6). Les statistiques des données de base en rendements grains et les valeurs transformées de ces données, y_{ij} (nombres entre parenthèses) qui seront utilisées dans le modèle, sont présentées dans le tableau ci-après :

Traitements

	E1C1	E1CC	ECC1	ECC2	Total
Total	53.07(40.47)	41.49(35.68)	26.00(27.85)	18.72(23.34)	(127.84)
nbre d'abes	32	31	31	31	126
Moyenne	1.66(1.26)	1.30(1.12)	0.84(0.90)	0.60(0.75)	(1.02)
Ecart type	0.63(0.25)	0.54(0.23)	0.33(0.19)	0.32(0.19)	
C.V. %	38 (20)	41 (20)	36 (20)	51 (25)	

La transformation yij a été utilisée pour stabiliser les variances des données de base, variances qui augmentaient sensiblement de E1C1 à ECC1. Les données transformées ont été utilisées dans le modèle linéaire.

Le tableau ci-après montre l'analyse pour le test de contrastes de Mil Grains.

Source de variation	D.L.	S.S.	Moy.	C.F.
Moy.	1	128.69	128.69	
Traitement	8	5.87	1.62	34.55
Erreur	122	5.72	0.05	
TOTAL	126	139.28		

Plus significatif à 99 % de certitude (différences significatives entre les traitements).

Le tableau ci-après montre les résultats du test sur contrastes d'après la méthode de Scheffé (cf annexe III).

	Contraste		
	G1	52	53
Valeur $C_j \frac{1}{\sqrt{2}}$	722.57	4.79	4.54
$A[\hat{V}(g_j)]$	272.12	4.52	4.45
Certitude %	99	90	90

- C1 : (E1C1 et E1Co) contre (EoC1 et EoCo); (parcelles avec engrais contre parcelles sans engrais).
- C2 : E1C1 contre E1Co ; (parcelles suivies avec engrais contre parcelles traditionnelles avec engrais).
- C3 : EoC1 contre EoCo; (parcelles suivies sans engrais contre parcelles traditionnelles sans engrais).

Ce tableau montre que tous les contrastes considérés sont différents de 0 de façon significative, c'est-à-dire qu'il y a des différences significatives de rendements entre les parcelles comparées. Cette conclusion est tirée avec un degré de certitude variant de 90 à 99 % suivant les contrastes.

4.4.1.2 - Arachide

Les données de rendement d'arachide pour les différents traitements sont présentées dans l'annexe II (Tableau 7). Les statistiques des données de base en rendements grains et les valeurs transformées de ces données, $\sqrt{y_{ij}}$ (chiffres dans les parenthèses), qui seront utilisées dans le modèle sont présentées dans le tableau ci-après :

	Traitements				
	E1C1	E1Co	EoC1	EoCo	TOTAL
TOTAL	42.29(36.94)	35.30(33.79)	30.24(30.73)	25.39(27.7)	(129.12)
Nbre d'obs.	33	33	32	31	129
Moyenne	1.28(1.11)	1.07(1.02)	0.95(0.96)	0.82(0.89)	(1.00)
Ecart Type	0,37(0.17)	0,32(0.17)	0,27(0.15)	0,25(0.15)	
C.V. %	29 (15)	30	17	28	16
					30 17

Le tableau d'analyse de variance (ANOVA) est présenté ci-dessous :

Sources de variation	D.L.	S.C.	Moy. C.	F
Moy.	1	129.32	129.32	
Traitement	3	0,89	0,29	14.5
Erreur	125	3,01	0,02	
Total	129	133.22		

La tableau XX ci-après montre les résultats du test des contrastes d'après la technique de Scheffé (cf. Annexe 11).

Le tableau XX ci-après montre les résultats du test des contrastes d'après la technique de Scheffé (cf. Annexe 11).

Contrastes

	C1	C2	C3
Valeur C_j	199,87	3,15	66,23
$\Delta [\hat{V}(g)]^{1/2}$	116,93	2,89	55,16
Certitude %	99	90	85

Le tableau montre que tous les contrastes considérés sont différents de 0 de façon significative c'est-à-dire qu'il n'y a pas de différences significatives de rendements entre les parcelles composées. Cette conclusion était tirée avec un degré de certitude variant de 85 à 99 % suivant les contrastes.

Les plus faibles différences sont celles enregistrées sur les parcelles sans engrais, C3, où il n'y a rien dans le but de rentabiliser sa production tend à appliquer les connaissances aussi bien sur les parcelles suivies que sur les parcelles traditionnelles.

4.4.2 - Comparaison des rendements

Ce qui précède montre que la prise en compte des conseils agrométéorologiques dans la conduite des travaux culturaux peut permettre des différences significatives de production. Ces différences chiffrées entre parcelles suivies et parcelles traditionnelles au niveau de la zone du projet (cf. Tableau 9) et 9, Annexes 11 attestent d'une préférence en faveur des parcelles suivies variant pour le maïs de 28 % (parcelles avec engrais) à 40 % (parcelles sans engrais) et pour l'arachide en coques de 12 % (parcelles sans engrais) à 17 % (parcelles avec engrais). Les plus faibles différences enregistrées sur l'arachide peuvent être expliquées par la tendance du bulletin généralisé à apprécier des rendements sur toutes les parcelles en vue de rentabiliser au maximum sa production.

C'est par plusieurs procédures de comparaison que les différences entre les parcelles sont établies.

Ces mêmes rendements sont utilisés pour déterminer si les parcelles suivies ont des rendements supérieurs ou inférieurs à la moyenne, à la moyenne de toutes les parcelles, ou de celle pour 100 % pour 90 % pour 85 %.

4.4.3 - Difficultés rencontrées

La mise en œuvre des tests en milieu paysan en 1989 a rencontré certaines difficultés, du fait des modifications apportées au protocole essentiellement :

- travail de délimitation et de piquetage des parcelles très fastidieux en raison des outils relativement peu performants,
- dimension du champ initialement déclarées par le paysan inférieure à celles réellement mesurées pour plusieurs champs ; cela nécessite à chaque fois avant d'obtenir les dimensions requises pour les parcelles,
- problèmes de communication avec les paysans, manque de connaissance de ces derniers pour certaines directives,
- volume de travail apparemment assez lourd pour les 2 agents sur place, compte tenu du nombre de parcelles à observations et de la fréquence de certaines observations,
- problèmes liés à la reconnaissance des parcelles,
- erreur d'identification des carrés de rendement par les paysans qui ont souvent interverti les étiquettes qui servaient à identifier les échantillons,
- attaque d'une partie des récoltes des carrés de rendement d'arachide par Aphanus cordidius (particulièrement à Ndione).

V) - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les résultats de l'expérience agrométéorologique pilote ont été assez positifs et encourageants en ce sens que les méthodologies que nous avons utilisées pour la prise en compte des facteurs climatiques dans la conduite rationnelle des opérations culturales peuvent permettre d'assister l'agriculture et d'obtenir un accroissement de la production agricole. C'est ainsi que les rendements des parcelles suivies ont été d'une supériorité variant pour le mil de 28 % pour les parcelles avec engrangis à 40 % pour les parcelles sans engrangis ; pour l'arachide en coques de 12 % pour les parcelles sans engrangis à 17 % pour les parcelles avec engrangis.

Ces mêmes rendements comparés aux rendements moyens obtenus dans le Département de Thiès donnent en moyenne une supériorité de 21 % pour le mil et 21 % pour l'arachide.

Néanmoins les résultats se sont avérés probants quelques difficultés ou imperfections restent à surmonter.

Ces difficultés proviennent essentiellement des problèmes de communication avec les paysans, (problèmes de compréhension du protocole par des paysans) ; souvent il s'agit plutôt de difficultés nées de la tendance chez certains paysans à vouloir maximiser leur production au détriment de l'exécution correcte du protocole.

A côté de ces difficultés, il y a des imperfections telles que l'absence de prévisions météorologiques pour les besoins de l'agriculture ; une solution pour ce dernier point est en vue car un des termes de référence d'un projet qui inclurait ces prévisions dans nos évaluations est actuellement à l'étude.

Il y a aussi la méconnaissance des coefficients culturaux des principales cultures et de leur profondeur d'enracinement suivant différents phases de développement et pour différents types de sol, ceci limite l'efficacité des simulations du bilan hydrique, bilan sur lequel les conseils et évaluations agroclimatiques sont basés.

En définitive l'on peut penser qu'en améliorant notre système d'élaboration des conseils par :

- l'utilisation opérationnelle des modèles agrophysiologiques,
- des prévisions météorologiques appropriées par les besoins de l'agriculture,
- des avis de risques d'attaques de maladies ou d'insectes nuisibles,
- des études de profondeur d'enracinement sous différentes techniques, pour connaître les réserves utiles à considérer,
- des études sur les besoins en eau des principales cultures donc de leurs coefficients culturaux en vue d'améliorer les modèles physico-mathématiques utilisés,
- des enquêtes en milieu paysan pour en cerner mieux les réalités socio-économiques,
- la sensibilisation des paysans pour l'application rigoureuse du protocole,

l'on pourrait améliorer sensiblement les résultats.

O'autre part en vue d'une généralisation plus efficace des résultats à l'ensemble du pays et d'une utilisation judicieuse ~~des ressources en eau, il est recommandé de procéder à des~~ tests multilocaux en milieu paysan par la mise en œuvre d'une action pilote dans chaque zone agroclimatologique homogène, et d'une expérience d'application des données et informations météorologiques et hydrologiques pour le pilotage de l'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal.

TABLEAU N° 1

PLUVIOMETRIE MENSUELLE DE LA ZONE PILOTE

DÉCÂDE	JUIN 1989			Par rapport à la normale 1931-1960			Par rapport à la normale 1951-1980			Par rapport à la moyenne 1968-1987			Par rapport à l'année 1988						
	1	2	3	6,3	10,9	16,6	33,8	5,7	8,7	12,8	27,2	4,6	12,0	8,2	24,8	12,3	19,0	11,3	
			TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	TOTAL	
NDIEFOUNE	14,2	78,6	92,8	-	130	473	275	-	163	614	341	-	118	959	374	-	617	873	821
KHOMBOLE	32,4	61,0	93,4	-	297	367	275	-	372	477	343	-	270	744	377	-	1409	678	827
THIES	50,6	27,5	78,1	-	464	166	231	-	582	215	287	-	422	335	315	-	2200	306	691
BAMBEY	30,0	52,7	82,7	-	275	317	245	-	345	412	304	-	250	643	333	-	1304	586	732

TABLEAU 1

(Suite)

				JUILLET 1989						1931-1960			1951-1980			1968-1987			1988		
DECADE	%																				
	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1
NDIÉFOUNE	15,5	66,5	8,6	90,6	53	178	15	73	75	188	15	81	85	268	21	108	3875	2463	96	749	
KHOMEBOLE	23,7	76,5	11,0	111,2	80	205	19	90	115	217	20	99	130	508	27	153	5925	2833	122	919	
THIES	39,8	89,0	15,0	143,8	135	239	26	116	193	252	27	129	219	359	37	172	9950	3296	167	1188	
BAMBEY	11,1	12,3	65,0	203,4	38	341	114	164	54	361	116	182	61	513	160	243	2775	4715	722	1681	

TABLEAU 1
(SUITE)

AOUT 1989				1931-60				1951-80				1968-1987				1988				
DECADE	1	2	3	TOTAL	68,6	81,6	110,4	TOTAL	61,3	77,8	95,4	TOTAL	52,3	57,8	54,3	TOTAL	30,3	42,8	267,7	TOTAL
INDIEFOUNE	29,8	189,4	96,4	315,6	43	232	87	121	49	243	101	135	57	328	178	192	98	133	36	72
KHOMBOLE	58,6	176,8	136,8	352,2	56	217	124	135	63	227	143	150	74	306	252	214	127	124	51	80
THIES	51,2	122,3	77,8	251,3	75	150	70	96	84	157	82	107	98	212	143	153	169	86	29	57
BAMBEY	27,2	173,8	203,8	404,8	40	213	185	155	44	223	214	173	52	301	375	246	90	122	76	92

TABLEAU 1
(SUITE)

SEPTEMBRE				1931-1960				1951-1980				1968-87				1988				
1989																				
DECade	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL	1	2	3	TOTAL
NDIÉFOUNE	64,4	15,4	30,0	109,8	71	28	58	56	70	28	79	59	111	38	86	83	117	20	75	64
KHOMBOLE	107,0	21,1	30,0	158,1	118	39	58	81	117	38	79	86	185	53	86	119	194	28	75	92
THIES	34,4	71,5	0,1	106,0	38	132	0	54	38	129	0	57	59	178	0	80	62	94	0	62
BAMBEY	66,9	4,7	0,2	71,8	74	9	0	37	73	8	1	39	116	12	1	54	121	6	0	42

TABLEAU 1.
(SUITE)

DECADE	OCTOBRE			1931-1960					1951 - 1980					1968 - 1987					1980			
	1	2	3	TOTAL	30,8	14,1	8,7	TOTAL	53,6	28,5	11,5	4,0	TOTAL	44,0	10,0	4,1	3,4	17,5	TOTAL	1,9	2	10,5
NDIEFOUNE	74,8	1,9	0,5	77,2	243	13	6	144	262	17	13	175	748	46	15	441	831	1	1	100	5529	
KHOMBOLE	70,5	1,0	-	71,5	229	7	0	133	247	9	0	163	705	24	-	409	783	3	-	0	5107	
THIES	16,1	1,6	9,3	27,0	52	11	107	50	56	14	233	61	161	39	274	154	178	9	-	1860	1929	
BAMBEY	39,0	0,3	-	39,3	127	2	0	73	137	3	0	89	390	7	-	225	4338	-	0	1	2807	

TABLEAU N° 2

CUMULS PLUVIOMETRIQUES SAISONNIERS ET
COMPARAISONS AUX VALEURS DE REFERENCE

	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	CUMUL.	672,1	605,0	423,2	639,2
								%	1930-60	1951-80	1968-87
NDIEFOUNE		92,8	90,6	315,6	109,8	77,2	686,0	102	113	162	107
KHOMBOLE		93,4	111,2	352,2	158,1	71,5	886,4	132	147	209	139
T HIES		78,1	143,8	251,3	106,0	27,0	606,2	90	100	143	95
BAMBEY		82,7	203,4	404,8	71,8	39,3	802,0	119	133	190	125

Tableau 3.

DATES ET DUREES DES EVENEMENTS AGROCLIMATIQUES
DANS LES LOCALITES DU PROJET PILOTE EN 1989

Lieux	Dates des évènements				Durées en jours			
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	A ₁ A ₂	A ₂ B ₂	B ₁ B ₂	A ₂ B ₂
Ndièfoune	15 Juin	17 Juin	22 Juin	7 oct.	3	5	107	112
Bambey	7 Juin	14 Juin	22 Juin	8 sept	8	8	78	86
Thiès	7 Juin	10 Juin	15 Juin	17 sept	4	5	94	99

TABLEAU N° 4

VALEURS DES AUTRES PARAMETRES AGROMETEOROLOGIQUES
A LA STATION AGROMETEOROLOGIQUE DE NDIEFOUNE-PARBA

PARAMETRES AGROCLIM.	TEMPERATURE EN DEGRE CELCIUS								HUMIDITE RELATIVE	INSOLATION (EN HEURE ET 1/10)	VENT (M/s)	
	SOUS ABRI		AU SOL		DANS LE SOL A 12 H.							
MOIS	MAXI Valeur à la moy. 1980- 1989	MINI Ecart à la moy. 1980- 1989	MAXI Valeur à la moy. 1980- 1989	MINI Ecart à la moy. 1980- 1989	10CM	20 CM	50 CM	100CM	MAXI Valeur à la moy. 1980- 1989	MINI Valeur à la moy. 1980- 1989		
MAI												
JUIN												
JUILLET	33.0	-1.3	22.5	-1.6	38.8	21.5	31.8	30.6	31.5	30.5	93	65
AOUT	32.0	-0.9	21.8	-2.1	38.2	21.6	30.3	29.9	30.9	31.5	95	69
SEPTEMBRE	33.1	+0.1	21.3	-2.1	41.2	21.9	32.3	33.8	31.9	30.6	97	62
OCTOBRE	35.7	+2.4	21.0	-1.4	41.7	20.7	33.1	31.9	31.8	32.1	92	37

MOYENNES : Elles sont calculées sur 10 ans (1980-1989)

TABLEAU N° 4

A LA STATION AGROMETEOROLOGIQUE DE NDIEFOUNE PARBA

PARAMETRES AGROCLIM.		EVAPORATION ET EVAPOTRANSPIRATION (mm)				
MOIS	Bac A	Ecart à la moyenne	PICHE	Ecart à la moyenne	ETP	Ecart à la moy.
MAI						
JUIN						
JUILLET	5.7	-2.1	3.9	-0.5	123.2	-41.8
AOUT	4.8	-1.4	2.6	-0.5	121.4	-30.5
SEPTEMBRE	5.2	-0.5	2.9	+0.5	127.1	-10.6
OCTOBRE	5.4	-1.0	3.9	-0.6	182.3	+32.4

MOYENNES : Elles sont calculées sur 10 ans (1980-1989)

VALEURS DE ISE ET RS A NDIEFOUNE PARBA

1 ER SEMIS : MIL

Station	Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre		
NDIEFOUNE- PARBA	1ère	2ème	3ème	1ère	2ème	3ème	1ère	2ème	3ème	1ère	2ème	3ème	1ère	2ème	3ème
ISE	100	100	99	96	85	85	97	99	99	100	100	100	100	100	100
RS	16.9	427	38.7	71.7	38.0	36.1	82.3	83.0	74.2	100	100	100	100	100	100
% RMU	07	43	39	72	38	36	82	83	74	100	100	100	100	100	100
% 1/3RMU	41	128	116	215	114	108	247	249	224	100	100	100	100	100	100
% 2/3 RMU	21	64	58	108	57	54	123	125	112	100	100	100	100	100	100

2 EME SEMIS : MIL

ISE	00	50	100	100	99	93	95	96	97	97	97	97	97	97	97
RE	16.8	53.6	60.7	87.5	58.0	53.2	78.3	78.6	69.2	61.3	45.8	100	100	100	100
% RMU	17	54	61	88	58	53	78	79	69	61	46	100	100	100	100
% 1/3 RMU	50	161	182	263	174	160	235	236	208	184	137	100	100	100	100
% 2.3 RMU	25	80	91	131	87	80	117	118	104	92	69	100	100	100	100

1 ER SEMIS : ARACHIDE

ISE	98	98	97	97	86	79	99	100	100	100	100	100	100	100	100
RS	4.3	33.7	27.1	51.1	22.9	24.9	59.5	61.7	60.6	100	100	100	100	100	100
% RMU	06	48	39	73	33	36	85	88	87	100	100	100	100	100	100
% 1/3 RMU	18	144	116	219	98	107	255	264	260	100	100	100	100	100	100
% 2/3 RMU	09	72	58	110	49	53	128	132	130	100	100	100	100	100	100

1 EME SEMIS : ARACHIDE

ISE	00	50	100	100	97	92	92	97	98	100	50	100	100	100	100
RS	16.8	52.8	55.6	57.0	31.7	32.0	56.2	55.8	48.6	48.2	38.8	100	100	100	100
% RMU	24	75	79	81	44	46	80	80	69	69	41	100	100	100	100
% 1/3 RMU	72	226	238	244	133	137	241	239	208	207	123	100	100	100	100
% 2/3 RMU	36	113	119	122	67	69	120	120	104	103	62	100	100	100	100

TABLEAU N° 6

PROGRAMME AGRHYMET
EPIS
KHOMBOLE SENEGAL

Campagne Agricole: 1989/90

STRUCTURE DE LA RECOLTE

Recapitulation des différents rendements sur mil

Prenoms & Nom du Paysan	E _x C ₁			E _x C ₀			E _o C ₁			E _o C ₀		
	#Pds 10 ⁴ / ha	Pail t/ha	G t/ha									
1. Abdou Gueye	7.05	6.07	1.10	3.66	3.76	0.86	2.60	1.98	0.54	4.73	4.25	0.41
2. Iboou Gueye	7.55	5.63	1.27	5.03	6.52	0.94	4.74	6.86	0.80	4.17	6.11	0.71
3. Modou ND. Diouf	4.36	3.20	1.18	3.28	2.65	0.84	3.07	2.59	0.64	2.09	9.00	0.24
4. Elimane Gueye	8.51	9.02	1.76	8.13	7.40	1.74	6.12	8.24	1.46	8.14	7.40	1.33
5. Moussa Diouf	7.46	2.67	1.15	4.26	3.25	1.11	6.17	2.70	0.83	3.86	1.70	0.53
6. Daouda Dione	4.18	6.07	1.37	4.14	4.52	0.90	//	//	0.37	//	//	0.37
7. Aliou Dione	7.48	6.27	2.67	5.15	5.81	1.36	1.85	2.49	0.65	2.34	2.62	0.47
8. MBaye Thraw	2.59	5.92	0.95	1.95	6.00	0.53	2.30	5.26	//	1.63	4.13	//
9. Ibra D. Gueye	8.18	13.5	2.63	8.25	13.7	2.60	7.08	4.24	1.63	3.86	3.92	1.38
10. Diliby Gueye	13.1	11.2	3.23	7.94	9.70	2.51	4.39	6.22	0.70	4.29	7.32	0.59
11. Ibra ND. Gueye	3.13	1.06	0.70	3.13	1.36	0.60	4.52	3.68	0.49	3.47	2.98	0.42
12. MBaye S. Gueye	5.54	5.67	1.36	5.49	6.83	1.27	4.97	3.72	0.87	4.66	3.22	0.77
13. MBaye B. Gueye	6.30	8.47	1.63	6.21	6.56	1.26	3.57	4.37	0.57	2.25	4.88	0.36
14. MBaye ND. Gueye	5.62	9.71	1.72	4.41	9.32	1.34	4.81	4.21	0.94	4.33	5.22	0.91
15. Assane Gueye	4.69	7.57	1.48	6.22	10.5	1.45	3.43	4.69	1.00	4.52	6.23	0.49
16. Serigne Gueye	9.46	9.03	2.03	5.39	4.84	1.08	5.44	4.52	0.69	4.28	5.43	0.52
17. Saourou Gueye	4.38	6.48	0.80	2.58	3.11	0.77	3.19	4.95	0.63	3.11	4.79	0.59
18. Elimane Gueye	9.90	10.5	1.87	2.02	2.59	1.47	5.08	4.41	1.07	3.26	3.43	0.36
19. MBaye Y. Gueye	7.58	7.06	1.67	5.25	5.69	1.46	4.12	6.46	0.92	3.19	4.96	0.81
20. NGagne Gueye	8.06	5.74	1.79	5.08	5.54	1.33	4.68	3.45	0.96	3.26	3.48	0.66
21. Samba Gueye	2.00	6.37	2.73	6.03	13.9	1.57	1.92	3.79	0.47	1.47	5.32	0.32
22. Modou MB. Gueye	9.28	8.92	1.64	4.57	3.37	0.81	12.9	5.33	0.63	3.11	3.42	0.54
23. Salou Gueye	7.28	14.3	2.61	7.14	13.5	2.46	7.17	6.02	1.48	3.83	5.86	1.24
24. Saourou C. Gueye	6.65	8.16	1.97	5.86	3.30	1.76	5.79	6.80	1.54	4.68	3.34	0.61
25. MBaye N. Gueye	4.35	6.21	0.89	4.57	5.75	0.81	4.21	5.59	0.78	2.95	4.74	0.58
26. Dally Gueye	7.57	8.20	1.65	8.77	8.31	1.62	5.65	4.77	0.88	4.52	5.79	0.71
27. Bara Diop	6.92	6.92	1.50	4.51	5.24	0.98	5.03	4.82	0.95	3.68	4.58	0.85
28. Assane ND. Gueye	2.69	5.05	0.58	2.45	2.58	0.47	2.31	3.21	0.40	1.65	2.05	0.29
29. Modou B. Diouf	6.84	7.43	1.60	5.98	8.47	1.57	6.38	4.19	0.75	2.56	2.63	0.29
30. MBaye D. Gueye	7.03	7.75	2.17	9.95	10.0	1.80	3.83	5.59	1.18	3.95	4.32	0.96
31. Moussa Dione	4.38	5.66	1.31	3.23	5.16	0.81	3.83	5.75	0.34	1.98	4.92	0.23
32. Diliby Dione	7.17	8.10	2.06	4.87	6.41	1.41	3.17	4.77	0.84	3.20	3.40	0.18

LEGENDE: #Pds: nombre de pieds

Pail.: rendement paille

G: rendement graines

PROGRAMME AGRHYMET

EPIS

KHOMBOLE SENEGAL

Campagne Agricole: 1989/90

STRUCTURE DE LA RECOLTE

Recapitulation des differents rendements sur arachide

Prenoms & Nom du Paysan	E.C. ₁			E.C. ₂			E.C. ₃			E.C. ₄		
	F	C&G	G									
	t/ha	t/ha	t/ha									
1. Abdou Gueye	//	//	1.14	//	//	0.93	//	//	0.85	//	//	0.68
2. Iboou Gueye	2.50	1.50	1.10	1.90	1.32	0.95	1.95	0.91	0.66	1.76	0.80	0.59
3. Modou ND. Diouf	1.68	1.62	1.15	1.56	1.22	0.94	1.30	1.21	0.94	1.68	1.62	0.94
4. Elimane Gueye	1.44	1.56	1.17	1.46	1.29	0.97	1.23	1.23	0.90	1.48	1.13	0.84
5. Moussa Diouf	1.30	1.35	1.06	1.10	1.05	0.86	1.59	1.11	0.85	1.15	1.05	0.82
6. Daouda Dione	1.42	1.93	1.35	1.56	1.94	1.29	1.35	1.55	1.09	0.90	1.25	0.85
7. Aliou Dione	1.83	1.37	1.14	1.93	1.27	0.93	1.40	1.27	0.82	2.33	0.87	0.59
8. Mbaye Thiaw	2.68	1.77	1.11	2.36	1.39	0.79	2.50	1.15	0.58	2.93	1.22	0.57
9. Ibra D. Gueye	3.53	2.22	1.68	2.73	2.07	1.49	2.66	1.69	1.33	2.11	1.49	0.97
10. Djiby Gueye	2.18	1.92	1.41	2.22	1.88	1.36	2.01	1.44	1.12	1.48	1.37	0.79
11. Ibra ND. Gueye	1.22	1.23	1.15	1.81	1.54	0.95	1.20	1.25	0.94	1.88	1.27	0.93
12. Mbaye S. Gueye	2.45	2.05	1.53	2.17	1.69	1.42	3.19	1.86	1.40	2.07	1.86	1.38
13. Mbaye B. Gueye	2.04	2.05	1.53	1.64	2.00	1.41	1.83	1.91	1.34	2.01	1.69	1.27
14. Mbaye ND. Gueye	3.57	2.93	2.21	0.63	2.17	1.59	3.36	1.74	1.26	1.10	1.30	0.88
15. Assane Gueye	3.90	2.20	1.63	2.59	1.79	1.33	1.93	2.20	1.27	1.55	1.55	1.08
16. Serigne Gueye	3.02	1.73	1.26	2.12	1.63	1.18	3.45	1.61	1.16	3.23	1.08	0.83
17. Saourou Gueye	1.10	1.25	1.28	0.80	1.10	1.10	1.12	1.43	0.96	3.45	1.61	0.79
18. Elimane Gueye	3.70	2.05	1.52	3.99	1.51	1.11	1.29	0.86	0.63	1.59	0.76	0.53
19. Mbaye Y. Gueye	1.96	2.38	1.90	2.83	1.97	1.30	1.72	1.58	1.16	1.72	1.58	0.97
20. Ngagne Gueye	1.74	1.36	0.97	1.63	1.12	0.91	1.19	1.06	0.85	1.52	1.13	0.78
21. Samba Gueye	2.94	2.16	1.64	3.25	2.00	1.40	2.18	1.37	0.88	2.14	0.86	0.58
22. Modou MB. Gueye	1.86	1.74	1.17	1.34	1.46	1.06	1.16	1.44	1.01	1.65	1.40	1.00
23. Saliou Gueye	2.41	2.39	1.74	1.90	1.90	1.31	1.80	1.60	1.23	1.21	1.49	1.02
24. Saourou C. Gueye	1.88	1.72	1.20	1.93	1.52	1.11	1.18	1.27	0.90	1.25	1.00	0.75
25. Mbaye N. Gueye	2.17	2.13	1.61	1.27	1.88	1.53	1.66	1.54	1.18	2.37	1.43	1.09
26. Dally Gueye	1.35	1.65	0.99	0.90	1.10	0.79	1.37	0.93	0.69	0.90	1.10	0.79
27. Bara Diop	0.88	0.52	0.41	0.62	0.38	0.29	0.69	0.31	0.23	0.68	0.32	0.23
28. Assane ND. Gueye	2.15	1.33	1.16	1.56	1.36	0.92	0.96	0.93	0.78	2.98	1.14	0.77
29. Modou B. Diouf	1.95	2.15	1.50	1.47	1.88	1.41	1.47	1.88	1.09	1.09	0.90	0.81
30. Mbaye D. Gueye	1.68	1.52	1.11	1.83	1.42	0.98	1.54	1.46	0.96	1.15	1.10	0.73
31. Moussa Dione	2.26	1.64	1.16	1.56	1.21	0.80	1.40	1.20	0.76	//	//	//
32. Djiby Dione	2.06	0.69	0.48	1.43	0.77	0.44	1.47	0.58	0.42	1.81	0.59	0.29
33. Mandicou Gueye	1.26	1.24	0.83	1.10	0.66	0.45	//	//	//	//	//	//

LEGENDE: F: rendement fane

C&G: rendement archide en coque

G: rendement graines

TABLEAU N° 8

RENDEMENTS (t/ha) CAMPAGNE 1989-1990 ZONE PILOTE DE NDIEFOUNE-PARBA

MIL (SOUNA III)

	AVEC ENGRAIS	SANS ENGRAIS
Rs	1.66	0.84
R _T	1.30	0.60
Rendement Moyen départemental (Thiès)	0.78	0.78
R _S - R _T	0.36	0.24
100 $\frac{R_S - R_T}{R_T}$	28 %	40 %
R _S - R _M	0.88	0.06
100 $\frac{R_S - R_M}{R_M}$	113 %	8 %

RENDEMENTS (t/ha) CAMPAGNE 1989-1990 ZONE PILOTE DE NDIEFOUNE PARBA

ARACHIDE (55437) (coque)

	AVEC ENGRAIS	SANS ENGRAIS
R _S	1.73	1.34
R _T	1.48	1.20
Rendement Moyen départemental (Thiès)	1.18	1.18
R _S - R _T	0.25	0.14
100 $\frac{R_S - R_T}{R_T}$	17 %	12 %
R _S - R _M	0.55	0.16
100 $\frac{R_S - R_M}{R_M}$	47 %	14 %

STATION:

ANNEE: 19

Decade du au i=

Evaluation du Bilan Hydrique (en mm d'eau)

Culture:

Stade cultural:

Coefficient cultural: Kc(stade)

PLUVIOMETRIE

Les Parametres	TYPES DE SOL (niveau de reserve)		
RSU(1)			
RSU(2)			
RMU			
Les donnees RS(i-1)			
PE(i)			
HD(i)=PE(i)+RS(i-1)			
ETP(i)			
HD(i)>RMU; HD(i)=RMU			
ETM=Kc(stade) * ETP(i)			
A= ETP(i)/ RSU(.)			
Le bilan			
Si A > 1			
HD(i) > ETM, ETR(i)=ETM			
HD(i) < ETM, ETR(i)=HD(i)			
A < 1, HR(i)=HD(i)/RSU(.)			
HR(i) > Kc(stade)			
ETR(i)=ETM			
HR(i) < Kc(stade)			
ETR(i)=HR(i)*ETM			
HD(i) = RMU			
D(i) = PE(i)+RS(i-1)-RMU			
RS(i)=HD(i)-ETR(i)			
K(i)=ETR(i)/ETP(i)			

Jour (j)	P(i)	PE(j)=(1-CR)P(j)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
Tot.		

RAPPELS

RSU(.)=RSU(1) avant fin Juillet

RSU(.)=RSU(2) a partir du 1er Aout

RS(i-1) provient de l'estimation de RS la decade precedente

CR=0,25 si P(j) > 30 mm

CR=0,11 si P(j) < 30 mm

PROSPECTIVE SUR LA DECADE(i+1); Kc(stade) A SATISFAIRE:

Nombre d'annees sur 100 ou l'on peut esperer, la decade a venir, $P(i+1) > X$ mm
pour que les bassins en eau soient satisfaits.

	TYPE DE SOL			
$K(i+1) = ETR(i+1)/ETP(i+1) = K(stade) =$				
RS(i)				
ETP(i+1)				
$ETM(i+1) = K(i+1) * ETP(i+1)$				
$X = ETM(i+1) - RS(i)$				
Prob ($P(i+1) > X$)				

Dates de semis en humide du Mil Souna
et liste des paysans

16 au 20 Juin	21 au 25 Juin
Mbaye Sylla	GUEYE
Mbaye B.	GUEYE
Mbaye Diene	GUEYE
Ibra Deguene	GUEYE
Assane	GUEYE
Serigne	GUEYE
Saourou	GUEYE
Elimane	GUEYE 2
Mbaye Yacine	GUEYE
Ngagne	GUEYE
Samba	GUEYE
Modou Mbacke	GUEYE
Saliou	GUEYE
Saourou Codou	GUEYE
Daly	GUEYE
Djiby	GUEYE
Assane Ndiaye	GUEYE
Mbaye Diene	GUEYE
Elimane	GUEYE 1
Modou Ndiaye	DIOUF
Modou Ba	DIOUF
Aliou	DIONE
Bara	DIOP
	Madickou GUEYE n'a pas fait de semis en humide de mil

Dates de semis a sec du Mil Souna et liste des paysans

26 au 31 Mai	1er au 5 Juin	6 au 10 Juin	11 au 15 Juin
Assane GUEYE	Mbaye Sylla GUEYE	Abdou GUEYE	Madickou GUEYE**
Mbaye N. GUEYE	Serigne GUEYE	Daly GUEYE	Assane Nd. GUEYE
Djiby GUEYE	Saourou GUEYE	Mbaye N'Diole GUEYE	Mbaye B. GUEYE
Saliou GUEYE	Elimane GUEYE 2	Ibou GUEYE	Mbaye D. GUEYE
Aliou DIONE	Ndiouga DIONE*	Ibra Deguene GUEYE	Modou Nd. DIOUF
Moussa DIONE	Mbaye DIONE*	Mbaye Yacine GUEYE	Modou Ba DIOUF
Samba GUEYE	Mbaye THIAW	Ngagne GUEYE	
Ibra Ndiaye GUEYE		Saliou Fatou GUEYE*	
		Modou Mbacke GUEYE	
		Saourou Codou GUEYE	
		Elimane GUEYE 1	
		Moussa DIOUF	
		Daouda DIONE	
		Djiby DIONE	

* Paysans éliminés

** Paysan n'a pas effectué de semis à sec de mil

- Bara DIOP n'a pas fait de semis à sec de mil

SITUATION DES PAYSANS, PARCELLES ET CULTURES
DE L'EXPERIENCE PILOTE INTEGREE DU SENEGAL (EPIS)
CAMPAGNE AGRICOLE 89/90

Paysans Prénoms et Noms	Cultures				Observations	
	Arachides		Mil			
	Ha	1/2 Ha	Ha	1/2 Ha		
1. Aourou GUEYE		2	1			
2. Serigne GUEYE		2	1			
3. Assane GUEYE		2	1			
4. M'Baye B. GUEYE		2	1			
5. M'Baye Y. GUEYE		2	1			
6. Daly GUEYE	1		1			
7. M'Baye N. GUEYE	1				2	
8. M'Baye S. GUEYE	1				2	
9. Elimane GUEYE 1		2			2	
10. Modou N. DIOUF	1		1			
11. Saourou C. GUEYE	1				2	
12. Modou M.B. GUEYE		2	1			
13. Assane N. GUEUYE		2	1			
14. Sallou GUEYE	1				2	
15. Bara DIOP		2			2	
16. M'Baye D. GUEYE		2			2	
17. Ibra D GUEYE	1				2	
18. Ibra N. GUEYE		2			2	
19. Bathie GUEYE	1				2	
20. NGAGNE GUEYE		2			2	
21. Djibril GUEYE	1		1			
22. Mandicou GUEYE		2			2	
23. Modou B. DIOUF		2	1			
24. Moussa DIOUF		2	1			
25. Abdou GUEYE	1		1			
26. Elimane P. GUEYE		2	1			
27. Saliou F. GUEYE		2			2	
28. Ibo GUEYE	1		1			
29. M'Baye ND. GUEYE	1		1			

SITUATION DES PAYSANS, PARCELLES ET CULTURES
DE L'EXPERIENCE PILOTE INTEGREE DU SENEGAL (EPIS)
CAMPAGNE AGRICOLE 89/90

Paysans	Cultures				Observations
	Arachides		Mil		
Prénoms et Noms	Ha	1/2 Ha	Ha	1/2 Ha	
30. Moussa DIONE		2		2	
31. Aliou DIONE		2	1		
32. Daouda DIONE	1		1		
33. Ndiouga DIONE	1		1		
34. Djiby DIONE			2	2	
35. M'Baye THIAW					
36. M'Baye DIONE					

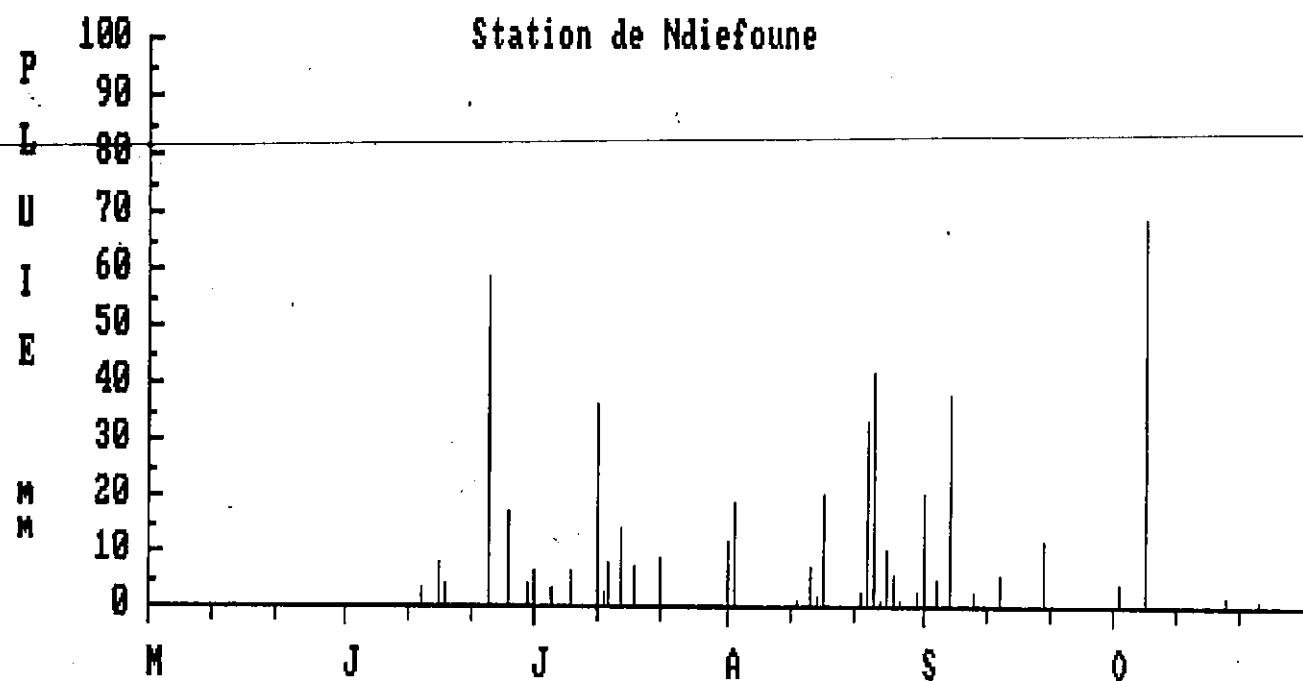


Fig. 1

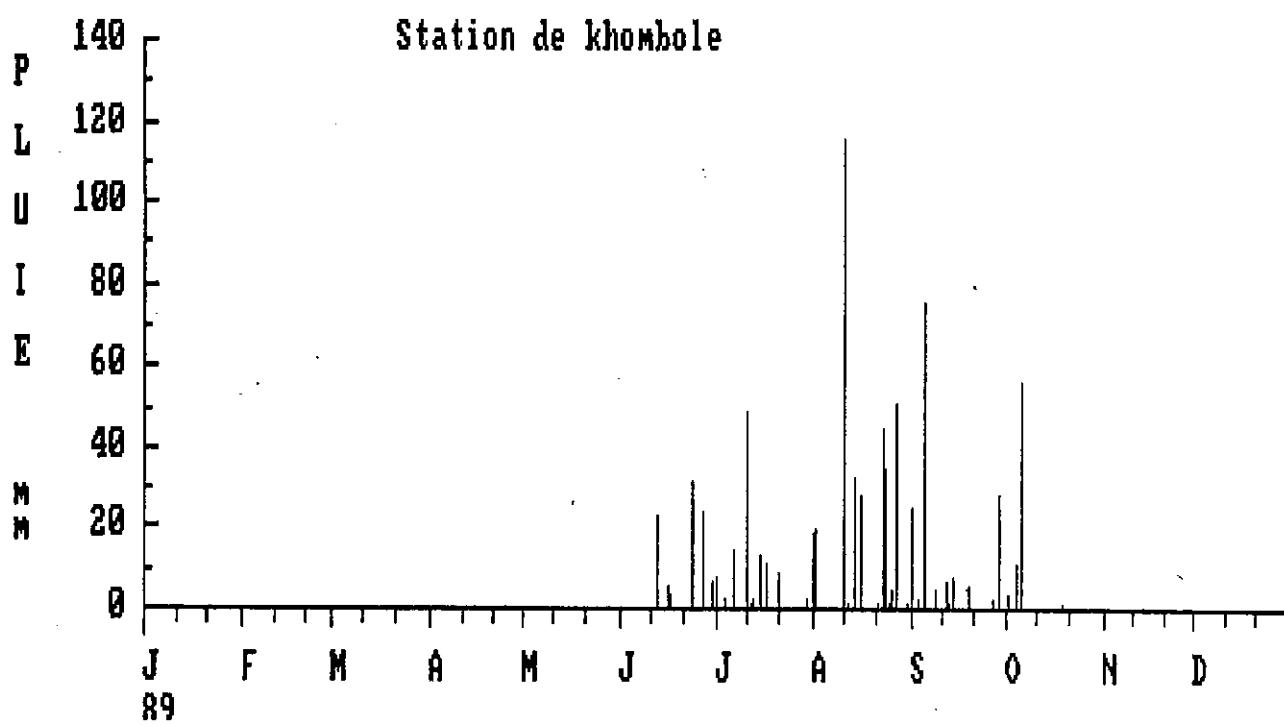


Fig. 2

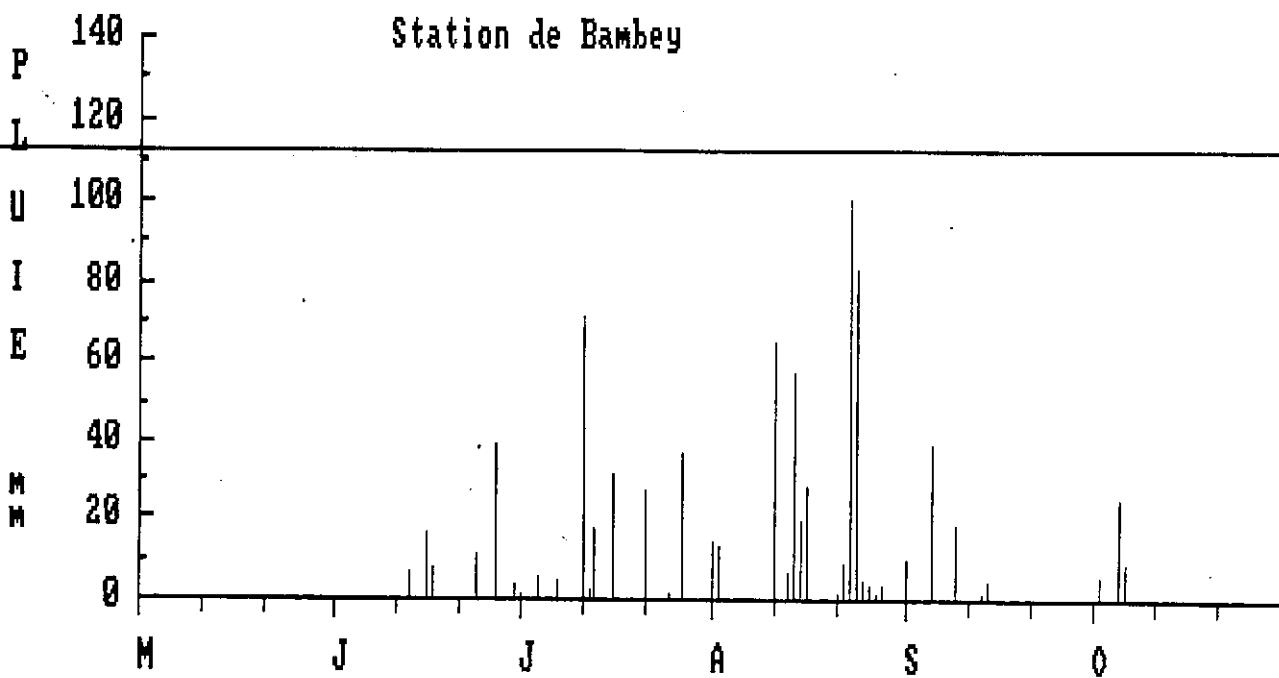


Fig. 3

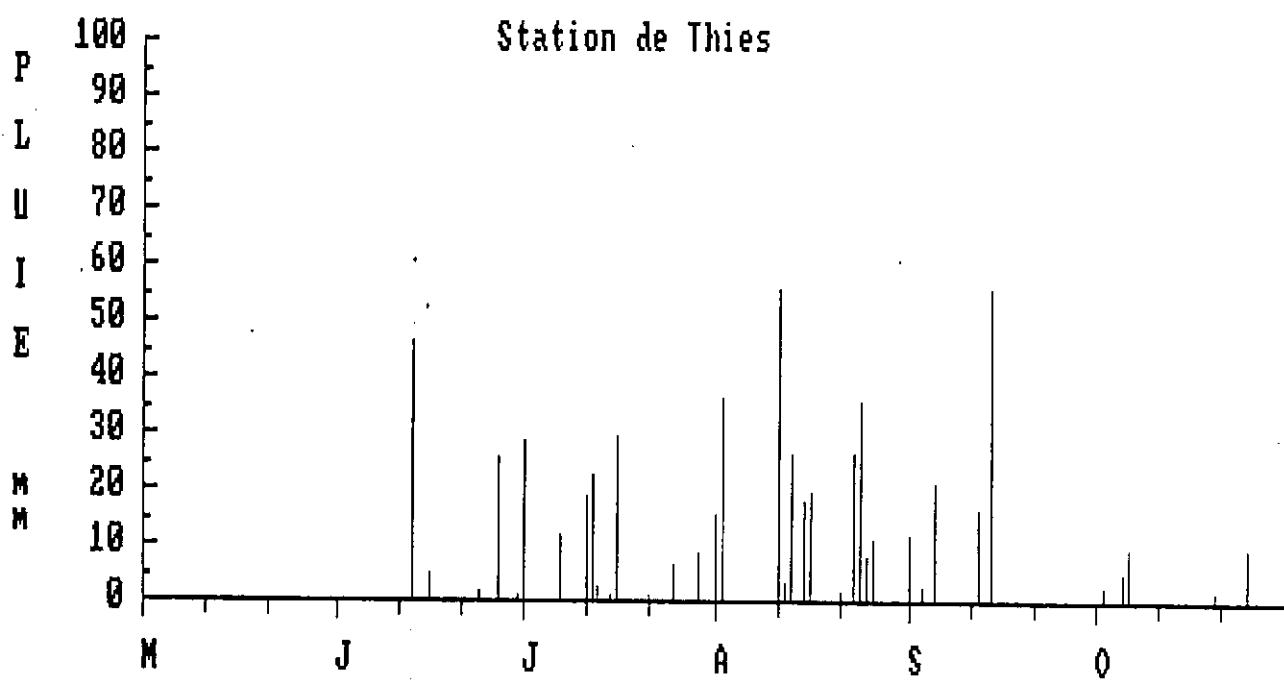


Fig. 4

Fig. 6

STATION DE KHOMBOLE

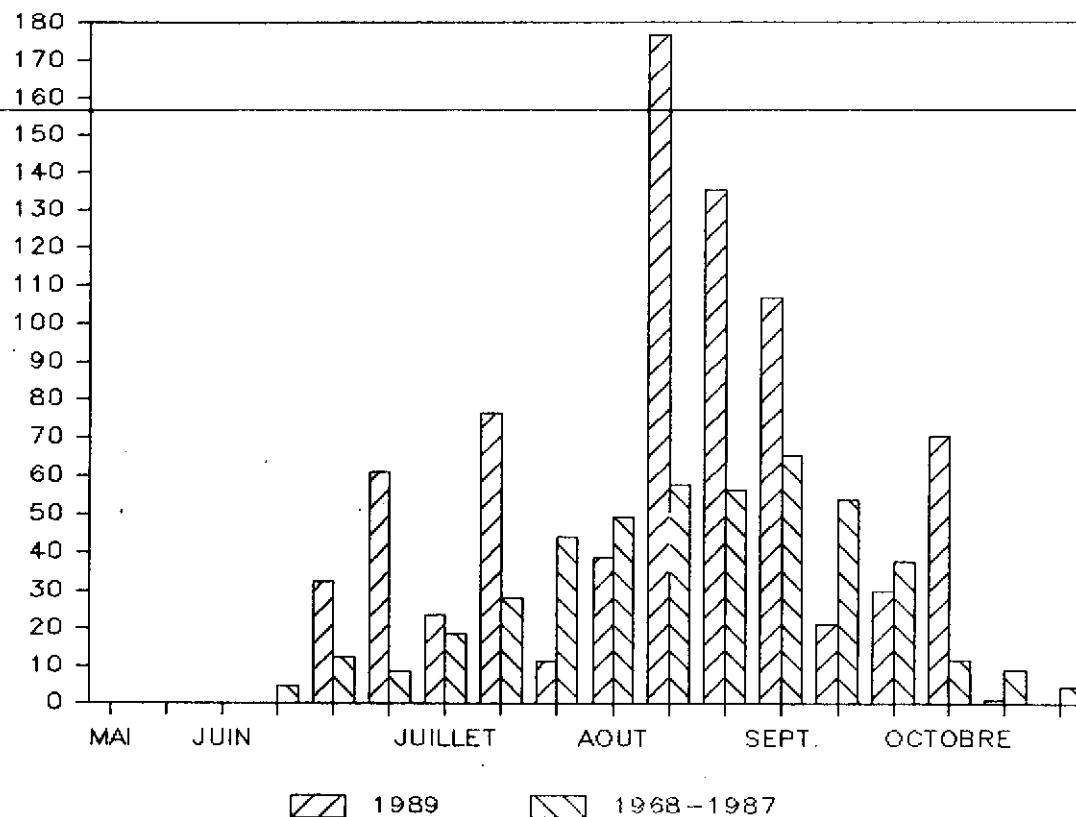


Fig. 5

STATION DE NDIEFOUNE

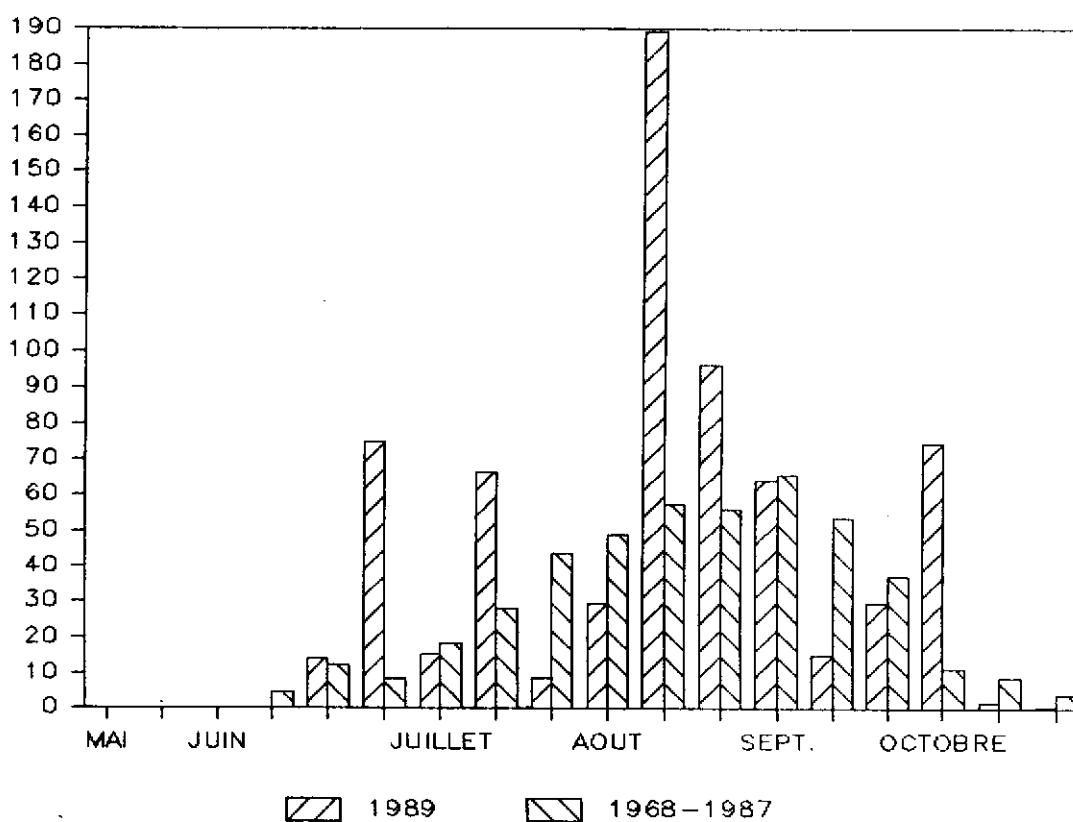


Fig. 8

STATION DE THIES

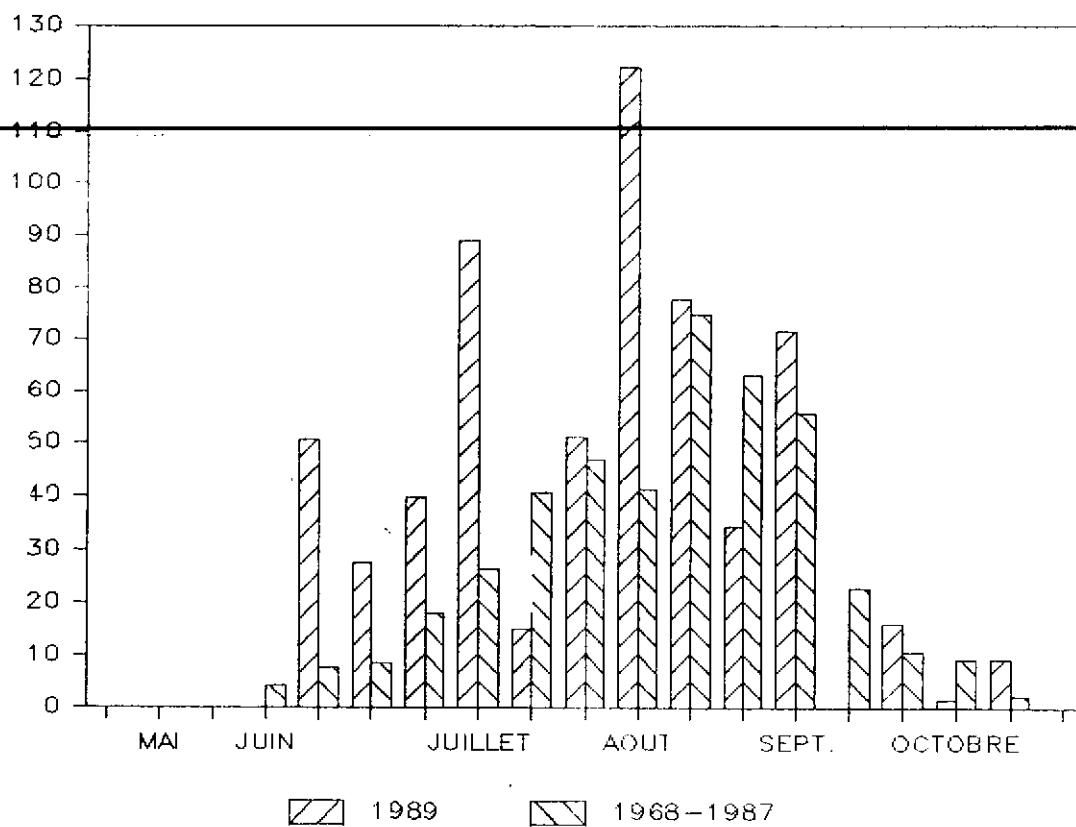


Fig. 7

STATION DE BAMBEY

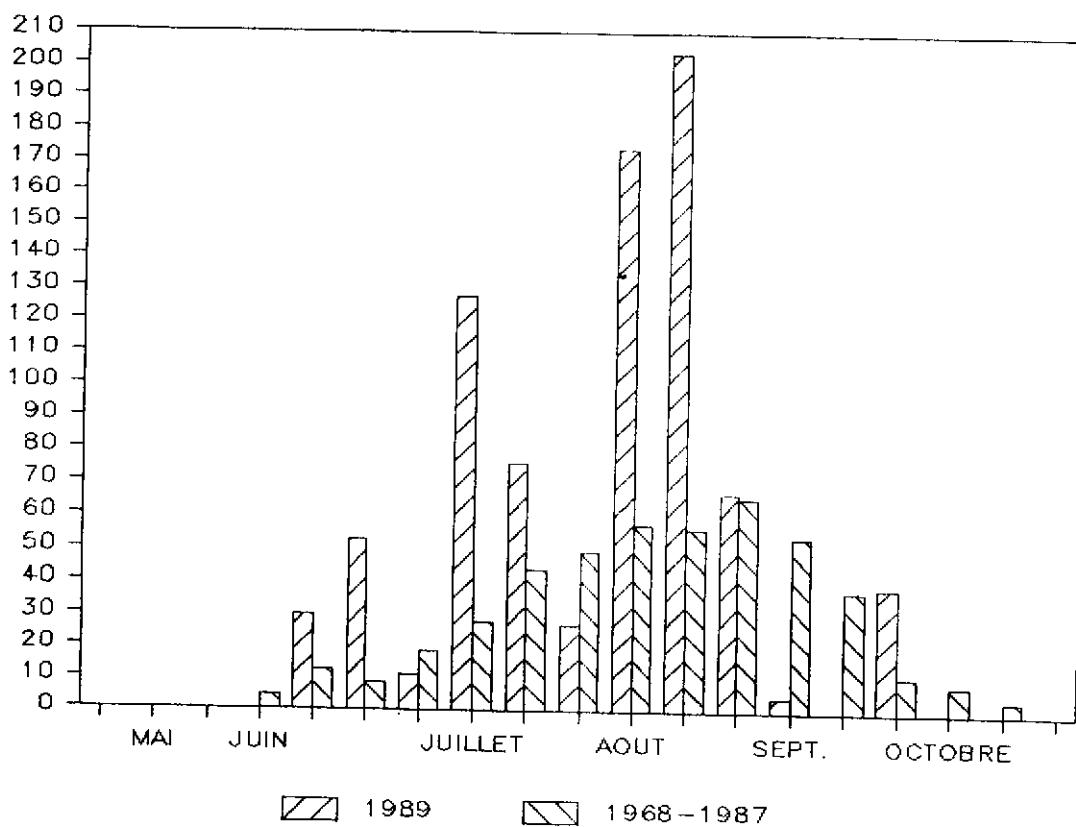


Fig. 9

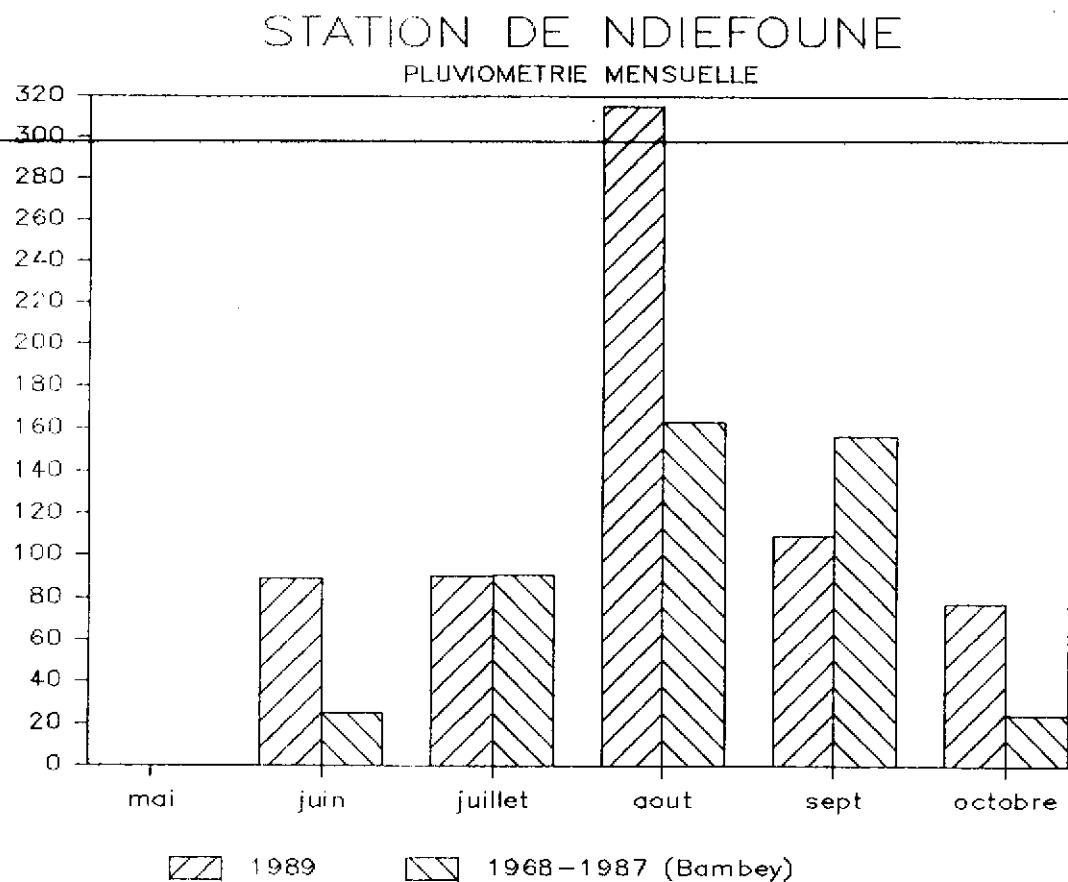


Fig. 10

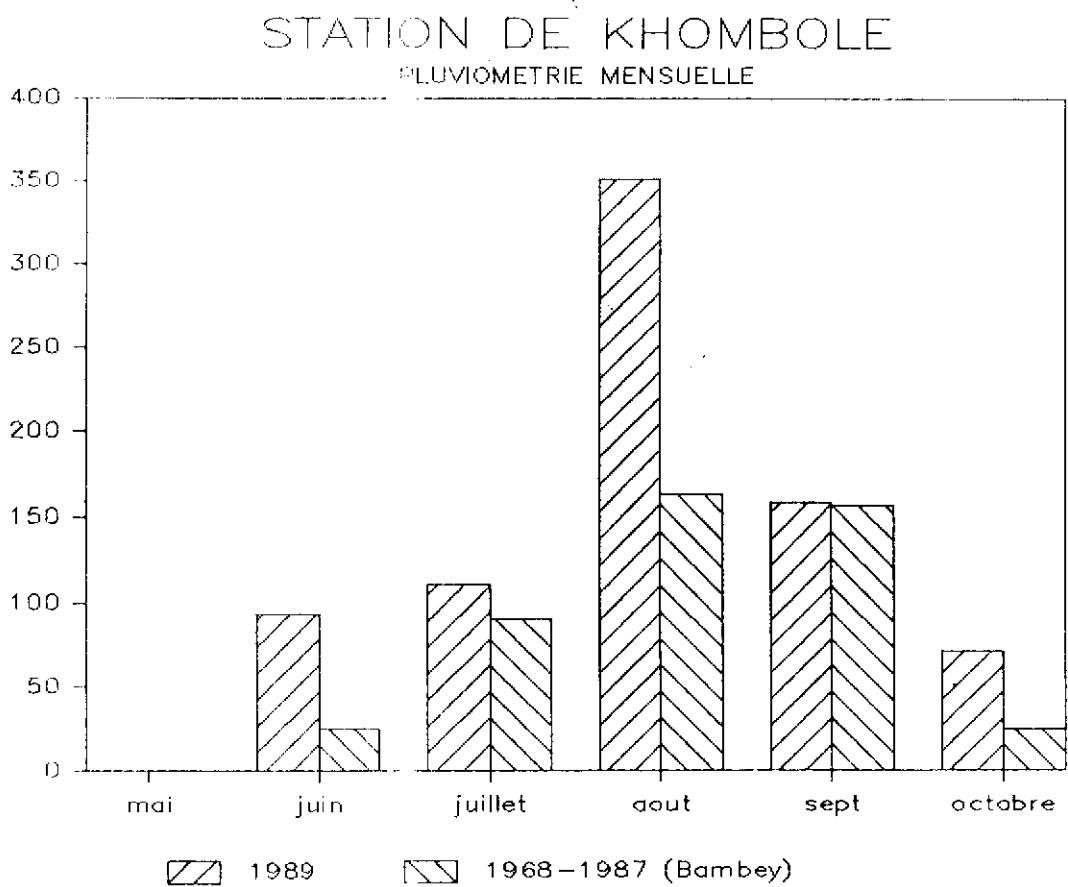


Fig 11

STATION DE BAMBEY

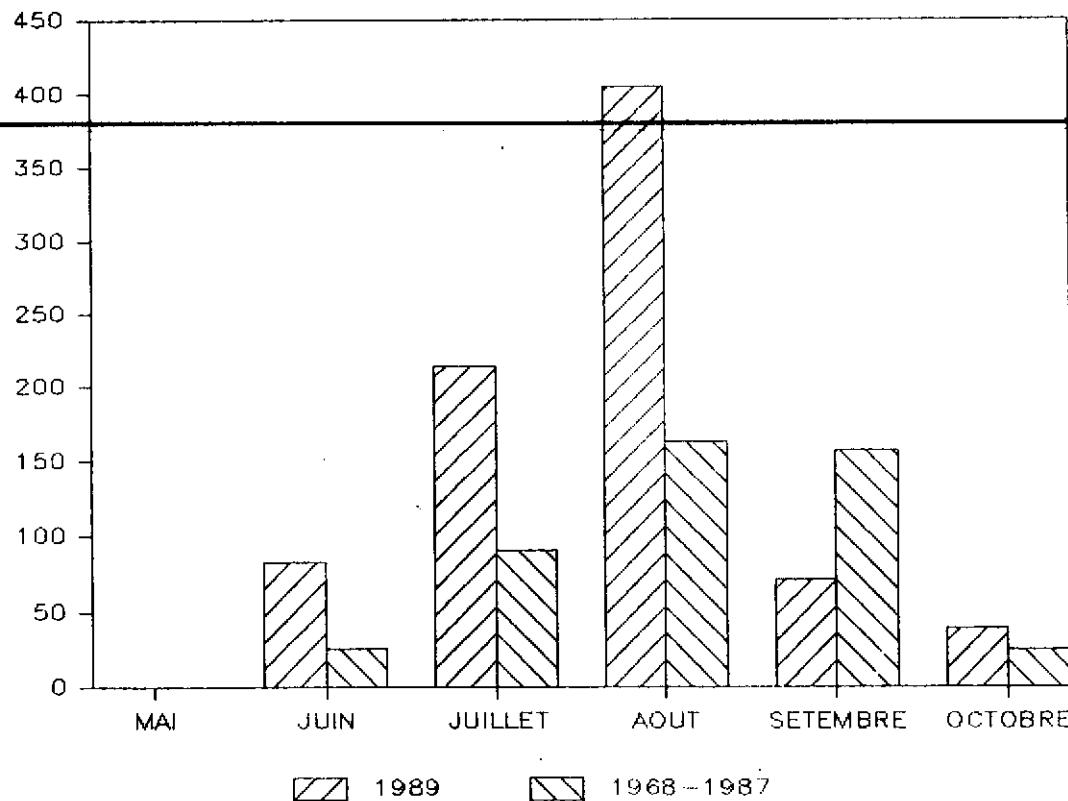
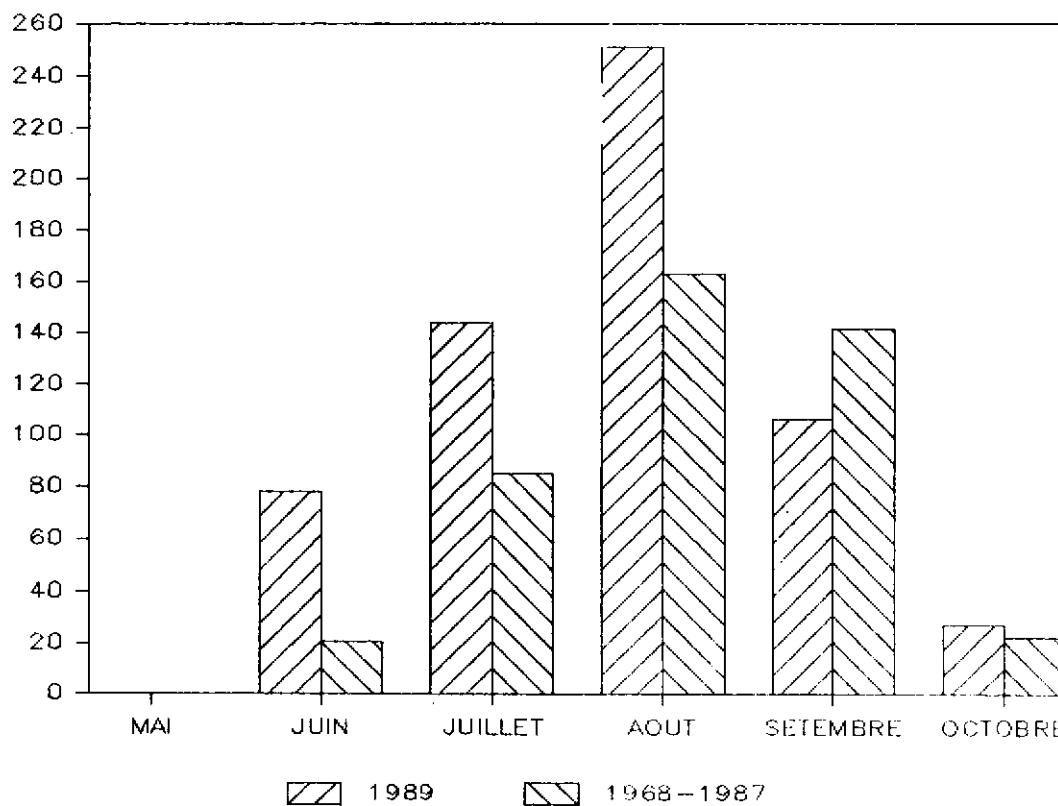


Fig 12

STATION DE THIES



POSITIONS FREQUENTIELLES DES EVENEMENTS A₁-A₂-B₁-B₂

STATION N'DIEFOUIME - PARIS

PÉRIODE

1983

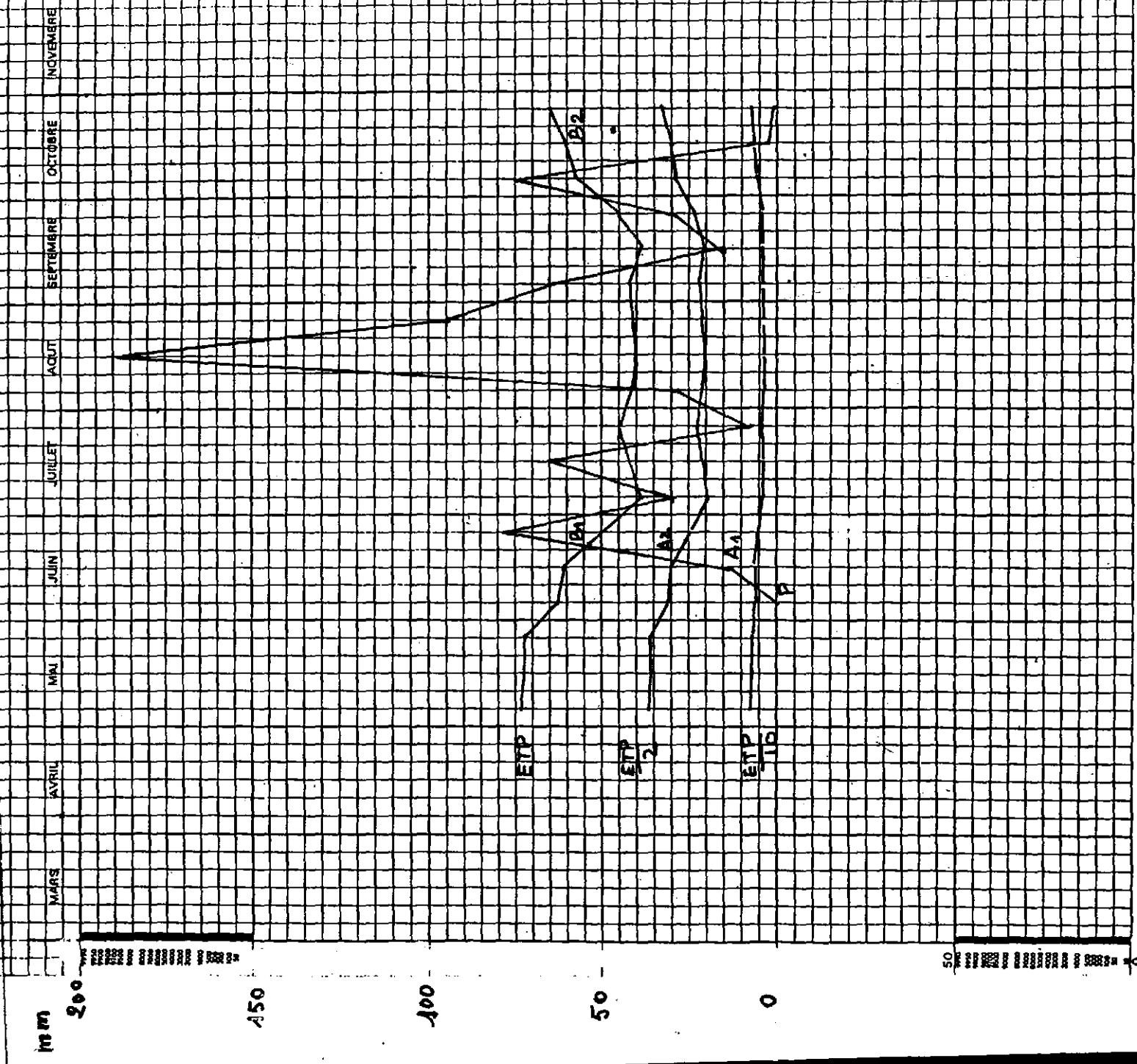


Fig 13

POSITIONS FREQUENTIELLES DES EVENEMENTS A LA STATION

RAMBÉY

Latitude
Longitude
Altitude

SATION

PERIODE

Altitude

mm

200

150

100

50

0

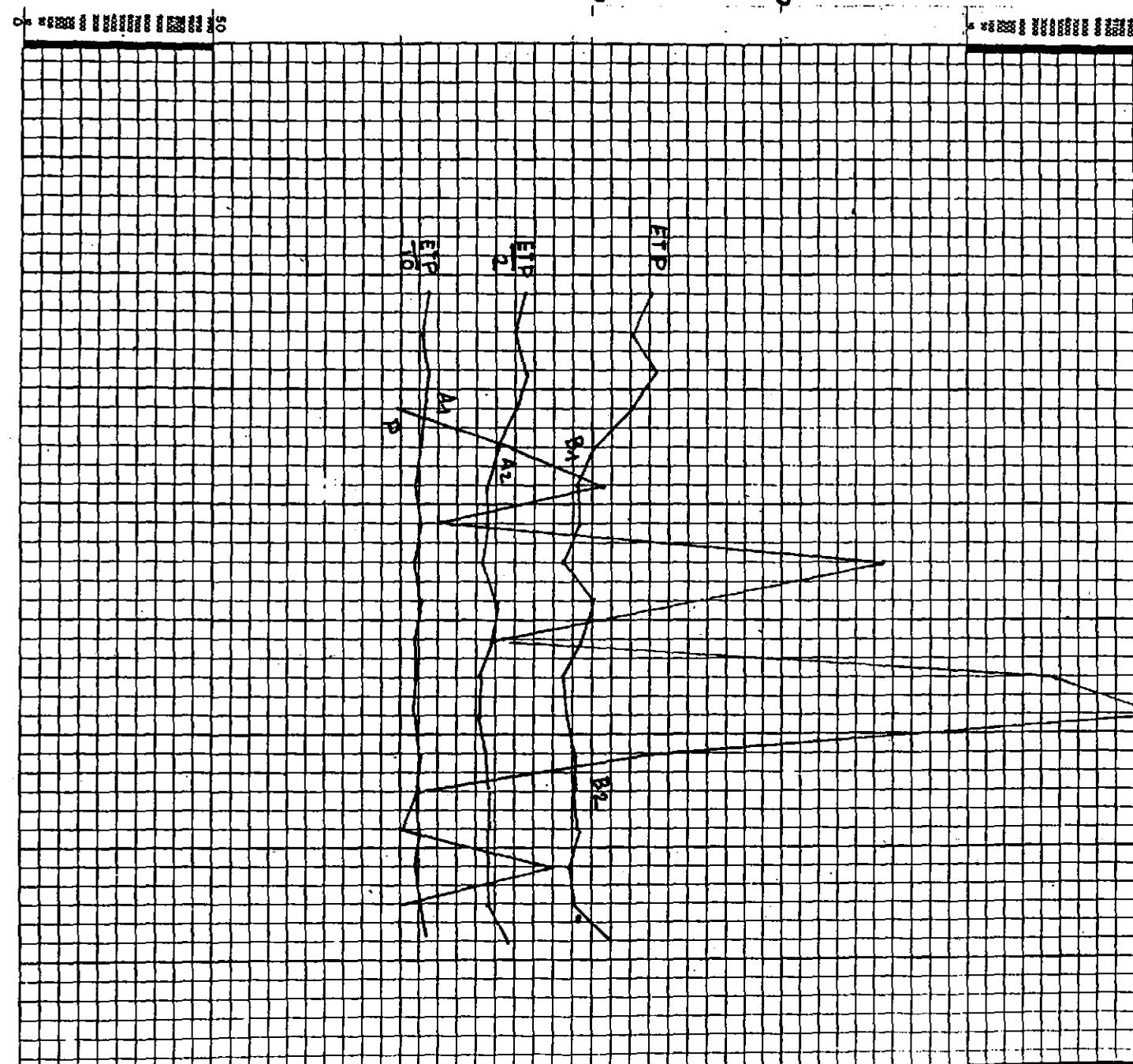


Fig. 14

POSITIONS FRÉQUENTIELLES DES ÉVÉNEMENTS A, B, C.

THIES

STATION
PÉRIODE

1989

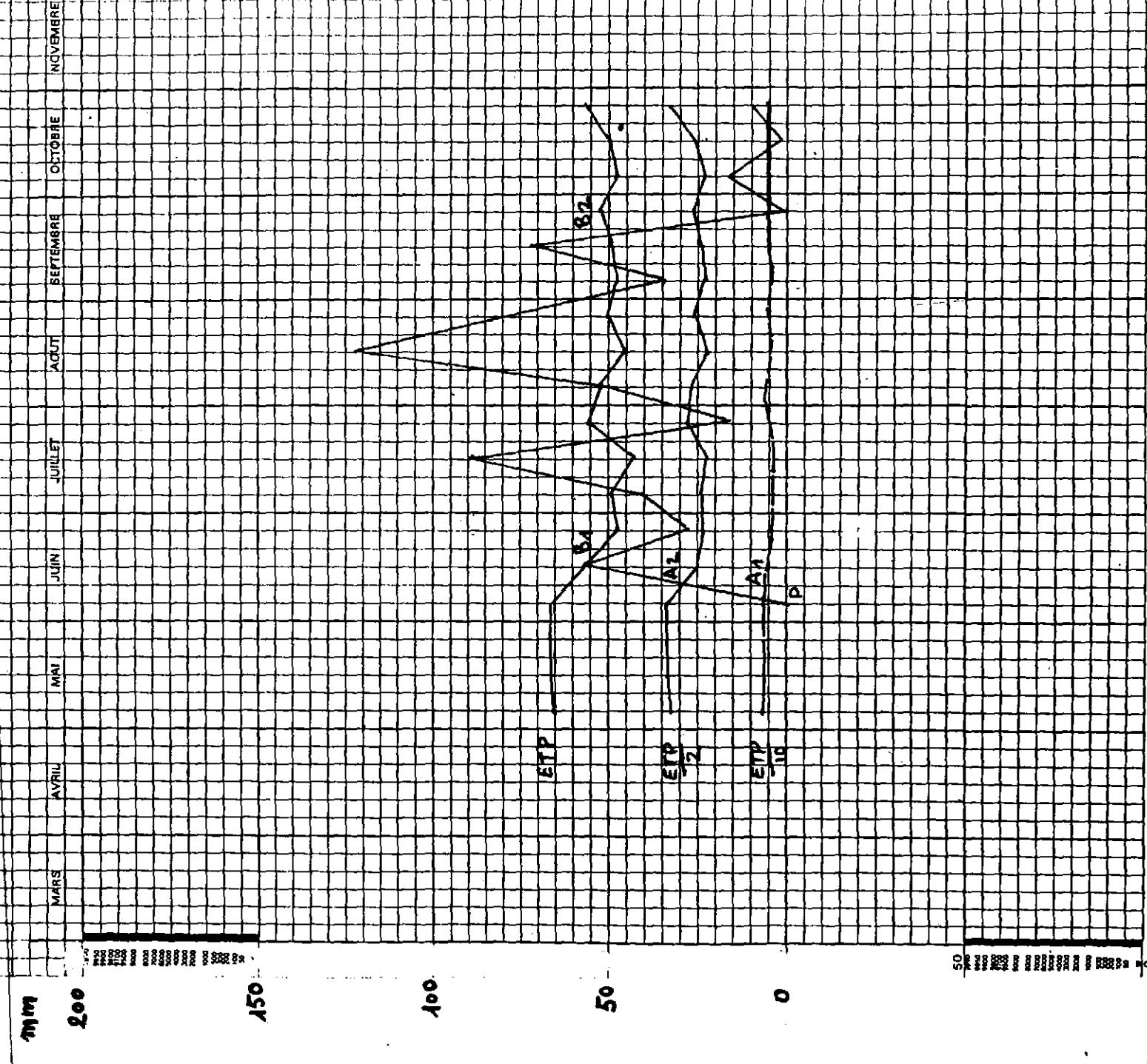


Fig. 15

COMPARAISONS ENTRE LES TRAITEMENTS

Par unité expérimentale (champ) et par culture quatre (4) variétés de parcelles ou traitements ont été choisies et sont représentées de la façon suivante :

E1C1 : parcelle avec engrais et conseils agrométéo (suivie avec engrais)

E1Co : parcelle avec engrais sans conseils agrométéo (traditionnelle avec engrais)

EoC1 : parcelle sans engrais mais avec conseils agrométéo (suivie sans engrais)

EoCo : parcelle sans engrais et sans conseils agrométéo (traditionnelle sans engrais).

Dans la plupart des expériences comportant plusieurs traitements, le chercheur peut s'intéresser à certaines comparaisons spécifiques entre les moyennes des traitements. Pour faire à de telles comparaisons, le statisticien trouve convenable de parler en termes de contrastes. Algébriquement, un contraste entre les quantités T_1, \dots, T_k (où T_i est la somme de n_i observations) est défini par :

$$G_j = C_{j1}T_1 + C_{j2}T_2 + \dots + C_{jk}T_k \quad (1)$$

$$\text{où } \sum_{k=1}^k n_i C_{ij} = 0$$

On peut noter dans notre expérience que les traitements E1C1 et E1Co sont du même type (l'engrais étant le paramètre commun) et que EoC1 et EoCo sont aussi du même type (sans engrais). Il serait alors raisonnable de définir les contrastes comme suit :

C1 = traitements E1C1 et E1C1 contre EoC1 et EoCo

C2 = traitement E1C1 contre E1Co

C3 = traitement EoC1 contre EoCo.

Base d'analyse

La méthode d'analyse statistique utilisée est celle des carrés alentours, "Randomised Block Design", méthode dans laquelle les traitements sont alloués de façon aléatoire aux unités expérimentales ou vice-versa. Dans cette méthode où nous observons la variable rendement les observations peuvent être représentées suivant un modèle linéaire par :

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + \varepsilon_{ij} \quad i=1, \dots, t, j=1, \dots, n_i \quad (\text{nombre d'observations})$$

Symboliquement ceci peut être représenté sous forme de tableau (pour les 4 traitements).

	Traitement				Total
	E1C1 (1)	E1Co (2)	EoC1 (3)	EoCo (4)	
Observations	Y ₁₁ Y ₁₂	Y ₂₁ Y ₂₂	Y ₃₁ Y ₃₂	Y ₄₁ Y ₄₂	
	Y _{1n1}	Y _{2n2}	Y _{3n3}	Y _{4n4}	
Total	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T = $\sum_{i=1}^4 T_i$
Nombre d'obs.	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	N = $\sum_{i=1}^4 n_i$
Moyenne	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3	\bar{Y}_4	$\bar{Y} = T/N$

où μ est la vraie moyenne.

Z_i : l'apport du traitement i

ε_{ij} : erreur expérimentale associée à l'observation i soumise au traitement i. Il est supposé que ces erreurs expérimentales ε_{ij} sont normales, indépendantes et ont des variances homogènes pour chaque traitement. Parce que toute l'analyse statistique est basée sur ces suppositions, il est nécessaire que le chercheur soit sûr que les données qui seront analysées satisfont au moins de façon approximative ces suppositions. Sinon, il sera peut être nécessaire de transformer les données avant l'analyse. Dans le développement du modèle pour l'analyse de variance, les suppositions donnent les justifications théoriques pour l'analyse et le test de F.

D'autre part, il est quelquefois nécessaire d'analyser les données quand même ces suppositions ne sont pas clairement remplies. En fait, elles sont rarement totalement remplies. Les conséquences sur l'application de l'analyse de variance et du test de F sont que :

- les conclusions faites sur les moyennes des traitements qui seraient valables pour une population normale sont aussi valables quand la population n'est pas normale et que le nombre d'observations dans chaque échantillon est relativement grand,
- l'hypothèse de l'homogénéité des variances peut ne pas être vérifiée sans gros risques, si le nombre d'observations dans chaque traitement est le même. D'autre part, quand les traitements n'ont pas le même nombre d'observations. La non homogénéité des variances peut avoir des conséquences sérieuses sur la validité des conclusions,
- de sérieux effets sur les conclusions découlent du fait que l'indépendance des erreurs n'est pas réalisée.

Analyse de variances pour des traitements ayant des nombres différents d'observation.

En termes des paramètres du modèle, le problème est celui de tester

$$H : Z_i = \bar{Z} \quad (i = 1, \dots, t)$$

A : les Z_i ne sont pas tous égaux.

En d'autres termes, H est l'hypothèse qui stipule qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements et A est l'hypothèse alternative qui dit qu'il y a des différences significatives entre les traitements.

Le test de F est le test statistique utilisé. La valeur de F est le rapport entre la "moyenne des carrés pour les traitements" (numérateur) et la "moyenne des carrés pour les erreurs" (dénominateur).

Le tableau ci-après montre l'ANOVA (Analyses de Variance) pour le méthode avec différents nombres d'observations

Source Variance	Nbre de degré	Carrés	Moyenne	F (V ₁ , V ₂)
	de liberté		carrées	
Moyenne	1	SSM	My	
Traitement	t - 1	SST	Tr	Tr/Er
Erreur	$\sum_{i=1}^t (n_i - 1)$	SSE	Er	
TOTAL	-N	$\sum \sum Y_{ij}^2$		

Les formules de calcul pour les sommes de carrés sont :

$$SSM = T^2 / N$$

$$SST = \sum_{i=1}^t T_i^2 / n_i - SSM$$

$$SSE = \sum Y^2 - SST - SSM$$

avec $\sum Y^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2$; $N = \sum_{i=1}^t n_i$; $T = \sum_{i=1}^t T_i$

où $\sum Y^2$ est la somme des carrés des observations individuelles.

$$F(V_1, V_2) = \frac{\text{Moyenne des carrés pour les traitements}}{\text{Moyenne des carrés pour les erreurs}}$$

F avec $V_1 = t-1$ et $V_2 = t(n_i - 1)$. Nous rejettons l'hypothèse H si $F(V_1, V_2) > F(1-\alpha, V_1, V_2)$ et nous concluons qu'il y a des différences significatives entre les différents traitements avec un degré de confiance de $(1-\alpha)$.

Ce test de F original rejette H si et seulement si au moins 1 contraste C_j est significatif (c. à d. $C_j \neq 0$) par la méthode de Scheffé.

L'application de la procédure de Scheffé permet de déterminer les contrastes significatifs.

Technique de Scheffé pour les contrastes

Après un test de F original significatif, si quelqu'un souhaite toutes les comparaisons possibles entre les traitements, la méthode de Scheffé est recommandée parce qu'elle s'adapte beaucoup au concept de contraste, utilise des tables largement disponibles (Table de F) et est très simple à utiliser. Voyons comment la technique marge.

Rappelons qu'un contraste est défini par :

$$C_j = \sum_{i=1}^t C_{ij} T_i$$

Nous calculons

$$A \sqrt{\hat{V}(C_j)} = A [\hat{V}(C_j)]^{1/2}; \quad \hat{V}(C_j) : \text{Variance de } C_j$$

où $A^2 = (t-1) F(1-\alpha) (v_1, v_2)$

$$\hat{V}(C_j) = \sum_{i=1}^t C_{ij}^2 \hat{V}(T_i)$$

Ainsi si $|C_j| > A [\hat{V}(C_j)]^{1/2}$, le contraste est significatif avec un degré de confiance de $1-\alpha$ (c. à d. on peut conclure avec une certitude de $(1-\alpha) 100$ que la différence qui existe entre les traitements considérés n'est pas due au hasard).