

CN920060

République du Sénégal

Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES
AGRICOLES

Projet "Evaluation et Suivi de La Production Agricole
en fonction du Climat et de l'Environnement"
(E.S.P.A.C.E)

Sénégal 1986-1991

Bilan Sommaire et Perspectives

F.AFFHOLDER
Mars 1992

C.N.R.A. - BAMBEY - S.D.I.
Date 23 Juin 1992
Numéro 081/92
Mois Bulletin
Destinataire S.D.I.

1

Projet ESPACE 1986-1991 Sénégal
Bilan sommaire et perspectives

INTRODUCTION

Les fluctuations climatiques au Sénégal entraînent d'importantes variations interannuelles de la production agricole et tout particulièrement de la production vivrière. Pour réguler le marché, il est nécessaire de connaître assez tôt le volume de la production.

Malgré les progrès méthodologiques et logistiques accomplis ces dernières années, les services nationaux de statistiques agricoles ne livrent en général pas leurs estimations avant la fin du mois de décembre.

Or les recherches en agroclimatologie au Sahel ont montré que si les rendements ne sont qu'assez mal corrélés à la pluviométrie, ils peuvent être par contre bien reliés à des indices de satisfaction des besoins en eau des cultures, obtenus par évaluation du bilan hydrique.

Le projet ESPACE (Estimation de la Production Agricole en fonction du Climat et de l'Environnement), qui a démarré en 1986 au Sénégal vise à améliorer la simulation du bilan hydrique des principales cultures pluviales en milieu paysan et à établir les relations entre indice hydrique et rendement, afin de mettre au point une méthode fiable, précoce et peu coûteuse d'estimation des rendements,

Ce dossier récapitule l'évolution du projet et fait le point sur les résultats obtenus et les perspectives de transfert auprès des services de statistiques agricoles.

I-Le Dispositif et son évolution

L'activité du programme Agroclimatologie de l'ISRA dans le cadre du projet E.S.P.A.C.E a démarré en 1986 et il faut distinguer deux périodes du point de vue de la méthodologie employée.

1.1 Les sites légers de 1986 à 1988.

Jusqu'en 1988, la méthodologie utilisée faisait appel à un réseau de sites, dispersés dans tout le bassin Arachidier, principale zone de production du mil et de l'arachide au Sénégal.

Dans chaque site, appelé par la suite site "léger" par opposition aux sites "lourds" mis en place en 1989, on disposait de une ou deux parcelles paysannes semées en mil et autant en arachide, chaque parcelle comprenant elle-même deux placettes de mesure du rendement, d'environ 10m² chacune.

Le tableau ci-après donne le nombre de sites, de parcelles et de points de mesure des données climatiques pour ces trois années. On trouvera en annexe 1 la liste complète des sites et leur localisation.

année	n sites	n parcelles		pluviomètres	Bacs
		mil	arachide		
1986	27	43	40	20	11
1987	50	67	52	44	16
1988	34	38	29	28	11

Cette méthode d'échantillonnage avait l'avantage de permettre une bonne connaissance des dates de semis et de la pression parasitaire sur l'ensemble du bassin, mais l'inconvénient majeur de ne pas permettre une bonne estimation des rendements du fait de la très forte variabilité de ceux-ci en fonctions des conditions edaphiques et des itinéraires techniques pratiqués, tous deux très variable à l'échelle des villages.

De plus avec un tel réseau de parcelles, il était impossible, compte tenu des moyens disponibles de disposer d'un observateur permanent basé à proximité immédiate des parcelles et réalisant lui-même les observations. Les données étaient donc obtenues par interview des agriculteurs, ce qui peut introduire de nombreux biais.

1.2 Les sites lourds depuis 1989.

Pour ces raisons, à partir de 1989, **l'ISRA** a opté pour les sites "**lourds**", le suivi des sites légers étant poursuivi par la Météorologie Nationale et la Direction de l'Agriculture,

La **méthodologie** des sites lourds repose sur un choix de terroirs villageois dispersés dans le bassin arachidier, dans lesquels on choisit 20 parcelles de mil et 20 d'arachide. La mesure du rendement et ses composantes, ainsi **que** les observations **phénologiques** sont pratiquées pour chaque parcelle sur trois placettes d'environ 25 m² chacune. Les observations concernant les pratiques culturales (date et type de l'intervention) sont **réalisées** pour l'ensemble de la parcelle.

2.2.1 Le choix des sites

Les terroirs, au nombre de 5 (6 en 1990) ont été choisis en fonction **d'un** zonage grossier des conditions pédoclimatiques (**fig.1**), et lorsque **c'était** possible on s'est implanté dans des villages ayant fait l'objet de stratifications du milieu physique et des systèmes de production. C'est le cas notamment des villages de Ndimb Taba (ANGE **A.et** al.1987. et GARIN P., **1988.**), de **Darou** Khoudoss (ANGE **A.et** al. **1986.**), de Sob (GARIN **P.et** al., 1990.).

La plupart de ces **études** ont fait ressortir, comme dans de nombreux autres cas au Sahel (BOULIER F.et al.1990) la structure en **auréoles** des **finages** villageois (champs de case, de brousse et des confins, ces termes ayant d'ailleurs leurs équivalents dans les langues vernaculaires) et la distribution **centripète** de la fertilité et de la **qualité** du contrôle de **l'enherbement**.

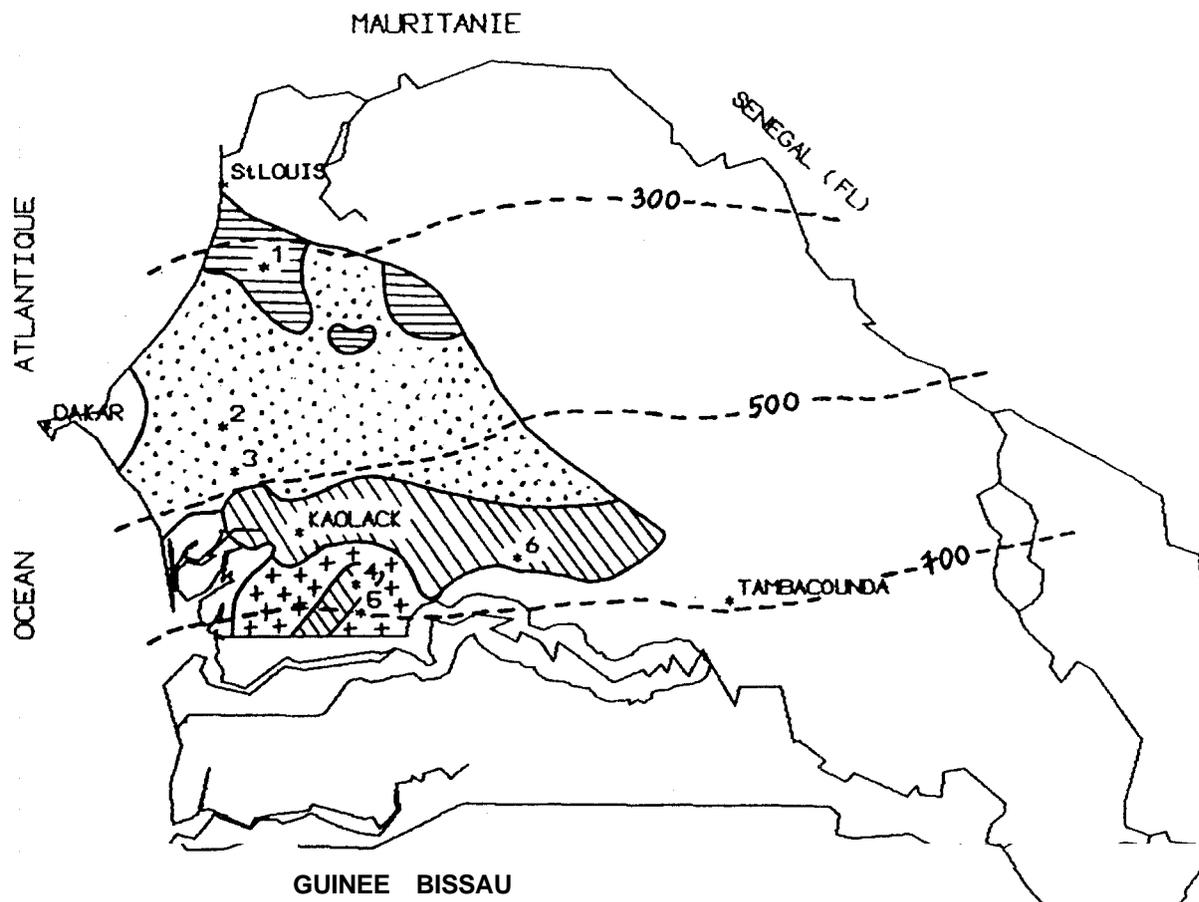
1.2.2 Le choix des parcelles dans chaque site.

L'échantillonnage des parcelles à **l'intérieur** de ces **finages** a donc été raisonné sur la base de cette stratification en respectant les proportions de parcelles (en nombre et non pas en surface) dans chaque auréole.

On a arbitrairement privilégié cette approche par rapport **à** la prise en compte des unités de paysages et notamment du relief, qui détermine les reports d'eau par ruissellement, ainsi que la profondeur et la nature du sol et donc sa **réserve** utile, mais on dispose maintenant de cartes de ces unités, et il est possible de tirer des sous-échantillons permettant de tester l'influence de ces critères, vraisemblablement significative dans les villages du sud du bassin, où le relief est le plus marqué. Cette **étude** est actuellement en cours.

LE BASSIN ARACHIDIER DU SENEGAL

PLUVIUMETRIE - SOLS VILLAGES DE L'ENQUETE AGRONOMIQUE



- 1 : KEUR BOOMI
- 2 : BAMBAY-SERERE
- 3 : SOB
- 4 : NDIMB TABA
- 5 : DAROU KHOUDOS
- 6 : KEUR LANINE

~ ~ ~ Limite du Bassin Arachidier
- - - Isohyètes 1970-1987

 Zone à prédominance de 8018 bruns subarides ou bruns rouges sur sables colluviaux et alluviaux.

 Zone à prédominance de 8018 ferrugineux tropicaux faiblement lessivés, lessivés en Fer, sur sables siliceux à l'Ouest et grès argilo-sableux à l'Est.

 Zone à prédominance de 8018 ferrugineux tropicaux lessivés, sans taches ai concrétions ferrugineuses au Nord, avec taches et concrétions au Sud, sur sables ou grès aablo-argileux.

 Zone à 8018 faiblement ferralitiques dominants, sur grès aablo-argileux.

1.2.3 Le choix des placettes de rendement

L'emplacement des carres de rendement est fixé **immédiatement** après la **levée** de la culture, afin d'éviter un choix influencé par l'aspect de la **végétation** tout en facilitant un piquetage respectant la disposition du semis, approximativement aux sommets d'un triangle équilatéral ayant pour centre de gravité le centre de gravité de la parcelle.

1.2.4 Le coût d'un site lourd

	CFA
1. Main d'oeuvre:	
- Salaire observateur (6mois)	300.00 0
- Piquetage, battage, décorticage	100.00 0
	<hr/>
Total (1)	400.000
2. Fournitures diverses:	
- Sacherie (renouvellement trois ans).....	20.000
- Matériel de mesure (balances, décamètres).....	20.000
(renouvellement sur trois ans)	
	<hr/>
Total (2)	40.000
3. Déplacements:	
- Carburant	50.00 0
- Entretien véhicule	200.00 0
- Indemnités déplacement	50.00 0
	<hr/>
Total (3)	300.000
4. Communications:	
- Téléphone/Faxa.....*	100.000
	<hr/>
Total (4)	100.000
TOTAL(1+2+3+4)	840.000

1.3 La base de données PRODCLIM et la fiche d'enquête.

La base de données et la fiche d'enquête qui y est associée ont toutes deux évolué au cours du temps de manière à tenir compte des critiques formulées à l'occasion des ateliers annuels regroupant tous les participants au projet.

La fiche d'enquête était en **général** modifiée immédiatement **après** cette **réunion** afin d'être utilisable pendant la campagne suivante, tandis que les travaux informatiques nécessaires à la modification de PRODCLIM, réalisés par les informaticiens du programme CLIPP/IRAT à Montpellier se sont **avérés** parfois complexes et **étaient** réalisés plus tardivement.

Il en a résulté certaines années un décalage entre le contenu de la fiche et le contenu de la base. Il a été convenu qu'une mise à jour **complète** de la base serait réalisée cette année, bien que la version actuelle, disponible depuis février 1992 au **Sénégal n'est** toujours pas conforme aux observations pratiquées, mais cette mise à jour, fastidieuse car nécessitant de reprendre l'ensemble des fiches d'enquêtes originales depuis 1986, **n'est** pas encore totalement achevée. Elle devrait **l'être** au mois d'avril 1992.

La liste des variables contenues dans la base est fournie en annexe (annexe 2), ainsi **qu'un** exemplaire de la fiche **d'enquête** (annexe 3).

Cette **dernière** contient un guide d'utilisation détaillé à **l'usage** des observateurs, qui, recrutés dans les villages suivis afin de faciliter les relations avec les agriculteurs, n'ont en **général qu'une** formation scolaire limitée.

Il est cependant nécessaire de passer **régulièrement** dans chaque village (toutes les cinq à six semaines, voire une fois par mois si l'observateur est **"nouveau"**) pour s'assurer que les observations sont correctement pratiquées. Ces tournées permettent par exemple **d'homogénéiser** entre les sites, les **appréciations** visuelles **d'enherbement** et de dégâts.

II- Evaluation du bilan hydrique et indice hydrique synthétique

Le **modèle** utilisé est celui mis au point par **FOREST** (1980) à la suite des travaux de **FRANQUIN** et **FOREST** (1977), dans sa version **"DHC"** (Diagnostic Hydrique de Campagne) permettant de **réaliser** de nombreuses simulations en série.

Ce **modèle** est de type déterministe fonctionnel et il a **été** vérifié **qu'il** restitue assez fidèlement les termes moyens du bilan hydrique d'une situation à partir des valeurs moyennes pour cette situation des **paramètres** d'entrée (MARCHAND, 1988).

Les paramètres d'entrée sont la pluviométrie journalière, la demande évaporative mesurée au Bac classe A, (Evbac), obtenue à partir de la station agroclimatique la plus proche pour chaque village, la réserve utile du sol sur un **mètre**, la date du semis et les coefficients culturaux pentadaires (**DANCETTE, 1983**), caractérisant les besoins en eau de la culture.

On obtient en sortie, par pentade et pour les principaux stades phénologiques de la culture, l'évapotranspiration réelle ETR, le drainage sous la zone racinaire, l'évapotranspiration **maximale** ETM, et **l'état** du stock hydrique du sol.

La pluviométrie a été mesurée à l'aide de **pluviomètres** répartis dans le territoire villageois de **manière** à ce qu'aucune des parcelles suivies soit distante de plus **d'un kilomètre d'un pluviomètre**.

Les réserves utiles des sols du bassin arachidier sont bien connues et fortement corrélées à leur teneur en **éléments** fins (HAMON, 1980, IMBERNON, 1981). Elles varient de 50 mm par mètre de sol pour les sols les plus sableux, au nord du bassin arachidier (village de Keur Boumi) à 120mm/m pour les sols plus argileux du Sine Saloum et de la **région** de Koungheul (villages de Ndimb Taba, Darou Khoudoss et Keur Lamine). Au centre elles varient entre 70 et 100mm/m selon qu'on se trouve dans un sol dit Dior (sableux) ou Dek (plus argileux). Pour les villages du sud de la région, on a eu recours à la **tarière** pour évaluer la profondeur de sol utilisable par les racines, du fait de la **présence** possible de la cuirasse à moins d'un mètre de la surface.

De nombreuses études ont montré la pertinence des indices de satisfaction des besoins en eau **ETR/ETM** sur l'ensemble du cycle et à la phase de floraison pour l'explication du rendement des céréales pluviales en Afrique de l'Ouest, en milieu contrôlé.

L'indice que nous avons utilisé est l'indice de rendement potentiel, ou **espéré**, IRESP, résultant des travaux de **FOREST** et **LIDON (1984)**, **FOREST** et **REYNIERS (1988)**, **POSS** et al. (1988), **CORTIER** et al.(1988):

IRESP = (ETR/ETM)cycle x (ETR/ETM)phase sensible

où (ETR/ETM)phase sensible est le minimum de (ETR/ETM)floraison et (ETR/ETM)montaison-epiaison.

III- Les résultats obtenus

On a fourni en annexe les principaux rapports et publications concernant le projet ESPACE, **rédigés** par les chercheurs du programme ces dernières années (annexes 4 et 5).

3.1 Qualité des données

Après cinq années d'observations, la base PRODCLIM contient 1114 enregistrements dont 494 concernent la culture de mil. Les 620 enregistrements restant sont répartis comme suit:

Arachide:	488
Maïs:	22
Niebe:	79
Coton:	18
Sorgho:	13

A ce jour, seules les **données** liées au mil ont été étudiées. Des travaux sont en cours pour déterminer un indicateur hydrique adapté à l'arachide.

Parmi les 494 enregistrements existant dans la base pour la culture de mil, 30 ne peuvent faire l'objet d'une simulation du bilan hydrique, dont 22 pour cause d'absence des **données nécessaires** (date de semis, **Réserve** Utile du sol, ou données pluviométriques..), et 8 du fait de ressemis partiels.

On a testé la qualité des 464 enregistrements restant pour les variables **liées** à la mesure du rendement: on a recherché des valeurs aberrantes pour le rendement grain, la surface des placettes, le rapport grain/épis, le rapport de la surface des placettes sur le produit des longueurs des cotés, le rendement en pailles. Ceci conduit à **éliminer** 42 enregistrements suspects.

En outre, la variété "**Souna**" de mil, très peu photosensible et dont le cycle est de 90 jours, domine très largement dans le bassin arachidier **Sénégalais**, et il a paru **préférable** d'éliminer de l'analyse les rares enregistrements concernant d'autres variétés, soit 17 enregistrements.

L'analyse de la relation entre l'indicateur hydrique IRESP et le rendement dans le cas du bassin arachidier Sénégalais est donc réalisable sur un **échantillon** de 405 situations culturelles **résultant** de six années d'observations.

Le tableau ci-dessous résume le processus de tri des **données** pour le mil en fonction de la méthode de suivi employée (sites lourds et sites légers):

Cause du rejet	données aberrantes	simulation impossible	données atypiques	enreg. restant	Total
Site Léger	24 (17%)	6 (4%)	5 (4%)	107(75%)	142
Site Lourd	18 (5%)	16 (5%)	20 (5%)	298(85%)	352
Total	42 (9%)	22 (4%)	25 (5%)	405(82%)	494

(chiffres entre ()=% du total pour le type de site)

Il apparait un taux **élevé** de rejet pour cause de mauvaise qualité des **données** dans le cas des sites légers, ce qui confirme la **difficulté** de suivre correctement un réseau très dispersé de parcelles.

En ce qui concerne les nombreuses variables agronomiques observées qui ne jouent pas de rôle direct dans **l'évaluation** des rendements et de l'indice hydrique, mais qui doivent permettre d'évaluer l'influence des pratiques culturelles sur la valorisation de l'eau, on peut faire les remarques suivantes:

- les données obtenues dans les sites **légers** sont difficilement exploitables. De nombreuses variables n'ont pas été mesurées et celles qui l'ont été présentent de nombreuses valeurs aberrantes:

- dans le cas des sites lourds, la plupart des variables ne **présentent** que peu de valeurs manquantes ou suspectes et leur distribution s'apparente en **général** à une loi Normale ou Log-Normale;

- les variables qui font exception à la remarque qui précède sont listées ci-après:

durée du cycle: très peu variable au Sénégal pour le mil

dates de floraison, maturation, récolte: ces données n'ont manifestement pas été correctement mesurées jusqu'en 1990, et de nombreuses valeurs sont manquantes. Ceci provient d'un manque de formation des observateurs.

espèces adventices dominantes: un gros effort de mise à jour et de traduction des noms vernaculaires relevés par les observateurs en noms scientifiques a été accompli mais n'est pas encore achevé.

type de sol, place de la parcelle dans la toposéquence: la table de saisie de la base oblige à classer la plupart des parcelles du Sénégal pour les sols dans "sableux", et pour le relief dans "peu marqué", ce qui ne permet pas de tenir compte des nuances de texture ni de la sensibilité au ruissellement, qui peuvent avoir une grande influence sur la valorisation de l'eau.

quantité ressemée: cette variable devrait être saisie sous forme de classes et non pas en pourcentage, impossible à estimer avec précision.

variables concernant la fumure minérale: le recours à la fumure est très rare en milieu paysan pour les céréales et on pourrait limiter la description des apports à: dose, date et formule pour deux apports possibles au cours du cycle.

date de démariage: à la suite d'une erreur dans la fiche d'enquête, n'a été mesurée correctement qu'à partir de 91.

profondeur racinaire et date de la mesure: cette observation n'a été que très rarement réalisée car elle est relativement difficile à pratiquer.

type de buttage: le buttage ne se pratique pas sur le mil au Sénégal.

3.2 Relation indice hydrique-rendement pour le mil

La regression linéaire entre IRESP et Rendement grain pour les 405 enregistrements résultant du tri précédent donne:

$$(I) \text{ RDT(kg/ha)} = 994 \cdot \text{IRESP} + 98 \quad (R^2=20.7\% , F=105 \text{ P}<10^{-5})$$

L'examen des résidus (fig.2) montre que leur variance augmente avec l'IRESP, ce qui a été observé dans les autres pays du réseau ESPACE et qui peut être interprété agronomiquement par l'influence grandissante de la fertilité, du contrôle de l'enherbement et d'une manière générale des pratiques agricoles lorsque les conditions d'alimentation hydrique s'améliorent.

La variance des résidus étant en gros proportionnelle au carré de l'indice IRESP, on peut espérer obtenir une estimation sans biais du rendement obtenu dans des conditions "moyennes" des pratiques agricoles et du niveau de fertilité en fonction de l'IRESP, en pondérant les données par $1/\text{IRESP}^2$:

$$(II) \text{ Rdt(kg/ha)} = 1214 \cdot \text{IIRESP} - 19 \quad (R^2=0.6 \text{ F} = 616 \text{ P}<10^{-5})$$

Fig.2

Repartition des residus de la regression
1RESP/ Rendement du mil (toute la base)

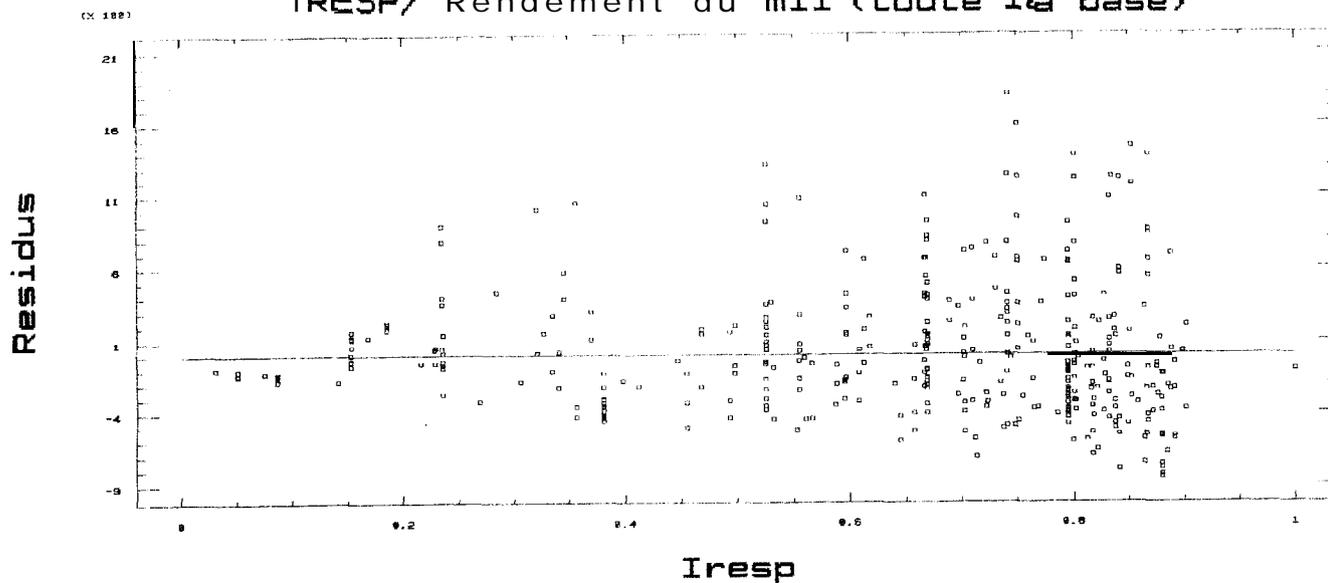


Fig.3

Repartition des residus avec ponderation
(1/IRESP^2)

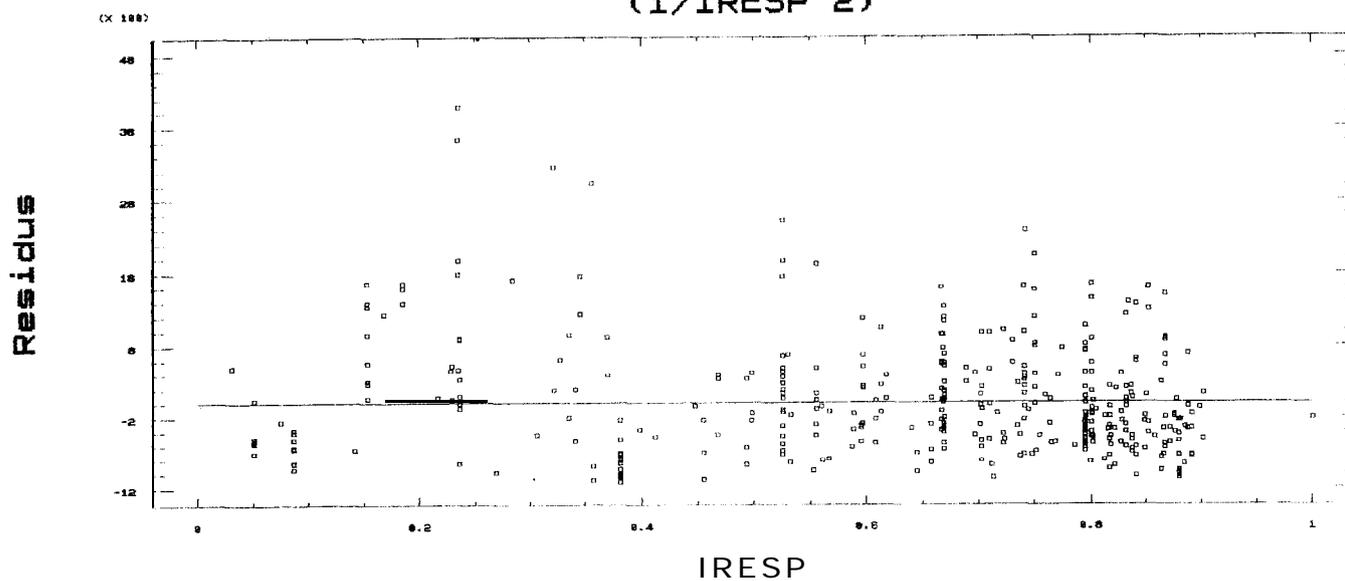
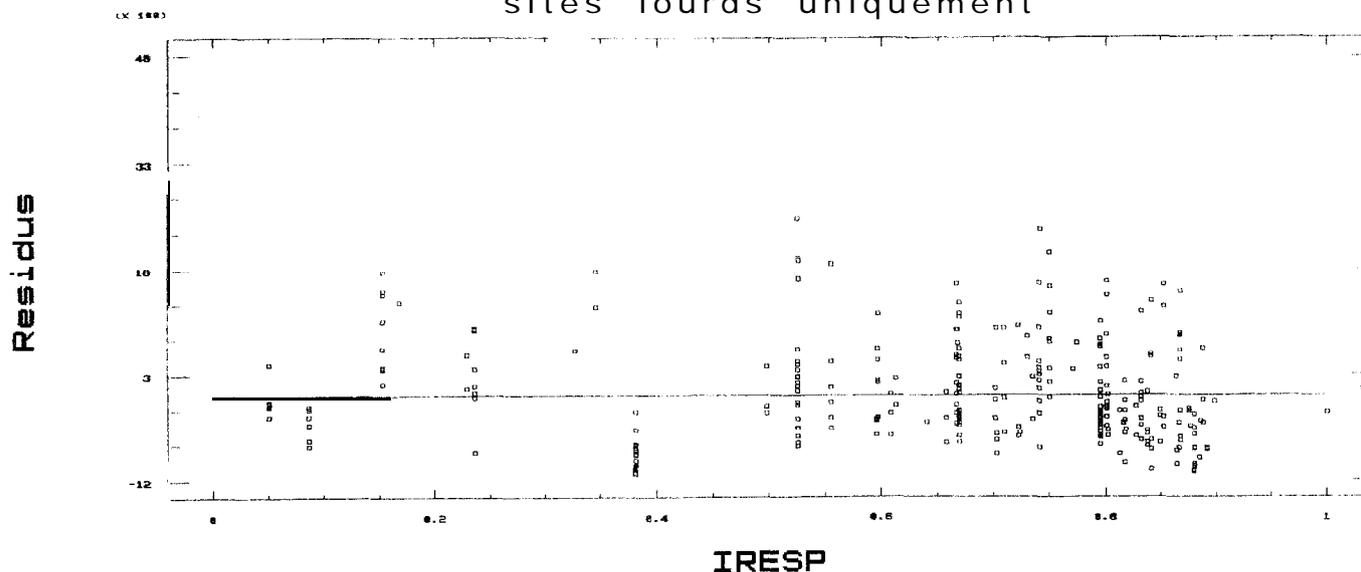


Fig.4

Repartition des residus avec ponderation
sites lourds uniquement



La distribution des résidus est nettement améliorée (fig.3), mais les résultats sont encore meilleurs lorsqu'on ne considère que les résultats des sites lourds (fig.4):

$$(III) \quad \text{Rdt}(\text{kg/ha}) = 1266 \cdot \text{IRESP} - 42 \quad (R^2=0.67 \quad F=603 \quad P<10^{-5})$$

La régression obtenue en ne considérant que les données provenant des sites légers est quant à elle très médiocre.

Les meilleurs résultats sont obtenus lorsqu'on élimine toutes les parcelles ayant subi plus de 20% de dégâts dus aux insectes, oiseaux ou maladies (l'échantillon est alors réduit à 238 observations):

$$(IV) \quad \text{Rdt} (\text{Kg/ha}) = 1406 \cdot \text{IRESP} - 47 \quad (R^2=0.74 \quad F=665 \quad P<10^{-5})$$

Enfin on a testé l'influence de la fertilisation (organique et/ou minérale) sur la relation Iresp-rendement:

$$(V) \quad \text{Avec fumure (119 obs.): Rdt} = 1684 \cdot \text{IRESP} - 77 \quad (R^2=0.81 \quad F=506)$$

$$(VI) \quad \text{Sans fumure (119 obs.): Rdt} = 1038 \cdot \text{IRESP} + 33 \quad (R^2=0.63 \quad F=199)$$

Une étude détaillée de l'influence des pratiques culturales sur la valorisation de l'eau par les cultures a été réalisée à partir des données de 1990 et est fournie en annexe (communication de F.AFFHOLDER, séminaire de Bamako, 1991). L'étude de l'influence du site sur la relation iresp rendement ne nous paraît pas encore possible, la variabilité de l'indice IRESP dans chaque site étant trop faible dans l'échantillon actuel du fait de la variabilité faible des dates de semis chaque année dans un site donné.

L'ensemble de ces résultats confirme la grande influence des facteurs hydriques dans la productivité du mil au Sénégal, la pertinence de l'indicateur hydrique IRESP, et la qualité des observations de terrain, la difficulté résidant maintenant dans l'analyse des conditions d'extrapolation des relations obtenues.

3.3 Estimation précoce des rendements

En faisant l'hypothèse que la relation entre l'indice hydrique et le rendement ne dépend ni du site ni de l'année, et compte tenu des propriétés du modèle de bilan hydrique décrites par MARCHAND (1984) (restitution des valeurs moyennes du bilan par une simulation à partir des valeurs moyennes des paramètres d'entrée), on peut proposer des extrapolations du rendement du mil à l'aide de la relation (IV). Les résultats obtenus peuvent être considérés comme le rendement moyen d'un terroir caractérisé par le spectre de pluie et de demande évaporative, la réserve utile moyenne et la date de semis fournis en entrée pour un mil souba de 90 jours n'ayant pas rencontré de problèmes phytosanitaires au cours de son cycle.

Avec ces réserves, et à condition de disposer en temps utile:

- des données pluviométriques de l'ensemble du réseau principal et d'une **partie** du réseau secondaire (Direction de l'Agriculture) pour compléter les régions où le maillage principal est plus lâche;

- des dates de **semis** et, pour le Nord du bassin où les semis sont réalisés en sec avant les premières pluies, des dates de levée associées à chaque poste pluviométrique;

- de la **réserve** utile moyenne du sol associée à chaque poste pluviométrique;

- des évapotranspirations potentielles décadaire de l'année pour chaque poste ou, **à défaut**, des valeurs moyennes compte tenu de la faible variabilité interannuelle de ce facteur;

on peut établir dès que le mil a terminé son cycle sur l'ensemble du bassin arachidier, soit en **général** vers le 15 octobre, une carte du rendement estimée (fig.5).

IV-Relations du projet avec le service des Statistiques Agricoles et faisabilité du transfert.

4.1 Historique des relations entre le programme Agroclimatologie de l'ISRA et la Direction de l'Agriculture

La Direction de l'Agriculture et plus particulièrement sa Division des Statistiques Agricoles, qui a la charge du projet DIAPER, a manifesté très tôt son **intérêt** pour les travaux menés à l'ISRA dans le cadre du projet ESPACE visant à mettre au point une méthode d'estimation des rendements des **céréales** pluviales.

Les premiers contacts ont **été** établis grâce à la participation depuis la fin des années 80, des chercheurs du 'programme aux séminaires de préparation du suivi de la campagne agricole organisés pour les inspecteurs de l'agriculture. A ces séminaires, les méthodes d'évaluation des conditions d'alimentation hydrique des cultures, basées sur la simulation du bilan hydrique ont **été présentées**. En retour, l'ISRA a pu étendre la collecte des **données** pluviométriques à l'ensemble du **réseau** de la Direction de l'Agriculture.

Par la suite, dès le **démarrage** du projet ESPACE, en 1986, le programme Agroclimatologie a participé aux réunions mensuelles de suivi de l'hivernage à la Direction de l'Agriculture, et y a **présenté** les **résultats** de simulation du bilan hydrique, permettant de **repérer** d'une part, tout au long de l'hivernage, les régions subissant des sécheresses dommageables aux cultures, et d'autre part, vers la fin du mois de septembre de proposer une estimation des rendements du mil, chaque **année** plus précise grâce à l'enrichissement progressif du **référentiel** de terrain.

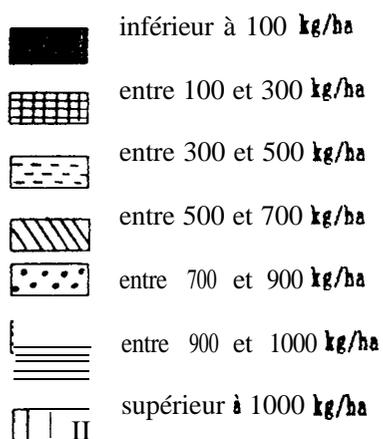
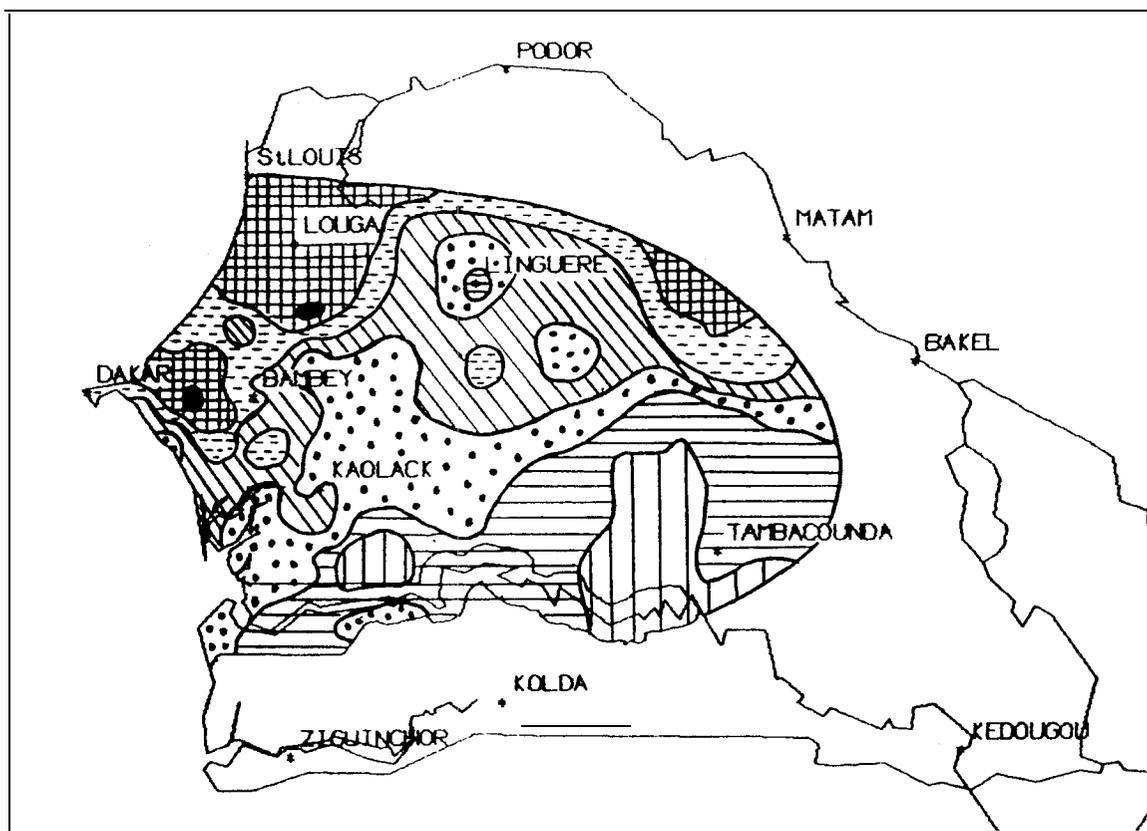
ISRA - AGROCLIMATOLOGIE

(M. DIAGNE, P. BOUMARD, F. AFFHOLDER)

Fig.5

RENDEMENT ESTIME du MIL 90 jours (Kg/ha)
- HIVERNAGE 1991 -

CAS DE L'AGRICULTURE PUVIALE TRADITIONNELLE
EN L'ABSENCE DE DEGATS D'INSECTES
DE MALADIES CRYPTOGAMIQUES



En 1989, en vue d'une expérience de transfert de la **méthodologie** ESPACE, un agent de la Division des Statistiques Agricoles (DiSA) a effectué un stage au programme Agroclimatologie de l'ISRA afin de se former aux méthodes d'analyse de la pluviométrie et de caractérisation de l'alimentation hydrique des cultures. Cet agent a malheureusement été affecté par la suite dans un autre service.

Enfin en 1991, un test **d'applicabilité** de la méthode a été pratiqué conjointement avec la Direction de l'Agriculture et l'ONG "World Vision" dans la **région** de Louga, **caractérisée** par une très forte variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie.

Ces contacts réguliers et ces premières expériences ont montré la volonté de la Direction de l'Agriculture de disposer d'estimations fiables et **précoces** des rendements des **céréales** pluviales, et celle de l'ISRA de valoriser ses importants acquis dans ce domaine.

4.2 Produits transférables

L'état actuel des recherches, le **réseau** de mesures des **données** climatiques existant au **Sénégal**, et la relativement faible variabilité, dans le bassin arachidier **Sénégalais** de certains **paramètres** nécessaires à la simulation du bilan hydrique (**durée** du cycle, type de sol), permettent de considérer comme opérationnelles, pour le bassin arachidier, les **méthodologies**:

- de simulation du bilan hydrique permettant de repérer au début de l'hivernage les zones **à démarrage** tardif **et/ou** à levée difficile, où des problèmes de soudure risquent d'apparaître, et **à** la floraison les zones **à déficit** hydrique important, où la production finale risque d'être réduite;

- d'estimation en fin de cycle du rendement potentiel du mil pluvial **à** partir des termes du bilan hydriques obtenus par la **méthode précédente**;

- de calcul d'une fourchette de rendements potentiels du mil **à** partir de la floraison, convergeant **à** la fin du cycle vers l'estimation finale, grâce aux méthodes **précédentes** appliquées **à** des scénarios théoriques de fin d'hivernage construits **à** partir d'analyses fréquentielles de séries historiques de pluies;

- d'analyse de la **variabilité** du rendement en milieu paysan et de ses facteurs grâce aux sites lourds et **à** la base de **données** PRODCLIM, permettant de raisonner l'échantillonnage en matière **d'évaluation** des rendements agricoles.

De récents contacts avec le responsable de la Division des Statistiques Agricoles, également directeur national du projet DIAPER, confirment que l'ensemble de ces produits correspondent aux besoins de cette structure.

4.3 Modalités de transfert

La Division des Statistiques Agricoles a émis le souhait que l'utilisation des produits ESPACE soit **réalisée** de manière décentralisée, en les mettant à la disposition des inspecteurs régionaux qui seraient ainsi en mesure d'effectuer eux-même le suivi agroclimatique de l'hivernage pour leur région.

Cependant, cela entraînerait pour les agroclimatologistes de l'**ISRA** une charge de formation et de suivi **très** importante, et si un tel dispositif est effectivement souhaitable à terme, il paraît plus réaliste, dans un premier temps de limiter le transfert des principaux produits (outils de suivi agroclimatique) à la Direction Nationale basée à Dakar.

L'agent de la **DiSA** chargé de mettre en oeuvre ces **méthodes** a **déjà été** identifié et doit faire courant avril 92 un premier stage de 15 jours au service Agroclimatologie du CNRA de Bambey pour assimiler la méthode et le maniement des principaux logiciels utilisés.

Le principal **problème** à résoudre concerne la transmission des données pluviométriques à la **DiSA** en un temps suffisamment court. La Direction de l'Agriculture dispose de son propre réseau de mesure de la pluviométrie, mais la collecte et la transmission des données sont très lentes, et le **système** n'est **pas** parfaitement fiable. En ce qui concerne le **réseau** de stations de l'**ISRA**, les conditions de transmission des données, relativement correctes jusqu'à ces dernières **années**, sont en train de se **détériorer** faute de moyens.

Il paraît donc indispensable, en préalable à toute opération de transfert, d'équiper la **DiSA**, l'**ISRA-Agroclimatologie**, et les inspections régionales de l'agriculture, servant de relais pour la transmission des données, de moyens de communication efficaces (**Téléphone**, Fax).

Un effort devra également être fait pour qu'a la collecte des données pluviométriques soit associée la collecte des informations sur les semis et la levée des cultures, qui sont des **données** de base de la simulation du bilan hydrique et qui ne sont que partiellement déductibles des conditions climatiques.

Enfin il a été convenu avec le Responsable de la **DiSA**, qu'une expérience de comparaison des méthodes d'échantillonnage ESPACE (Sites Lourds) et **DiSA** serait menée **au** cours de la saison des pluies 1992 dans la **région** de Louga. Un village-échantillon supplémentaire de la **DiSA** sera implanté dans le site lourd de Keur-Boumi, proche de Louga, et un site lourd supplémentaire sera implanté dans un des **villages-échantillons** du tirage de la **DiSA** sur la région (on choisira le village-échantillon le plus proche de Keur-Boumi pour réduire les déplacements).

CONCLUSION

Cinq années d'observation du rendement du mil et des conditions d'obtention de ces rendements en milieu paysan, ainsi que les nombreux travaux **réalisés** depuis dix ans sur la **modélisation** de l'alimentation hydrique des cultures ont permis de proposer, au **Sénégal** comme dans les autres pays Sahéliens associés au projet ESPACE, une **méthode** d'estimation des rendements du mil simple, peu **couteuse** et **précoce**, à partir de données climatiques.

On peut considérer que le transfert de ces premiers produits de la recherche en la **matière** entre maintenant dans une phase **décisive**, pour laquelle des moyens spécifiques doivent être identifiés mais qui demandera aussi et surtout de la part des chercheurs comme de celle des utilisateurs finaux, un effort particulier d'adaptation des uns aux méthodes des autres. Il est permis d'être optimiste en ce qui concerne ce dernier point compte tenu de la **volonté** affichée par les deux parties pour réussir ce transfert.

Enfin les recherches sont à poursuivre afin:

- de permettre des extrapolations plus précises à partir des relations obtenues (analyse des facteurs **ayant** une influence sur les paramètres de la relation iresp-rendement et stratification du milieu selon ces facteurs);

- d'obtenir des résultats **équivalents** pour d'autres cultures et en particulier l'arachide;

- de permettre un couplage avec les **méthodes** satellitaires d'obtention des champs pluviométriques, des surfaces cultivées et de la production de biomasse.

BIBLIOGRAPHIE

ANGE A., BRUYERE, V. 1986. Analyse de la gestion de l'espace par une communauté villageoise! au sud Sine Saloum **Sénégal**. Dossier préparé avec le concours du laboratoire de géographie rurale de l'université Paul Valéry Montpellier, Novembre 1986 **DSP/86/N° 31**. 47 p.

ANGE A., FONTANEL, P. 1987. La contrainte enherbement et sa gestion dans le sud **Saloum** au Sénégal. Une analyse connexe de l'organisation du travail et de ses résultats agronomiques. **Séminaire MESRU/CIRAD**, Septembre 1987. 15 p.

BOULIER F., JOUVE, Ph. 1990. Evolution des systèmes de production sahéliens et leur adaptation à la sécheresse. **R3S-CORAF-CILSS-CIRAD**, Février 1990. 135 p.

CORTIER B., POCTHIER, G., IMBERNON, J. 1988. Le maïs au **Sénégal**: effets des techniques culturales et des conditions hydriques en culture pluviale. *Agr. Trop.* 1988, 43-2 pp. 85-90.

FOREST F., LIDON B., 1982. Influence of the rainfall pattern on fluctuations in an intensified sorghum Crop Yield. Research and Development Division, IRAT, Paris, France. pp. 261-273.

GARIN P., 1988. **Itinéraires** techniques et rendement de l'arachide à Sob, village du Sine en 1987. DRSAER/ISRA - CIRAD/DSA Montpellier. **DSA 1989/17** 30 p. Annexes et grap.

GARIN P., 1989. Eléments d'analyse de la gestion des moyens de production au sein d'une communauté villageoise du Sine-Saloum. Le cas de Ndimb Taba. Document de travail, **CIRAD/DSA** Montpellier **ISRA/SCS**. Kaolack. 51 p. + annexes et grap.

GARIN P., FAYE A., LERICOLLAIS A., SISSOKHO M., 1990. Evolution du rôle du bétail dans la gestion de la fertilité des terroirs **séreer** au SENEGAL. Les cahiers de la Recherche Développement n° 26 - Juin 1990. Dossier n° 2 : Gestion des terroirs. pp. 65-84.

IMBERNON J., 1981. Variabilité spatiale des **caractéristiques** hydrodynamiques d'un sol du Sénégal. Application au calcul d'un bilan sous culture. **Thèse** de doctorat 3ème cycle **présenté à l'Université** Scientifique et **médicale** et l'INP de GRENOBLE, soutenu le 27 Avril 1981. 152 p. + annexes et grap.

MARCHAND D., 1988. **Modélisation** fonctionnelle du bilan hydrique sur sol cultivé : approche déterministe ou stochastique. **Thèse** doctorat soutenu à l'**Université** Joseph FOURIER - GRENOBLE 1, Spécialité : MECANIQUE. INP/GRENOBLE, 246 p.

REYNIERS F.N, **FOREST F.**, 1988. Améliorer l'alimentation hydrique et son efficacité en agriculture pluviale en Afrique au Sud du Sahara. Séminaire ILRI/CTA du 25 au 29 Avril 1988 à HARARE, **CIRAD/IRAT**, 25 p. + annexes.

ANNEXE 1

SUIVI "LEGER" 1986-1988

DISPOSITIF

ESPACE 1986
 DOMAINES GEOGRAPHIQUES

fichier correspondant: ESP1986.DOC

REGION	***	LAT	LDN	N°	VILLAGE	SITE EVBA	PROVINCETPE	N° PARCELLE en MIL
BAMBEY	BAMBEY	14.46N	-16.42D	1	NGODIANE	THIES	NGOTHE	1 0
		14.48N	-16.57D	2	LEONA NIANG	THIES	THIES	1 0
		15.02N	-16.15D	3	BOUYEMANAR	BAMBEY	THILMAKHA	1 0
		14.57N	-16.49D	4	MBOUJENE	THILMAKHA	TIVAOUANE	1 2
		15.07N	-16.39D	5	YHEWAL	THILMAKHA	TIVAOUANE	3 4
	BAMBEY	14.39N	-15.44D	6	BANGARI SAMBA	BOSSAS	COLEANE	1 0
		14.46N	-15.54D	7	SAM THIALE	BOSSAS	BAMTHIALE	1 0
		14.41N	-16.31D	8	SINDIANE	BAMBEY	BAMBEY	1
		14.32N	-16.08D	9	NDIEREL	BOSSAS	BOSSAS	1
		14.43N	-16.32D	10	NGOTHE	BAMBEY	NGOTHE	1
DIOURBEL	BAMBEY	14.39N	-16.14D	11	DOMS	DIOURBEL	DIOURBEL	7
		14.57N	-16.29D	12	SANSAM	DIOURBEL	NDINDY	1
FOUNDIQBUNE	FOUNDIQBUNE	14.20N	-16.24D	13	MBANE	FATICK	FATICK	0
		14.31N	-16.23D	14	MBOUOSNE	FATICK	KAJAHAR	0 0
KADLACK	KAFFRINE	14.17N	-15.32D	15	THIONE	KAFFRINE	FOULEL	1 0
		14.06N	-15.33D	16	KAYI	KAFFRINE	KAFFRINE	2 0
LINGUIERE	LINGUIERE	15.20N	-15.29D	17	PAMFI	BAHRA	BAHRA	3 4
		15.23N	-15.07D	18	NGOITHE	LINGUIERE	LINGUIERE	5
		15.13N	-15.34D	19	MBACKE DJOLOF	BAHRA	BAHRA	1 0
		14.58N	-15.47D	20	KAD NGIAYENE	DIOURBEL	KANDIAYENE	0 0
" 264	"	15.31N	-16.00D	21	DJIADIBOBE	LOUSA	LOUSA	3
		15.02N	-16.02D	22	MREGLERE	DIOURBEL	KANDIAYENE	1
		15.22N	-16.27D	23	TEUS NDOGUI	LOUSA	YEBEMER	1
		15.37N	-16.13D	24	ADAM KEUR KOPOU	LOUSA	LOUSA	3 4
		15.17N	-16.11D	25	YEROU BAROU	LOUSA	YEBEMER	1 2
M. BOU	BAMBEY	14.25N	-16.42D	26	NDIOGMONE	M'BOUF	NIABAGNAD	2
		14.33N	-16.43D	27	NIABAGNAD	M'BOUF	NIABAGNAD	1 0

Fichier correspondant : ESP1987.DOC

REGION	SITE	LAT	LON	N°	VILLAGE	SITE ENPAC	PLUVIOMETRE	N° PARCELLE			
								en	MIL		
								179	180		
BAMBEY	THIES	14°46N	-16°42O	1	NGODIANE	THIES	NGOTHIE	110			
		15°02N	-16°15O	2	THILMAKHA	BAMBEY	THILMAKHA	70			
		14°57N	-16°49O	3	MBODDIENE	THILMAKHA	TIVADUANE	79	80		
		15°07N	-16°39O	4	KHEWAL	THILMAKHA	TIVADUANE	76	77		
		14°41N	-16°52O	5	TATENE MBANBARA	THIES	NOTTO	85	86		
		BAMBEY	14°57N	-16°29O	6	BABA BARAGE	BAMBEY	BABA-BARAGE	73		
			14°39N	-15°44O	7	SANGARI SAMBA	GOSSAS	COLOBANE	93	94	
			14°16N	-15°57O	8	KEUR MADIENG	KADLACK	KEURMADIENG	100		
				14°46N	-15°54O	9	SAN THIALE	GOSSAS	SAMTHIALE	62	63
				14°41N	-16°31O	10	SINDJIANE	BAMBEY	SINDJIANE	53	
			14°32N	-16°08O	11	NDIEBEL	GOSSAS	NDIEBEL	89	92	
			14°43N	-16°32O	12	NGOTHIE	BAMBEY	NGOTHIE	157		
	DIOURBEL	BAMBEY	14°39N	-16°14O	13	DONS	DIOURBEL	DIOURBEL	57	59	
14°54N			-16°12O	14	NDINDY	DIOURBEL	NDINDY	65	67		
FOUNDIOUSNE	FOUNDIOUSNE	14°20N	-16°24O	15	KHANDIOU	FATICK	FATICK	101			
		14°31N	-16°23O	16	MBOLTOSNE	FATICK	NIAGHAS	103			
		° N	- ° O	17	NIORO ALASSANE	FATICK	NIORFALLA	5	8		
KADLACK	KAFFRINE	14°08N	-15°45O	18	DIANAL	KADLACK	BIRKILANE	20	21		
		14°17N	-15°32O	19	BOULEL	KAFFRINE	BOULEL	50			
		14°06N	-15°33O	20	NGAGNE	KAFFRINE	KAFFRINE	27			
		13°55N	-14°50O	21	DAROU MOLOF	KAFFRINE	KOUNGHEUL	41			
		13°56N	-14°50O	22	NDIOUME NGUENTE	KAFFRINE	KOUNGHEUL	49			
		14°05N	-15°18O	23	KALEME HODAR	KAFFRINE	MALEMEHODDAR	35	76		
		13°56N	-15°40O	24	MARO	NIORO	MARO	22	23		
		13°50N	-15°22O	25	HAMBALAYE	NIORO	NGANDA	29			
		14°17N	-14°56O	26	GUENTHE PATHE	KAFFRINE		47			
		NIORO	13°55N	-15°56O	27	KEUR BAKA	NIORO	NGOFFANE	13	14	
13°47N	-15°48O		28	KEUR DJERY	NIORO	PADENOTO	1	4			
° N	- ° O		29	NDRAME ESCALE	NIORO	NDRAMESCALE	9	10			
13°31A	-15°34O		30	NGAYENE SABAKHE	NIORO		151	152 156			
KOLDA	KOLDA	° N	- ° O	31	TABAWAL ABDU	KOLDA	TABAWALABDOU				
		° N	- ° O	32	NGOUDOUROU	KOLDA	NGOUDOUROU	162			
LINGUERE	LINGUERE	15°20N	-15°29O	33	PAMPI	DAHRA	DAHRA	140			
		14°50N	-15°18O	34	BASSANE	DAHRA	BASSANE	105			
		15°23N	-15°07O	35	NGUITHE	LINGUERE	LINGUERE	133			
		15°13N	-15°34O	36	MBACXE DJOLOF	DAHRA	SABATADJLOF	145			
		15°11N	-14°39O	37	DOLI	LINGUERE	DOLI	139			
		14°58N	-15°49O	38	KAD NDIAYENE	DIOURBEL	KADNDIAYENE	149			
		15°31N	-16°00O	39	DJIADIORDE	LOUGA	CGKIJ	123			
LOUGA	LOUGA	15°02N	-16°02O	40	MBEUERE	DIOURBEL	DAROUMOUSTY	129	130		
		15°22N	-16°27O	41	TEUG NDOGHI	LOUGA	KEBEMER	116			
		15°37N	-16°13O	42	NDAME LO	LOUGA	LOUGA	115			
		15°17N	-16°11O	43	YEROU BABOU	LOUGA		119			
		15°41N	-16°02O	44	BOUYE MBEUTH	LOUGA	NGUEUR-MALAL	122			
		14°25N	-16°42O	45	NDIOMONE	K'BOUR	THIADAYE	105			
TAMBACOUNDA	TAMBACOUNDA	14°31N	-17°00O	46	MBUEKOKH	M'BOUR	NGUEYDAP	107			
		° N	- ° O	47	KAYAN KOUSSAN	TAMBACOUNDA	KAYAN-KOUSSAN	185			
		° N	- ° O	48	MEDINA BADUSSOU	TAMBACOUNDA	MEDINA BADUSSOU				
VELINGARA	VELINGARA	° N	- ° O	49	DIALAKHA	VELINGARA	DIALAKHA	175			
		° N	- ° O	50	SARE BOUVANA						

ESPACE
DOMAINE

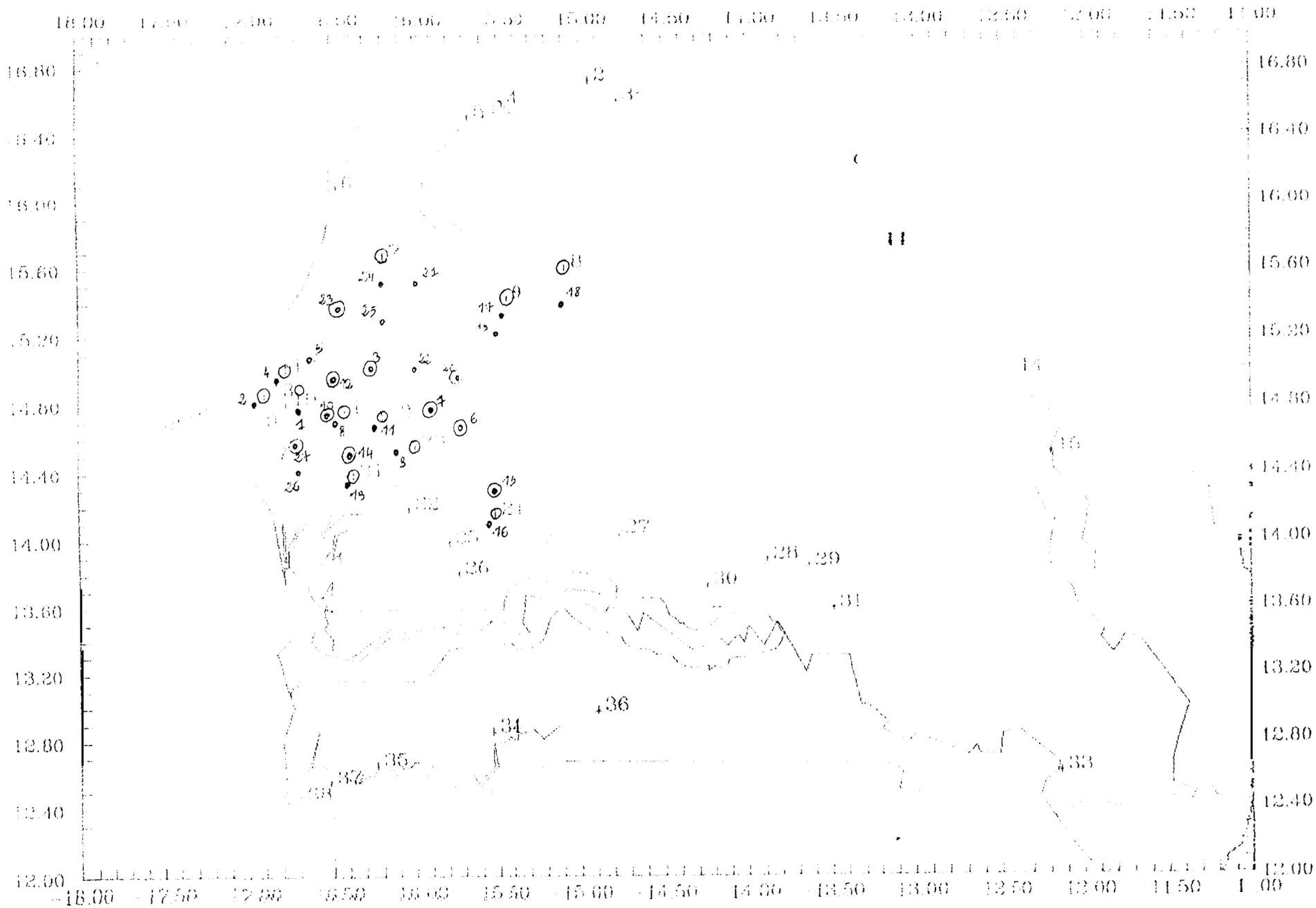
fictif

000

REGION	SITE	LAT	CON	N°	VILLAGE	SITE EVEAC	PLUVIOMETRE	N° PARCELLE en M ²		
BAMBEY	THIEB	14°46N	-16°42O	1	NEODIANE	THIEB	NOTTO			
		15°02N	-16°15O	2	THILNAKHA	BAMBEY	NDINDY	79		
		15°07N	-16°39O	3	KHEWAL	THILNAKHA	TIVAOUANE	87	84	
		14°41N	-16°52O	4	TATENE MBAMBARA	BAMBEY	NOTTO	67		
	BAMBEY	14°41N	-16°31O	5	SINDIANE	BAMBEY	SINDIANE	56		
		14°43N	-16°32O	6	NGOTHE	BAMBEY	SINDIANE			
DIOURBEL	BAMBEY	14°39N	-16°14O	7	DOMB	DIOURBEL	DIOURBEL	61		
		14°54N	-16°12O	8	NDINDY	DIOURBEL	NDINDY	60	66	
FOUNE LOUBNE	FOUNDILOUBNE	14°20N	-16°24O	9	KHANDIOU	FATICK	FATICK	46		
		14°31N	-16°23O	10	MOLTOBNE	FATICK	NIAKHAR	51		
		' N	' O	11	NIROU ALASSANE	FATICK		16		
KADLACY	KAFFRINE	14°08N	-15°45O	12	DIAMAL	KADLACY	BIAKILANE	07	07	
		14°17N	-15°32O	13	BOULEL	KAFFRINE	KAFFRINE	01		
		14°04N	-15°33O	14	NGAGNE	KAFFRINE	KAFFRINE	28		
		13°58N	-14°50O	15	DARGU NGOLF	KAFFRINE	KOUNGHEUL	37		
		14°05N	-15°18O	16	MALEME HODAR	KAFFRINE	MALEMEHODAR	52		
		13°56N	-15°40O	17	MARO	NIROU	MARO	47		
		13°50N	-15°23O	18	HAMDALAYE	NIROU	NGANDA	40		
		14°17N	-14°56O	19	GUENTHE FATHE	KAFFRINE	GUENTHEFATHE	37		
		NIROU	13°55N	-15°56O	20	KEUR BAKA	NIROU	NDOFFANE	11	11
			13°47N	-15°48O	21	KEUR DIERY	NIROU	PAOSKOTO	6	6
			' N	' O	22	NDRAME ESCALE	NIROU	NDRAMESCALE	20	
			13°31N	-15°34O	23	NGAYENE SAFAYHE	NIROU	NGAYENE SAFAYHE	0	
		LINGUERE	LINGUERE	15°20N	-15°29O	24	PAMFI	DAHRA	DAHRA	121
15°13N	-15°34O			25	MBACKE DJOLDF	DAHRA	SABATAADJOLD	110	108	
LOUBA	LOUBA	14°58N	-15°47O	26	KAD NDIAYENE	DIOURBEL	KADNDIAYENE	121		
		15°31N	-16°00O	27	DJIADJORDE	LOUBA	ODKI	96		
		15°02N	-16°02O	28	MREGUERE	DIOURBEL	DARGUMUSTY	109		
		15°22N	-16°27O	29	TEUB NDOGDI	LOUBA	KEBERER	102		
		15°37N	-16°13O	30	NDANE LO	LOUBA	NGUEUR-MALA	94		
		15°17N	-16°11O	31	YEROU BABO	LOUBA	ODKI	106		
M BOUR	BAMBEY	15°41N	-16°02O	32	GDUYE MBEUTH	LOUBA	NGUEUR-MALAL	91		
		14°25N	-16°42O	33	NDIOSHONE	M BOUR	THIADIAYE	97		
		14°31N	-17°00O	34	NGUEKORH	M BOUR	NGUEUKORH	6		

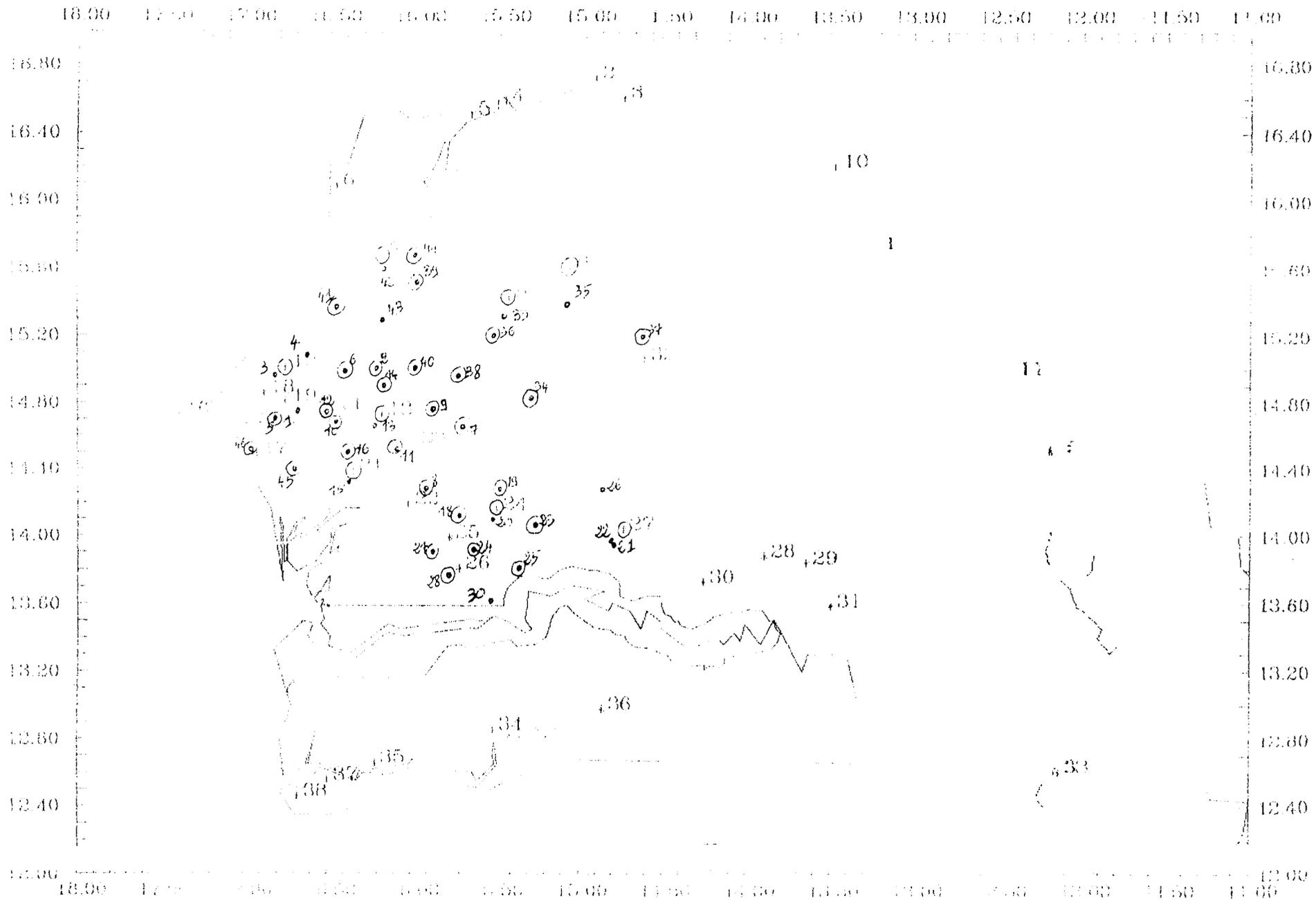
1986

* SITE EVBAC
O FLUID



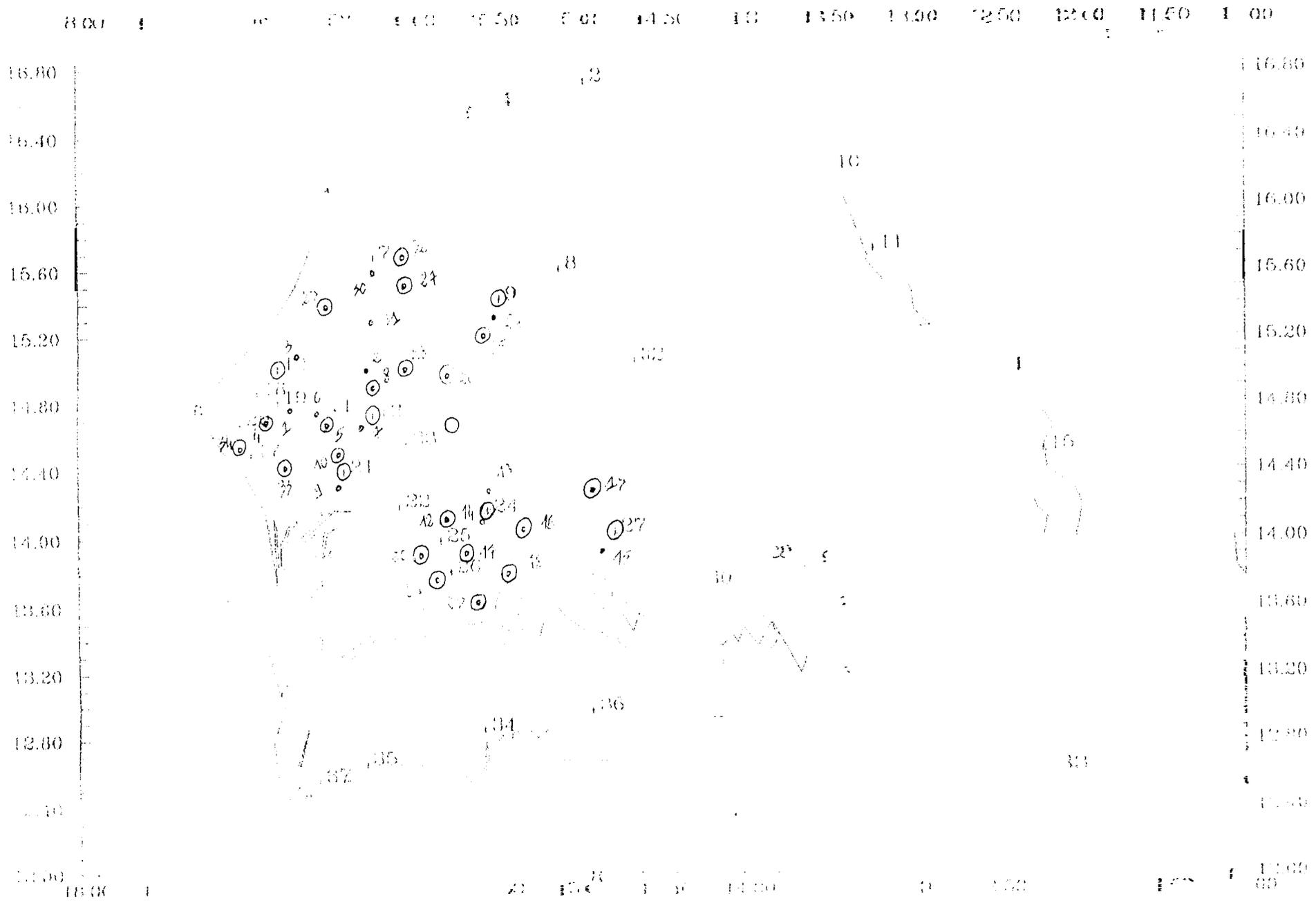
1987

7th FIVE
* SITE FVBAO
O FLUVIDOMETRE



1988

- ZUC LYNAL
- * SITE 23 P/W
- 12.1.1988



ANNEXE 2

LISTE DES VARIABLES DE LA BASE DE DONNEES PRODCLIM

(D'après C.Baron, Base de données Prodclim, Séminaire ESPACE
5-8 Mars 1991 Cap Vert)

* Chaque enregistrement doit théoriquement correspondre à 1 parcelle pour laquelle 77 informations sont observées ou calculées. Ces informations sont de trois types ;

- 16 de type DATE (ex. date de semis),
- 25 de type CARACTERE (ex. variété),
- 36 de type NUMERIQUE (ex. rendement).

* Par la suite nous avons regroupé pour des questions de présentation ces 77 paramètres en huit groupes.

1/ Les paramètres généraux au nombre de 6:

- . L'espèce
- . Le type de production
- . La variété
- . Le précédent **cultural**
- . La durée du cycle
- . Le type de sol

2/ Les paramètres de techniques culturales au nombre de 7::

- . La préparation du sol
 - . Le type de sarclage pour cinq sarclages
 - . Le type de buttage

3/ Les paramètres d'enherbement au nombre de 4:

- . Les trois espèces dominantes
- . L'enherbement à 60 jours

4/ Les paramètres de fumure au nombre de 11

- . Le type de fumure organique
- . La quantité de fumure organique
- . La surface recevant la fumure minérale
- . La **présence** de fumure les deux années **précédant** la culture
- . La formule de l'engrais utilise pour trois apports
- . La dose d'engrais pour ces trois apports

5/ Les paramètres d'états de la culture au nombre de 2

- . La cause des dégâts
- . Le degré d'attaque

6/ Les paramètres d'élaboration du rendement au nombre de 17:

- . Le rendement grain
 - . Le rendement paille
 - . La surface **prélevée**
 - . La longueur des lignes
 - . Le nombre de lignes
 - . L'écartement entre les lignes
 - . **L'écartement** interligne
 - . **L'écartement** des lignes **prélevées**
-

- . Le poids des grains
- , Le poids total des grains
- . Le poids des gousses
- . Le nombre de grains
- . Le nombre de **poquets**
- . Le nombre de tiges
- . Le rendement **épi/grain**
- . Le poids des épis
- . La profondeur racinaire à 40 jours

7/ Les paramètres du bilan hydrique au nombre de 7:

- . La **réserve** utile du sol
- . L'ETM de la culture sur le cycle
- . L'ETR de la culture sur le cycle
- . Le ratio **ETR/ETM** sur le cycle
- . Le ratio **ETR/ETM** lors de la phase d'installation de la culture
- . Le ratio **ETR/ETM** lors de la phase de reproduction de la culture
- . Le drainage en **début** de cycle

8/ Les dates au nombre de 17

- . La date de semis
- , La date de floraison
- . La date de **démariage**
- . La date de maturation
- . La date de ressemis
- . La quantité **ressemée**
- . La date d'observation des **dégâts**
- . La date de notation de l'enherbement
- . La date de mesure de la profondeur racinaire
- . Les cinq dates de sarclage
- . Les trois dates d'épandage d'engrais

ANNEXE 3

FICHE D'ENQUETE SENEGAL 1991

ESPACE

**EVALUATION ET SUIVI
DE LA PRODUCTION AGRICOLE
EN FONCTION DU CLIMAT
ET DE L'ENVIRONNEMENT**

Enquête hivernage 1991

Nom de l'observateur

Nousstrucka Dan

Terroir

Baru, Aboukess

Culture

: MIL

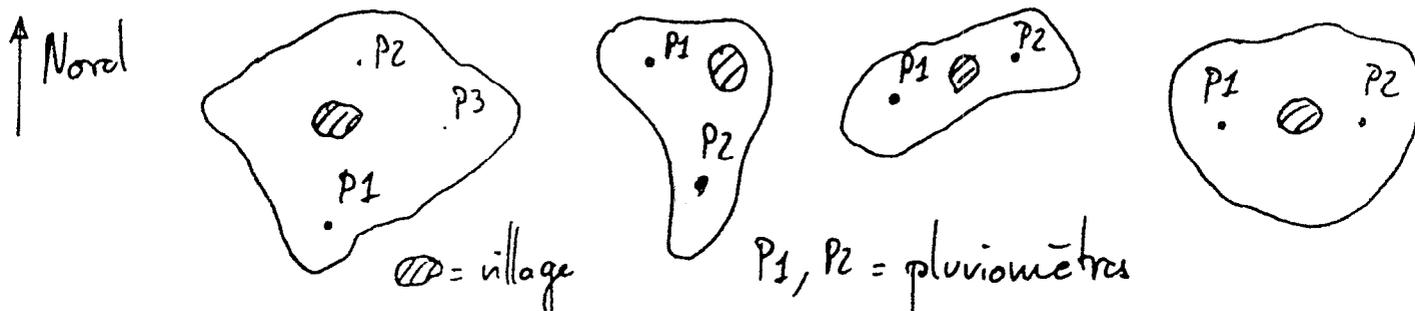
GUIDE POUR L'UTILISATION DU CAHIER D'ENQUETE ESPACE
CAMPAGNE 1991

1 La Pluviometrie

1.1 Installation des pluviometres

Choisir un emplacement dégagé (pas d'arbre ni de case à moins de 20 m). Les pluviomètres sont à poser sur un piquet de support. La hauteur entre le sol et le haut du pluviometre doit etre de 1m50. Le pluviometre doit être installé bien droit et le piquet enfoncé profondément dans le sol pour **éviter** que le vent le penche. Penser à le redresser par la suite si nécessaire

Les pluviometres doivent etre représentatifs d'un ensemble de parcelles. Les dessins ci-dessous donnent des exemples d'emplacement des pluviomètres en fonction de la forme approximative du terroir.



1.2 Lecture des pluviomètres et enregistrement de la pluviométrie.

La lecture des pluviometres doit etre faite tous les matins à huit heures. La hauteur de la pluie est lue directement sur l'**échelle** graduée puis le pluviomètre est vide. La valeur lue est **reportée** sur la fiche de relevé pluviométrique à la date de la veille de la lecture. Exemple: si je passe le 8 aout à 8 heures et que je lis 12.5mm sur le pluviomètre, j'écris cette valeur sur la fiche dans la case du 07/08/91.

Il y a une fiche par pluviomètre. Pour éviter toute erreur, il est important de faire la tournée des pluviomètres toujours dans le même ordre, et d'attribuer un numéro à chaque pluviometre, numéro figurant bien entendu sur la fiche de relevé.

On remplira à chaque fin de décade (le 11 et le 21 du mois, et le 1er du mois suivant) les fiches decadaires suivant le même principe. Ces fiches decadaires sont à envoyer au CNRA (service Bioclimatologie, BP 53 BAMBEY) par la poste ou par tout autre moyen, et le plus rapidement possible au fur et à mesure qu'elles sont remplies.

2 Choix de l'échantillon de parcelles

* Terroir déjà suivi l'année précédente: on reprend l'échantillon de 1990, sauf que certaines parcelles (probablement la plupart) en mil en 90 seront en arachide cette année. Si la repartition des parcelles entre les différents types de champ semble très modifiée cette année par rapport à l'année dernière (par exemple si une partie seulement des parcelles suivent la rotation mil/arachide, ou si il y a eu une défriche importante à la périphérie du terroir), on reprendra l'analyse faite en 1990 comme décrite dans le paragraphe suivant.

* Terroir suivi pour la première fois Dar le Programme ESPACE: Il faut constituer un échantillon de parcelle qui soit représentatif du village, surtout en ce qui concerne les différents niveaux d'intensification agricole, qui sont en général reliés à la structure en auréoles des terroirs:

On va pour cela utiliser le premier questionnaire, qui porte sur l'ensemble des champs de mil du village.

Pour chaque champ, on demande à celui qui va le cultiver si c'est un champ de case, de brousse ou un champ lointain et on met une croix dans la case correspondante du questionnaire.

On fait ensuite le total des champs de case (C), celui des champs de brousse (B), des champs lointains (L) et le total général (T).

On peut alors calculer le nombre de champs de chaque catégorie qu'il faut garder dans l'échantillon sachant qu'on garde au total 20 champs de mil et 20 d'arachide environ dans chaque village: le nombre de champs de case qu'il faudra avoir dans l'échantillon (nce) est:

$$nce = (Cx20):T$$

$$\text{pour les champs de brousse: } nbe = (Bx20):T$$

$$\text{et pour les champs lointains: } nle = (Lx20):T$$

Si ces chiffres ne sont pas entiers (nombres avec une virgule), on arrondit à l'entier suivant (ex: $nbe=6,8$ donne $nbe=7$)

Pour constituer l'échantillon définitif des parcelles suivies, il faudra donc sélectionner (au hasard) nce champs de case parmi les C du village, nbe champs de brousse parmi les B, et nle champs lointains parmi les L de tout le village. Il est possible que le total $nce+nbe+nle$ soit un peu plus grand que vingt mais cela ne pose pas de problème.

On refait ensuite la même enquête et le même calcul pour les champs d'arachide.

3 Représentation des Parcelles choisies sur la carte du terroir si celle-ci est disponible

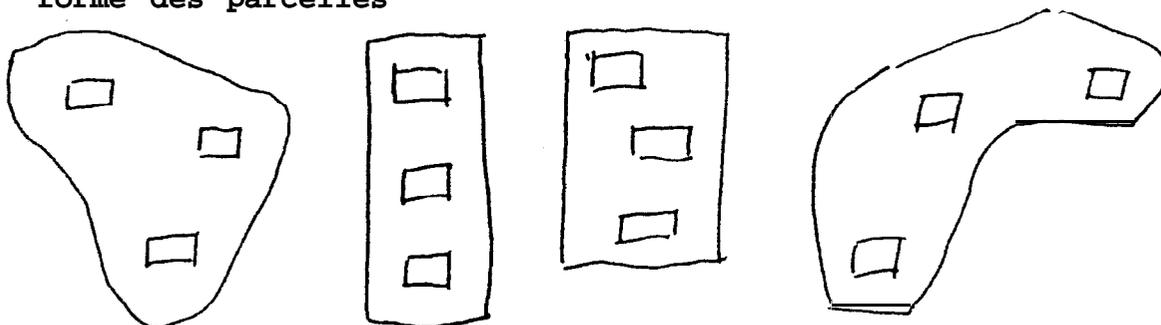
On fera figurer sur la carte les parcelles de mil et d'arachide en les coloriant avec une couleur différente pour chaque culture. Si la carte comporte des numéros de parcelles (numéros cadastraux) on utilisera ces numéros pour remplir la fiche d'enquête. Sinon, on attribuera un numéro (à partir de 1 jusqu'au nombre de parcelles suivies pour la culture considérée).

On fera également figurer les pluviomètres sur la carte, avec le signe P suivi du numéro de pluviomètre (P1, P2, etc.,)

4 mise en place des placettes de rendement

Le rendement sera mesuré à la récolte sur des carrés (placettes) qu'on aura délimité à la levée.

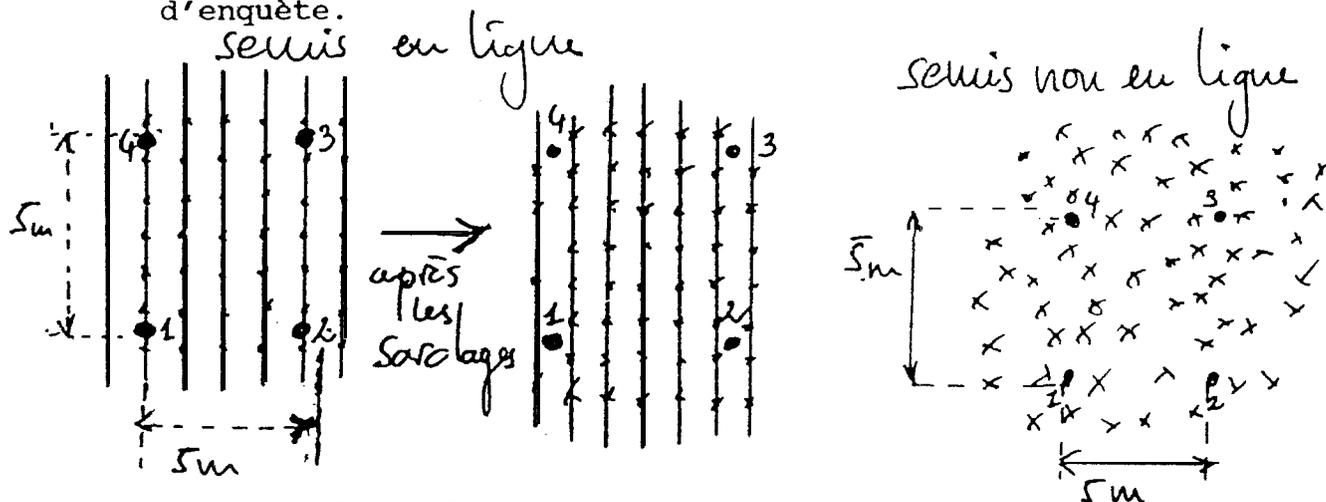
Les carrés doivent faire à peu près 25 mètres carrés (produit longueur par largeur=25 à peu près). Il doit y avoir trois carrés par parcelle. Le dessin ci dessous explique comment choisir l'emplacement des placettes en fonction de la forme des parcelles



Au moment de la mise en place, (à partir de la levée de la culture) on plantera des piquets en bois au quatre coins de la placette pour la matérialiser. Les piquets seront au départ plantés sur la ligne si le semis est réalisé en ligne, pour ne pas gêner par la suite le passage des outils. On plante un premier piquet puis on mesure environ cinq metres perpendiculairement aux lignes de semis si elles existent. On plante le deuxieme piquet dans la ligne la plus proche du point où on est arrivé et on mesure la distance exacte entre les deux piquets. On mesure ensuite 5m le long de la ligne et on plante le troisieme piquet a égale distance des deux poquets les plus proches de l'endroit atteint sur cette ligne. On mesure la distance entre les piquets 2 et 3. On procède de même pour le piquet 4 en partant du piquet 1

On mesure enfin la distance entre le piquet 1 et le 4. On vérifie que les angles sont bien droits: la distance entre les piquets 2 et 4 doit être la même qu'entre les piquets 1 et 3

Quand les derniers sarclages sont réalisés, on déplace les piquets de manière à ce qu'ils soient tous au milieu de l'interligne. On vérifie les angles droits (diagonales égales) puis on mesure avec précision les distances entre les piquets. Ce sont ces valeurs qu'il faudra porter dans la fiche d'enquête.



5 La fiche d'enquête proprement dite

5.1-Identification de la parcelle

NOM DE L'EXPLOITANT: nom du propriétaire du champ ou de celui qui a le pouvoir de décision sur ce champ (celui qui décide de la culture, du semis, des sarclages etc...)

NUMPAR: Numéro de la parcelle (=numero cadastral ou numéro attribué par l'observateur)

NUHPLU: Numéro du pluviomètre qui est le plus près de la parcelle

TYPE DE CHAMP: case, pres, loin, défriche. (pres=champ de brousse, loin= champ situé à la périphérie du village). Si la place manque pour écrire le mot entier dans la colonne, écrivez les premières lettres.

SOL: mettre un chiffre selon la correspondance suivante:

1=Diéri ou sol très sableux

2=Dior

3=Deck

4=sol très argileux

5=sol avec beaucoup de gravier ou de cailloux

TOPO: chiffre selon dessin:

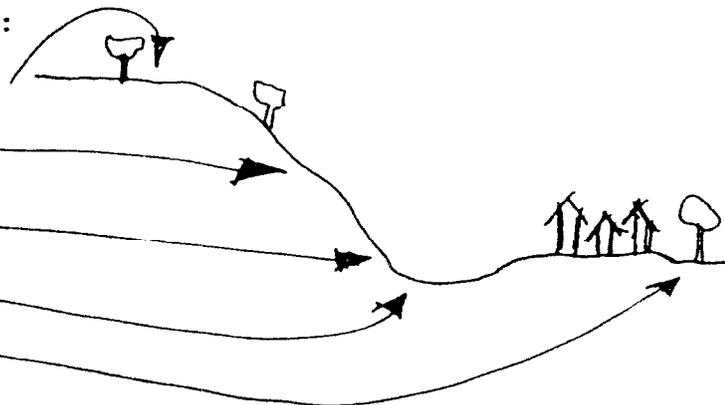
0=sommet de pente, plateau

1=milieu de pente

2=bas de pente

3=bas fond, vallée

4=relief peu marqué



X FUMU ORGA: répondre par un chiffre concernant l'apport éventuel de fumure organique en 1991:

0=absente (pas d'apport en 1991)

1=parcage

2=poudrette

3=fumier décompose

4=compost

PRECEDENT DE FUMURE ORGANIQUE: cocher la case correspondante pour chaque année depuis 1988: oui=apport de fumure organique (on ne demande pas le type d'apport, pour cette question); non=pas d'apport

SURFACE APPROX PARCELLE: inscrire ici-la surface approximative- de la parcelle si elle est connue, avec l'unité utilisée (hectare, corde, nombre de trémies au semis, etc...)

REMARQUES GENERALES CONCERNANT LA FUMURE ORGANIQUE: rédiger ici tout commentaire vous paraissant important, par exemple si vous avez une idée de la quantité de fumure apportée, ou si vous voyez qu'il n'y a pas eu d'apport sur une partie de la parcelle (dire alors quelle placette n'en a pas eu)

5.2-Techniques culturales et engrais

PREPARATION DU SOL:

* FORCE DE TRAVAIL: mettre un croix dans la case correspondante:

NULLE=pas de preparation du sol du tout

MANUELLE= travail avec un outil manuel

BOVINE= travail aux boeufs

EQUINE= travail avec chevaux ou anes

. .etc...

* TYPE DE TRAVAIL: croix dans la case concernée

* OUTILS: croix dans la case concernée (houes=dents, charrue=soc).

SEMIS:

*EN LIGNE: croix dans la case concernée (oui ou non)

si oui, répondre aux deux questions suivantes:

***ECARTEMENT SUR LA LIGNE (GM):** dans chaque placette choisir trois lignes et compter le nombre de poquets sur chaque ligne. Diviser la longueur de chaque ligne (=longueur de la placette) par le nombre de poquets de la ligne puis faire la moyenne des neuf valeurs obtenues (trois lignes x trois placettes=9).

exemple:

ligne1:525cm de long et 8 poquets de mil	}	(placette 1)
ligne2:525cm.....9.....		
ligne3:525cm.....9.....		
ligne4:490cm.....7.....	}	(placette 2)
ligne5:490cm.....8.....		
ligne6:490cm.....7.....		
ligne7:510cm.....10.....	}	(placette 3)
ligne8:510cm.....9.....		
ligne9:510cm.....9.....		

La valeur moyenne de l'écartement sur la ligne, à inscrire sur la fiche est:

$$((525:8)+(525:9)+(525:9)+(490:7)+(490:8)+(490:7)+(510:10)+(510:9)+(510:9)):9 = (66+58+58+70+61+70+51+57+57):9 = 61\text{cm}$$

*** ECARTEMENT ENTRE LES LIGNES:** pour chaque placette compter le nombre de lignes et diviser la largeur de la placette par le nombre de ligne. La moyenne des trois valeurs obtenues est le résultat à noter sur la fiche. Exemple:

Placette 1:450cm de large et 5lignes
 Placette 2:400cm.....5.....
 Placette 3:450cm.....6.....

$$\text{Ecartement entre les lignes} = ((450:5)+(400:5)+(450:6)):3 = (90+80+75):3 = 245:3 = 82\text{cm}$$

FUMURE MINERALE:

*DOSE: mettre le nombre de sacs, le poids, ou toute information permettant d'évaluer la quantité apportée. **Ne rien inscrire si il n'y a pas eu d'engrais (en 1991)**

* **FORMULE:** mettre le type d'engrais si il est connu par l'agriculteur (regarder l'étiquette du sac)

* DATE: inscrire la date de l'apport (**plusieurs dates si plusieurs apports**)

REMARQUES **SUR LES** TECHNIQUES CULTURALES ET LA FUMURE MINERALE: inscrire ici toute information qui vous paraît utile

5.3- Sarclages et démariage

Pour le sarclage on a prévu deux pages pour l'ensemble des parcelles pour le cas de sarclages très nombreux.

Mettre les dates de début et de fin des sarclages pour chaque sarclage, et cocher à chaque fois les cases "MA"=MANUEL ou "ME"=MECANIQUE (attelé). Si il ya eu un sarclage mécanique

complété tout de suite après par un sarclage manuel, cocher les deux cases.

DATE DE DEHARIAGE: mettre la date de début et la date de fin du démariage, et dans la colonne suivante le nombre approximatif de pieds par poquet après demariage

REMARQUES SUR SARCLAGE ET DEMARIAGE: inscrire ici toute information qui vous paraît utile

5.4.- Plante

VARIETE: inscrire le nom de la variété (ex:souna,73-33, locale,etc..)

DUREE PREVUE DU CYCLE: ex pour le souna: 90jours

PRECEDENT CULTURAL: culture semée sur la parcelle l'année précédente

DATE

*SEMIS: date réelle du semis, y compris lorsqu'il est réalisé en sec

*LEVEE: date de la levée du premier semis,=date réellement observée pour la levée

*RESEMIS: date du resemis s'il y a lieu.

% DE RESEMIS: pourcentage approximatif du resemis éventuel (toute la parcelle=100%)

DATE

*2EME LEVEE: date de la levée du resemis

*50% F'LOR: date 50% floraison: lorsque la culture commence à fleurir, passer tous les jours sur la parcelle et compter les poquets en fleur dans chaque placette. Lorsque la moitié au moins des poquets des trois placettes sont en fleur, c'est la date de 50% floraison.

*MATU: date de maturité: lorsque tous les grains ou les gousses sont murs

*RECO: date de la récolte par l'agriculteur

5.5.-Enherbement et dégâts

Enherbement 30j: date et degré de l'enherbement (mauvaises herbes) de la parcelle, 30 jours environ après la levée de la culture (après la 2eme levée s'il y a eu plus de 50% de resemis):

*DATE: date réelle de l'observation
*NOTE: degré de l'enherbement (croix dans la case correspondante):
1= aucune mauvaise herbe
2= quelques mauvaises herbes éparpillées
3= quantité moyenne de mauvaises herbes
4= beaucoup de mauvaises herbes (on ne voit presque plus le sol) mais la culture domine encore
5= culture complètement envahie par les mauvaises herbes.

ESPECE DOMINANTE: Inscrire les trois especes de mauvaises herbes qui sont les plus abondantes sur la parcelle, par ordre d'importance, avec leur nom en langue locale (préciser la langue en haut de la fiche) si leur nom français ou latin.n'est pas connu

ENHERBEMENT 60J: même chose que précédemment mais soixante jours après la levée.

DEGATS: dégats causés à la culture par des insectes, des maladies, des oiseaux ou d'autres animaux: croix dans les cases oui ou non

DEGRE: note pour chiffrer l'importance des dégats:

1=pas de dégats du tout
2=quelques rares dégats (on voit que quelques pieds ont été endommagés)
3=l'attaque concerne de nombreux pieds mais pas la majorité, la récolte ne sera que peu diminuée
4= l'attaque concerne plus de la moitié des pieds de la parcelle, la récolte sera diminuée nettement sans être nulle
5=l'attaque est généralisée et la récolte est totalement compromise

CAUSE DETAILLEE DES DEGATS: mettre s'il s'agit d'une maladie, d'animaux, etc... Il peut y avoir plusieurs causes.

REMARQUES GENERALES SUR L'ENHERBEMENT ET LES DEGATS: inscrire ici toute information qui vous paraît utile

5.6-Evaluation du rendement des placettes

Répondre aux questions suivantes au moment de la récolte. penser à bien replanter les piquets des placettes au milieu de l'interligne avant de mesurer les surfaces (voir paragraphe 4)

SURFACE DU CARRE DE RENDEMENT: pour chaque carré(C1, C2, C3), inscrire la surface en mètres carrés (longueur x largeur).

MOY: calculer la moyenne de la surface pour la parcelle

LONGUEUR DE LA LIGNE (CM): longueur du carré en cm (dans le sens des lignes)

ECARTEMENT ENTRE LES LIGNES: largeur de la placette en cm divisée par le nombre de lignes

Les questions qui suivent dépendent de la culture:

MIL:

NOMBRE DE POQUETS: pour chaque carre et valeur moyenne pour la parcelle

NOMBRE DE TIGES:

POIDS DES EPIS (GR):

POIDS DE GRAINS:

POIDS DE PAILLE:

} même principe

POIDS DE MILLE GRAINS: ne pas remplir cette rubrique mais préparer après battage un échantillon de 500 grammes de grains environ par placette (sac avec étiquette portant le nom du village, le nom de l'agriculteur, le numéro de parcelle, le numéro de placette)

ARACHIDE:

NOMBRE DE PLANTS:

POIDS FANES+GOUSSES: même principe que pour le mil

POIDS DES GOUSSES:

POIDS DES GRAINES:

derniere page ("SUR 0.5KG DE GOUSSES"): Ne pas remplir ces questions mais préparer un échantillon de 500 grammes de gousses pour chaque placette, dans un sac avec une étiquette portant le nom du village, le nom de l'agriculteur, le numéro de parcelle, le numéro de placette

PRE-ENQUETE POUR LA DETERMINATION DE
L'ECHANTILLON
DES PARCELLES SUIVIES

Pour chaque parcelle du village en MIL, mettez une croix dans le type de champ correspondant: c+parc= champ de case avec parcage pendant la saison sèche précédente

pr+fum= champ de brousse avec apport de fumier

pr+parc=.....avec parcage

etc...

Nom de l'exploitant	case	c+parc	pres	pr+fum	pr+parc	loin	ln+fum	ln+parc
Mamadou Ba	0	0	0	0	0	0	1	0
Amadou Dassy Diallo	0	0	0	0	0	0	1	0
Momath Boury Diallo	0	0	0	1	0	2	0	0
Moussa Boury Diallo	1	0	0	0	0	0	0	0
Pardie Touré	1	0	1	0	0	1	0	0
Bou/ Bou	1	0	0	0	0	2	0	0
Thieba Sow	1	0	0	0	0	2	1	0
Boubacar Diallo	0	0	0	0	0	1	0	0
Amady Sow	0	0	1	1	0	0	0	0
Harfa Sow	0	0	2	1	0	1	0	0
Dane Sow	1	0	0	0	0	0	0	0
Mame Mor Seck	0	0	0	0	0	1	0	0
Perigne Ouly Touré	1	0	0	1	0	4	1	0
Aliou Cissé	1	0	2	0	0	2	0	0
Perigne MDiaye	1	0	3	0	0	1	0	0
Sidi Soun Ly	0	0	1	0	0	2	0	0
Bou Mback Touré	0	0	0	0	0	1	0	0
Bonne Cissé	1	1	0	0	0	3	1	0
M ^h Cheikh Seck	0	0	0	0	0	3	0	0
Chiermo Sy	0	1	3	0	0	0	0	0
Bouboudial Sy	2	0	1	0	0	0	0	0
Modou Khady Cissé	2	0	0	0	0	1	0	0
Albane Sy	0	1	2	0	0	0	0	0
nombre total/type	13	3	16	4	—	27	5	—

dans la dernière ligne comptabilisez le total des croix de chaque colonne et reportez le chiffre obtenu à la première ligne de la page suivante

EXEMPLES

NOM DE L'EXPLOITANT	NUMPAR
Boune Cisse	11B
Ibov Ndach Tare	41B

NOM DE L'EXPLOITANT	NUMPAR	NUM PLU	TYPE DE CHAMP	S O L	TOPO	FUMU ORGA	PRECEDENT DE FUMURE ORGANIQUE					
							1988		1989		1990	
OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON			
Boune Cisse	11B	1	case	5	0	0	X			X	X	
Ibov Ndach Tare	41B	2	loin	4	3	1		X	X		X	

NUMPAR	SURFACE APPROXIMATIVE DE LA PARCELLE	REMARQUES GENERALES CONCERNANT LA FUMURE ORGANIQUE
11B	1,25ha	
41B	8 tréviées	parcage sur 3/4 parcelle (parcelles C1 et C2)

NUMPAR	PREPARATION DU SOL								
	FORCE DE TRAVAIL					TYPE DE TRAVAIL		OUTILS	
	NULLE	MANUELLE	EQUINE	BOVINE	MOTOR	A PLAT	SUR BILLON	A LA DENT	AU SOC
11B		X				X		X	
41B			X			X		X	

NUMPAR	SEMIS						
	EN LIGNE		ECARTEMENT SUR LA LIGNE (cm)	ECARTEMENT ENTRE LES LIGNES (cm)	FUMURE MINERALE		
	OUI	NON			DOSE	FORMULE	DATE
11B	X		80	90			
41B		X	—	—	3 sacs	uric	12/07

NUMPAR	REMARQUES SUR LES TECHNIQUES CULTURALES ET LA FUMURE MINERALE
11B	
41B	engrais sur "parties faibles" - pas sur plantes C2 et C3

NUMPAR	SARCLAGE N° 1				SARCLAGE N° 2				SARCLAGE N° 3			
	DATE		TYPE		DATE		TYPE		DATE		TYPE	
	DEBUT	FIN	MA	ME	DEBUT	FIN	ME	MA	DEBUT	FIN	MA	ME
11B	13/07	14/07		X	24/07	30/07	X	X	24/07	26/08		X
41B	16/07	18/07		X	26/07	28/07	X	X	20/08	23/08	X	X

NUMPAR	SARCLAGE N° 4				SARCLAGE N° 5				SARCLAGE N° 6			
	DATE		TYPE		DATE		TYPE		DATE		TYPE	
	DEBUT	FIN	MA	ME	DEBUT	FIN	ME	MA	DEBUT	FIN	MA	ME
11B	/	/			/	/			/	/		
41B	/	/			/	/			/	/		

NUMPAR	DATE DE DEMARIAGE		NOMBRE DE PIEDS PAR POQUETS	REMARQUES SUR SARCLAGE ET DEMARIAGE
	DEBUT	FIN		
je)	30/07	30/07	3	2 ^e sarclage lent car paysan malade.
41B	22/07	23/07	5	

NUMP	VARIET	DUREE PREVUE DU CYCLE	PRECED CULTUR	DATE			% DE RESEMIS	DATE			
				SEMIS	LEVEE	RESEMIS		2eme LEVEE	50% FLOR	MATU	RECO
11B	Souza	90j	araclid	28/06	10/07	/	/	/	3/08	7/10	15/10
41B	locale	90j	jachier	23/06	24/06	5/07	100	10/07	12/08	5/10	13/10

NUMPAR	ENHERBEMENT 30j					ESPECES DOMINANTES			
	DATE	NOTE					1	2	3
		1	2	3	4	5			
11B	11/08	X				/	/	/	
41B	9/08	X				Rovela			

NUMPAR	DEGATS		DEGRE					CAUSES DETAILLEES DES DEGATS (RATS, SAUTERIAUX, OISEAUX,)				
	OUI	NON	1	2	3	4	5					
11B		X										
41B	X		X					oiseaux mangeurs de grains				

NUMPAR	REMARQUES GENERALES SUR L'ENHERBEMENT ET LES DEGATS
11B	
41B	

NUMP	SURFACE DU CARRE DE RENDEMENT (m2)				LONGUEUR DE LA LIGNE (cm)				ECARTEMENT ENTRE LES LIGNES (cm)			
	C1	C2	C3	MOY	C1	C2	C3	MOY	C1	C2	C3	MOY
11B	25	23,8	26	24,9	5,7	5,2	5,8	5,6	88	92	90	90
41B	24,8	25,2	25,3	25,1	/	/	/	/	/	/	/	/

MIL

NUMP	NOMBRE DE POQUETS				NOMBRE DE TIGES				POIDS DES EPIS OU PANICULES (gr)			
	C1	C2	C3	MOY	C1	C2	C3	MOY	C1	C2	C3	MOY
11B	30	28	35	31	292	160	170	207	1700	1550	2000	1750
41B	40	27	34	33,6	200	158	220	193	5600	1250	1800	2817

NUMPAR	POIDS DE GRAINS (gr)				POIDS DE PAILLE (gr)				POIDS DE MILLE GRAINS			
	C1	C2	C3	MOY	C1	C2	C3	MOY	C1	C2	C3	MOY
11B	600	750	950	767	4250	4100	4150	4167				
41B	1200	625	800	875	5325	3844	4025	4398				

ENQUETE

NOM DE L'EXPLOITANT	NUMPAR	NUM PLU	TYPE DE CHAMP	S O L	TOPO	FUMU ORGA	PRECEDENT DE FUMURE ORGANIQUE					
							1988		1989		1990	
							OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON
El H. Boubou Diallo SY	151J	2	Case	3	0	1	X		X		X	
Diabel Diallo	21a	2	Case	3	0	3		X		X	X	
Boune Cisse	11B	1	Case	3	0	1	X		X		X	
Alsane SY	121a1	1	Case	3	0	1	X		X		X	
Thierno SY	191K1	1	Case	3	0	1		X		X	X	
Amady Sow	161D1C2	1	Brousse	3	0	0		X		X		X
Birane SY Coumba	151L	1	Brousse	3	0	3		X		X	X	
Chirno SY	191C1	1	Brousse	3	0	0	X		X		X	
Keba SY	191P	1	Brousse	3	0	0		X		X		X
Diabel Diallo	21F4+1	2	Brousse	3	0	0		X		X		X
El H. Boubou Diallo SY	151M1	2	Brousse	5	0	1	X		X			X
Ousmane SY	121a0	1	Brousse	3	0	0		X	X		X	
Deuba Diallo	181E1	1	Loin	2	0	0		X		X		X
Thieba Sow	83B1	2	Loin	3	0	0	X			X		X
Amadou Gassy Diallo	131a	2	Loin	2	0	3	X			X		X
Mamadou Ba	131F4	2	Loin	2	0	0	X		X			X
Bou Abdou Toure	41R	2	Loin	2	0	3		X	X			X
Alpha SY	152B	1	Loin	2	0	0		X		X		X
Moth Boury Diallo	71D1	2	Loin	3	0	3	X			X	X	
Karfa Sow	83D	2	Loin	3	0	0	X			X		X

NUMPAR	SURFACE APPROXIMATIVE DE LA PARCELLE	REMARQUES GENERALES CONCERNANT LA FUMURE ORGANIQUE
151X	1,75 Ha	Parcage sur toute la parcelle. Troupeau.
21W	1,25 Ha	Fumé sur les 2/3 de la parcelle - placette C1 et C3
11B	0,75 Ha	Parcage paire de boeuf sur toute la parcelle. -
121a1	0,75 Ha	Parcage paire de boeufs sur la moitié de la parcelle placette C1 et C3
191K1	0,75 Ha	Parcage troupeau sur 1/4 de la parcelle - placette C1
161M+C2	0,50 Ha	
151L	0,75 Ha	Fumé sur la 1/2 de la parcelle placette C1 et C3
191C	1 Ha	
191P	1 Ha	
21F4+1	1,75 Ha	
151M1	1 Ha	Parcage troupeau sur le 1/3 de la parcelle placette C3
121a	1, Ha	
181E1	1,75 Ha	
83B1	1,50 Ha	
131a	2 Ha	Fumé sur le 1/5 de la parcelle placette C1
131F4	1,25 Ha	
41R	1 Ha	Fumé sur la moitié de la parcelle - placette C1 et C3
152B	1,50 Ha	
71D1	2 Ha	Fumé sur le 1/3 de la parcelle placette C1
83D	0,75 Ha	

NUMPAR	REMARQUES SUR LES TECHNIQUES CULTURALES ET LA FUMURE MINERALE
1518	
21a	
116	
121a1	
191K1	
61D1+C2	
151L	
191C	
191P	
21F4+1	
151M1	
121a	
181E1	épancher placette c1 et c3 en date du 29/7 et c2 en date du 09/8
83B1	
131a	
131F4	
41R	
152B	épancher placette c1 - c2 et c3 en date du 9/8
71D1	
83D	

NUMPAR	SARCLAGE N° 1				SARCLAGE N° 2				SARCLAGE N° 3			
	DATE		TYPE		DATE		TYPE		DATE		TYPE	
	DEBUT	FIN	MA	ME	DEBUT	FIN	ME	MA	DEBUT	FIN	MA	ME
151x	15/7	15/7		X	25/7	29/7	X	X	10/8	13/8		X
21a	18/7	18/7		X	24/7	26/7	X	X	08/8	09/8		X
11b	16/7	17/7		X	25/7	27/7	X	X	05/8	06/8		X
121a1	16/7	16/7		X	26/7	28/7	X	X	10/8	16/8		X
191K1	17/7	18/7		X	26/7	28/7	X	X	15/8	18/8		X
16101+c2	17/7	17/7		X	31/7	04/8	X	X	21/8	25/8		X
151L	16/7	17/7		X	31/7	02/8	X	X	27/8	29/8		X
191C	18/7	23/7		X	31/7	01/8	X	X	27/8	29/8		X
191P	17/7	18/7		X	02/8	06/8	X		04/8	07/8	X	
21F4+1	19/7	20/7		X	29/7	31/7	X	X	20/8	24/8		X
151M1	15/7	16/7		X	29/7	31/07	X	X	17/8	18/8		X
121a	18/7	19/7		X	30/7	03/8	X	X	19/8	23/8		X
181E1	17/7	19/7		X	25/7	30/7	X	X	13/8	15/8		X
83B1	19/7	20/7		X	02/8	05/8	X	X	15/8	22/8		X
131a	20/7	25/7		X	30/7	08/8	X	X	14/8	21/8		X
131F4	24/7	27/7		X	29/7	08/8	X	X	26/8	29/8		X
41R	18/7	19/7		X	02/8	06/8	X	X	22/8	29/8		X
152B	16/7	17/7		X	01/8	04/8	X	X	27/8	28/8		X
71D1	15/7	18/7		X	27/7	03/8	X	X	19/8	28/8		X
83D	18/7	20/7		X	05/8	06/8	X	X	20/8	21/8		X

		ENHERBEMENT 30j					ESPECES DOMINANTES		
NUMPAR	DATE	NOTE					1	2	3
		1	2	3	4	5			
151Y	14/8	X					—	—	
21a	14/8	X					—	—	
11 B	14/8		X				Banna	Roukhe	—
121a1	14/8		X				Barra	Roukhe	—
191K1	14/8		X				Roukhe	Ehiokom Ghikoy	—
161M1	14/8		X				Ndiehe Bop	Barra	—
151L	16/8	X					—	—	—
191c	17/8	X					—	—	—
191P	16/8	X					—	—	—
21F4M	14/8	X					—	—	—
151M1	14/8	X					—	—	—
121a	16/8	X					—	—	—
181E1	14/8	X					—	—	—
83 B1	14/8	X					—	—	—
131a	15/8	X					—	—	—
131F4	16/8	X					—	—	—
41 R	16/8	X					—	—	—
152B	14/8	X					—	—	—
71 D1	16/8	X					—	—	—
83 D	16/8	X					—	—	—

NUMPAR	DATE ↓	NOTE					ESPECES DOMINANTES		
		1	2	3	4	5	1	2	3
151f	14/8	X					Roukhe	Ohikom Ohikom	
21a	14/8	X					Ohikom Ohikom	Barra -	
11B	14/8	X					Roukhe	Barra	
121a1	14/8	X					Khoude	Ohikom Ohikom	Barra
191K1	14/8			X			Roukhe	Barra	Khoude
181D1	16/8	X					Ndidie Sopa	Roukhe	Barra
151L	17/8	X					Barra	Roukhe	
191C	17/8	X					Barra	Ndidie Sopa	Roukhe
191P	14/8	X					-	-	-
21F4	14/8	X					-	-	-
151N1	16/8	X					-	-	-
121a	14/8	X					-	-	-
181E1	14/8	X					Ohikom Ohikom	Ndidie Sopa	Roukhe
83B1	15/8			X			Roukhe	Ohikom Ohikom	Barra
131a	16/8	X					Ohikom Ohikom	Barra	Barra
131F4	16/8	X					-	-	-
41R	14/8	X					Ndiangou	Barra	Ndidie Sopa
152B	16/8	X					-	-	-
71D	16/8	X					-	-	-
83D	16/8	X					Barra	Roukhe	Ohikom Ohikom

NUMPAR	DEGATS:		DEGRE					CAUSES DETAILLEES DES DEGATS (RATS, SAUTERIAUX, OISEAUX,)
	OUI	NON	1	2	3	4	5	
151j		X						
21a		X						
11B		X						
121a1		X						
191K1		X						
161D1+2	X			X				Chenilles
151L	X			X				Chenilles
191G	X			X				Chenilles
191P	X			X				Chenilles
21F4+1	X			X				Chenilles
151M1	X			X				Chenilles
121a	X			X				Chenilles
181E1	X				X			Chenilles
83B1	X			X				Chenilles
131a	X				X			Chenilles
131F4	X				X			Chenilles
41R	X			X				Chenilles
152B	X				X			Chenilles
71D1	X			X				Chenilles
83D	X			X				Chenilles

= Ragova (demande orthographe exacte) Trazho

NUMPAR	REMARQUES GENERALES SUR L'ENHERBEMENT ET LES DEGATS
151j	
21a	
11B	
121a1	
191k1	
161D+G ₂	
151L	
191C	
191P	
21F4+1	
151M1	
121a	
181E1	
83 B1	
131a	
131Fy	
41 R	
152B	
71D1	
83 D	

NUMPAR	POIDS DE GRAINS (gr)				POIDS DE PAILLE (gr)				POIDS DE MILLE GRAINS			
	C1	C2	C3	MOY	C1	C2	C3	MOY	C1	C2	C3	MOY
151J	7410	5275	4440	5708	22200	13900	10600	14900	6,48	5,59	5,52	5,86
21a1	3975	3660	6950	4861	9200	7400	18600	11733	5,82	5,43	6,55	5,93
11B	2935	4510	3245	3563	7600	10600	8650	8950	4,89	5,48	4,89	5,09
121a1	4950	5575	4930	5152	12800	12400	8200	11133	6,86	6,54	5,89	6,43
191K1	4005	3550	2895	3483	11300	9400	8700	9800	5,73	5,51	5,25	5,50
161D1+2	910	940	1040	897	2500	2800	3100	2800	4,57	4,56	4,15	4,43
151L	3565	2780	2320	2888	12100	9700	4700	8633	6,12	7,38	5,22	6,24
191C	1365	1525	1235	1375	3600	4800	5700	4500	5,63	5,76	4,60	5,33
191P	1375	1995	1700	1690	3700	5200	4500	4466	4,16	5,52	4,80	4,83
21Fv+1	1870	1585	2130	1695	3400	4900	5600	4633	5,15	5,10	5,11	5,12
151M1	2050	3285	2630	2635	5800	6500	6200	6166	5,68	6,06	5,69	5,81
121w	2140	1525	2175	1947	5200	3900	7600	5566	5,78	5,31	6,12	5,74
181E1	2220	2000	2325	2182	6400	6500	5900	6266	5,21	5,11	5,66	5,33
83B1	1125	2085	900	1303	3100	3000	1700	2600	3,42	5,60	4,13	4,38
131w	2595	1740	1350	1895	6800	4100	3900	4933	6,23	5,62	5,00	5,62
131F4	1150	1130	730	1003	3200	2400	2100	2567	4,57	3,88	3,88	3,91
41R	2705	1285	1610	1867	10500	2500	5100	6033	6,32	4,72	5,50	5,51
752B	2050	985	3425	2153	5600	5600	8300	6500	4,79	4,89	5,16	4,95
71D	4270	970	1555	2265	14200	3500	4300	9333	6,75	4,41	5,36	5,51
83D	1185	1415	1475	1358	3400	3900	3300	3533	6,22	4,58	5,60	5,47

PLUVIOMETRIE

Dkh J.A.S = 455,2

ETAT :

ORGANISME : ESPACE

DEPARTEMENT :

Nioko du Rijn

TABLEAU PLUVIOMETRIQUE

ANNEE :

1991

POSTE :

Pluviometre n°: 1

COORDONNEES :

Latitude :

Longitude :

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1				—	7,9	57,0				1
2				—	—	0,3				12
3				—	—	8,6				3
4				—	—	17,0				4
5				—	—		1,2			5
6				1,2	—	—				6
7				—	15,5	6,5	26,2			7
8				—	0,5	—	30,0			8
9				0,2	—	30,0	28,0			9
10				42,5	—	—				10
11				27,0	—	1,8				11
12				—	5,5	—				12
13				—	60,0	2,5				13
14				—	—	10,1				14
15				—	—	—				15
16				—	13,0	—				16
17				1,5	—	—				17
18				—	—	—				18
19				2,0	—	20,0	14,4			19
20				—	—	2,3				20
21				34,5	2,5	0,3				21
22				3,5	—	—				22
23				0,4	—	—				23
24				—	—	—				24
25				—	—	20,0	—			25
26				7,8	—	38,0				26
27				—	—	—				27
28				16,1	—	—				28
29				—	0,7	—				29
30				—	—	—				30
31			1,1	21,0	1,8	—				31
(0) All%				139,4	127,4	188,4	99,8			TOTAL
Nbr de jours				12	10	13	5			Nbr de jours

TOTAL ANNUEL : 555 mm

Dkh 203

ETAT :

ORGANISME : ESPACE

DEPARTEMENT : Nioko du Ryz

TABLEAU PLUVIOMETRIQUE

ANNEE 1997

POSTE : Pluvio n° 2

COORDONNEES : Latitude :
Longitude : J-A-S = 422,6

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1				—	7,2	67,0				1
2				—	—	4,5				2
3				—	—	2,8				3
4				—	—	16,5				4
5				—	—	—	1,7			5
6				0,8	—	—				6
7				—	23,0	6,3	22,0			7
8				—	0,6	—	39,0			8
9				TR	—	31,0	35,0			9
10				41,0	—	—				10
11				23,0	—	1,5				11
12				—	6,0	—				12
13				—	67,0	1,5				13
14				—	—	7,0				14
15				—	—	—				15
16				—	16,0	—				16
17				4,8	—	—				17
18				—	—	—				18
19				2,6	—	26,0	10,0			19
20				—	—	4,4				20
21				27,0	0,6	0,3				21
22				4,5	—	—				22
23				0,3	—	—				23
24				—	—	—				24
25				—	23,0	—				25
26				4,6	—	42,5				26
27				—	—	—				27
28				10,6	—	—				28
29				—	0,7	—				29
30				—	—	—				30
31				2,0	2,0	—				31
TOTAUX				121,2	146,1	211,3	109,7			TOTA
Nbr de jours				12	10	13	5			Nbr jour

TOTAL ANNUEL : 586,7 mm

ETAT :

ORGANISME :

DEPARTEMENT :

TABLEAU PLUVIOMETRIQUE

ANNEE :

POSTE : *Pluvio n° 3*

COORDONNEES : Latitude :
Longitude :

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1										1
2										2
3										3
4										4
5										5
6										6
7										7
8										8
9										9
10										10
11										11
12										12
13										13
14										14
15										15
16										16
17										17
18										18
19										19
20										20
21										21
22										22
23										23
24										24
25										25
26										26
27										27
28										28
29										29
30										30
31										31
TOTAUX										TOTAU
Nbr de jours										Nbr de jours

TOTAL ANNEUEL :

ANNEXE 4

Rapport de Campagne 1990
F.AFFHOLDER

Atelier ESPACE Cap Vert, 5-8 mars 1990

SYNTHESE DES RESULTATS ESPACE SENEGAL 1990

A travers le programme ESPACE, on se propose d'affiner progressivement une methode d'estimation précoce des rendements des principales cultures pluviales en zone sahelienne et **soudano sahelienne** basée sur la simulation du bilan hydrique des cultures et sur la **quantification** de la relation existant entre les termes du bilan hydrique et le rendement.

Cette estimation doit s'exercer à l'**echelle:**

- régionale
- des terroirs
- des parcelles cultivées

I- Suivi des sites "**lourds**"

1.1 Les sites et le dispositif **d'enquête**

1.1.1-les terroirs

En 1990 le dispositif a été remanié de façon à disposer de six terroirs suivis au lieu de quatre en 1989.

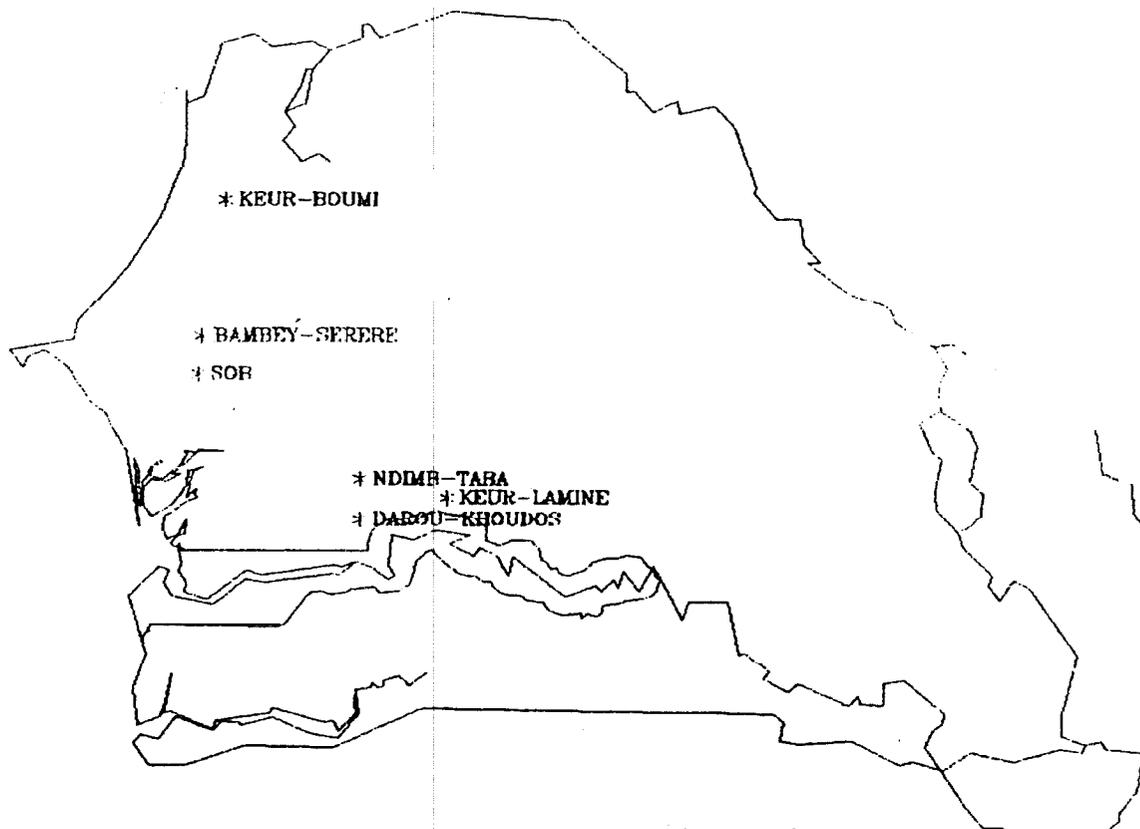
Les sites choisis appartiennent tous, comme par le passé, au bassin arachidier où se **réalise** l'essentiel de la production de mil et d'arachide du **Sénégal**.

La carte (**fig.1**) donne la localisation de ces terroirs

Les terroirs de Darou Khoudos, **N'Dimb** Taba et Keur Lamine ont fait l'objet d'études "**systemes**" par l'**IRAT** et l'**ISRA** dans le cadre des "**Unités Expérimentales**" du Sénégal. Le terroir de Sob a **été** étudié par Pellissier et Lericollais (ORSTOM). Enfin le terroir de Keur Boumi a fait l'objet d'actions de **recherche-développement** de la part de l'**IRHO**.

1.1.2.- L'échantillonnage

On disposait d'un observateur permanent sur chaque site, celui-ci ayant à suivre entre vingt et trente parcelles de chaque culture (mil et arachide). Le tableau 1 donne le détail du nombre de parcelles suivies dans chaque site:



Les sites : ESPACE (1990)

tableau 1

SITE	MIL	ARACHIDE	TOTAL
KEUR-BOUMI	20	19	39
BAMBEY SERERE	31	22	53
SOB	20	18	38
KEUR-LAMINE	20	19	39
NDIMB TABA	2 8	20	48
DAROU KHOUDOS	25	25	50

Pour le choix des parcelles, on a cherché à obtenir un échantillon représentatif du terroir. Les études faites par les équipes systèmes sur ces sites ont mis en évidence l'organisation des terroirs en couronnes concentriques: champs de case, champs "de brousse" ou "proches", et champs périphériques ou "éloignés" correspondant à des niveaux d'intensification décroissants avec la distance au village, centre du terroir. L'étude des cartes de terroir et une préenquête réalisée auprès des paysans avant l'hivernage ont permis de constituer dans chaque site un échantillon respectant les proportions (en nombre de parcelles et non pas en surface) de ces couronnes.

Dans le cas de Keur Boumi, le zonage en couronnes n'est pas applicable du fait du remembrement réalisé à l'initiative de l'IRHO: le terroir a été divisé en trois soles rectangulaires disposées en triangle autour du village. Un nombre égal de parcelles a été choisi dans chaque sole.

Pour les autres aspects du protocole d'enquête (position des placettes, observations phénologiques, suivi des pratiques culturelles, notation de l'enherbement, des dégats...) on s'est conformé aux recommandations de l'atelier de Bambey 1989.

Une session de formation commune à été organisée à l'intention des observateurs avant l'hivernage afin de garantir l'homogénéité des méthodes d'observation.

1.2 Résultats

1.2.1.-Analyse des conditions de la production dans chaque site

Le démarrage tardif et lent de l'hivernage a conduit à des resemis à Bambe, Darou et Sob. Dans ce dernier site, les agriculteurs ont cru perdus leurs premiers semis réalisés en sec début juin, à la suite d'une pluie de 5mm le 19 juin, suivie par plus de 20 jours sans pluie. Le resemis a été décidé par l'assemblée villageoise à la troisième pentade de juillet. Les pluies des 15,16 et 17 juillet ont provoqué la levée simultanée

des deux semis. Ces trois mêmes sites ont connu des conditions hydriques difficiles au moment de la floraison du mil et à Darou pendant la formation des gynophores de l'arachide. A Darou, la levée a été également problématique, sans que les conditions hydriques suffisent à l'expliquer.

A Keur-Boumi, l'extrême sécheresse du mois de septembre a entraîné la perte quasi-totale de la production de mil. La production d'arachide a été "sauvée" in extremis par deux pluies successives de 32 mm tombée début octobre.

A Ndimb Taba et Keur Lamine, les conditions hydriques ont été relativement satisfaisantes.

Le drainage sous culture a été pratiquement nul dans tous les sites.

L'enherbement des parcelles a été bien contrôlé partout sauf à Bambey Serere où cela peut s'expliquer par la proximité du centre de recherche qui "consomme" une partie importante de la force de travail du village.

Le striga, qui avait occasionné d'importants dégâts en 1989 sur tout le territoire n'est apparu que très rarement, et tout à fait à la fin de l'hivernage.

Enfin, à part quelques dégâts causés par des cantharides signalés sur le mil à Darou Khoudos, la situation phytosanitaire a été satisfaisante.

Tableau 2a mise en place de l'arachide

SITE	SEMIS (mois/pent.)	LEVEE (mois/pent.)
KEUR BOUMI	7 4e	7 5e
	7 5e	7 5e
BAMBEY SERERE	7 4e	7 5e
SOB	7 4e	7 5e
KEUR LAMINE	6 5e	6 6e
	6 6e	7 1e
	7 1ere	7 2e
	7 3e	7 4e
	7 4e	7 5e
NDIMB TABA	6 5e	7 1ere
	6 6e	7 1ere
	7 3e	7 4e
	7 4e	7 5e
DAROU KHOUDOS	7 2e	7 4e
	7 3e	7 5e
	7 4e	7 5e
	7 5e	7 6e

Tableau 2b: mise en place du mil et pluviométrie de la campagne

SITE	SEMIS	LEVÉE	RESEMIS	%	LEVÉE 2	total pluies	nb jours de pluie
KEUR BOUM1	12/06	19/07					
	21/06	"				203	
	21/06	"	24/07	50	28/07		20
	23/06	"				240	
	25/06	"					
	26/06	"					
	20/07	25/07					
BAMBEY SERERE			08/07	100	16/7		
			10/07	100	"	365	28
			11/07	100	"	351	29
			12/07	100	"	330	25
			13/07	100	"		
			17/07	100	22/7		
			18/07	100	22/7		
		23/07	100	27/7			
SOB	20/05		26/06	100	18/7	327	29
	25/05		26/06	100	18/7	314	31
KEUR LAMINE	21/06	26/7					
	22/06	26/7				481	37
	24/06	30/7				477	
	25/06	30/7					
	26/06	30/7					
N' DIMB TABA	20/06	23/06					
	20/06	23/06	10/07	100	16/07		
	21/06	30/06					
	21/06	"	11/07	25	16/07		
	22/06	"				439	31
	23/06	"					
	24/06	"					
	24/06	"	21/07	20	25/07		
25/06	"						
25/06	"	6/07	100	10/07			
DAROU KHOUDOS	04/06	23/06	09/07	100	17/07		
	17/06	23/06	09/07	100	"		
	21/06	30/06					
	21/06	"	06/07	100	"	380	
	21/06	"	10/07	100	"		
	21/06	"	11/07	100	"	383	32
	21/06	"	12/07	100	"		
	21/06	"	14/07	100	18/07		
	21/06	"	15/07	25	19/07		
	21/06	"	16/07	50	20/07		
	22/06	"					
	22/06	"	14/07	100	18/07		
	22/06	"	14/07	25	18/07		
	22/06	"	20/07	100	24/07		
	24/06	"	14/07	100	18/07		
	01/07	19/07					
06/07	19/07						
09/07	17/07						

1.2.2-Relation alimentation hydrique - rendement

Les simulations ont été effectuées avec le logiciel BIP DHC.

Les paramètres ont été choisis selon les principes suivants:

-Réserve utile de 50 à 120mm selon le type de sol et le site

-Pluviomètre distant de moins de 1km de la parcelle

-Demande climatique: 1Ev bac

-Coefficients culturaux: référentiel bac

-Découpage des phases selon tableau 3 après consultation des spécialistes des cultures concernées

-Ruissellement nul

-Déclenchement du semis à la pentade précédent celle de la levée si celle ci a lieu en début de pentade, à la même pentade si la levée a lieu à la fin de la pentade.

tableau 3: découpage des phases retenu pour la simulation pour les variétés rencontrées au Sénégal:

ESPECE	VARIETE	CYCLE	IDV	FL1	FL2	MATU
ARACHIDE	55-437	90	30	25	20	15
	73-33	105	35	25	25	20
	28-206	120	40	25	25	30
MIL	SOUNA	90	20	20	30	20

Les parcelles ayant subi des dégâts ont été exclues de l'analyse. Dans certains sites, cela a entraîné une déformation de l'échantillon, les proportions entre les différents types de parcelles (case, proches, éloignées) n'étant plus respectées. On a alors exclu d'autres parcelles, tirées au hasard dans les catégories surnuméraires afin de conserver la représentativité par rapport au terroir.

* MIL:

Le tableau ci-après résume les résultats par sites:

SITE	Rdt grains (kg/ha)	IRESP
KEUR BOUM1	40	0.05
BAMBEY SERERE	847	0.32
SOB	721	0.26
KEUR LAMINE	1039	0.69
NDIMB TABA	1238	0.51
DAROU KHOUDOL	854	0.63

Les meilleures **corrélations** ont été obtenues comme en 1989 avec l'indice **IRESP=SATcycle x SATphase** sensible;

où **SATp.s.=MIN(SATf11 SATf12)** et **SATi=ETR/ETM** période i

On a **représenté** sur le graphique 1 la régression linéaire IRESP/rendement par site pour 1990.

La pente obtenue (13,) est supérieure à celle obtenue en 1989 (10,1). En 89, en effet; les parcelles touchées par le striga, qui **représentaient** d'ailleurs la majeure partie de l'échantillon n'avaient pas été exclues de l'analyse. Mais il faut également signaler que deux des terroirs qui ont été ajoutés au dispositif cette année sont des terroirs Sereres, à forte **intégration** agriculture-élevage, ce qui pourrait expliquer leur plus forte réponse à l'indice IRESP, qui "tire" la pente de la droite de régression vers le haut.

* ARACHIDE

Les données collectées sur arachide n'ont été que sommairement analysées, et l'indice hydrique correspondant à l'IRESP des céréales rest probablement à définir.

On a cependant testé les deux indicateurs les plus couramment utilisés pour les mils et sorghos; IRESP et IRESP2, avec **IRESP2=ETRCycle x SATp.s.**

La meilleure **corrélation** Indicateur - rendement est obtenue avec IRESP2, ce qui pourrait être dû à la prise en compte, à travers l'ETR, du potentiel lié à la durée du cycle.

Les résultats moyens par sites sont présentés dans le tableau ci-dessous ainsi que sur le graphique 2.

SITE	RDT	IRESP2	Nb	RDT moy	IRESP2 moy
KEUR BOUMI	320 241 291	21 26 32	2 7 10	276	28
BAMBEY SERERE	8X0 611 393 650 534	191 210 214 224 232	4 4 2 11 1	643	215
SOB	216 269 254	167 180 202	4 12 2	,255	179
KEUR LAMINE	189 462 400 645 564	266 286 343 334 288	2 2 1 2 12	520	323
NDIMB TABA	618 599 546 428 125 8 47	204 216 220 267 269 295	4 11 1 1 1 2	643	215
DAROU KHOUDOS	162 238 215 188 296 53 293 206 176 202 184	71 104 107 118 123 135 146 149 174 187 193	2 3 1 1 2 1 8 2 1 2 2	232	138

Le rendement varie très peu entre 250 et 300 kg de grains pour des valeurs de IRESP2 inférieures à 200mm. Cette valeur semble constituer un palier au delà duquel on passe à des rendements de 600 à 700 kg/ha. Le problème de la réponse des rendements de l'arachide semble donc complexe, et une étude plus approfondie des données est nécessaire afin d'évaluer s'il sera possible de mettre au point une méthode d'estimation des rendements comparable à celle du mil.

1.2.3-Niveau d'intensification et réponse à l'eau du mil

La gestion de la fertilité des sols dans les terroirs du bassin arachidier Sénégalais passe essentiellement par:

-la rotation arachide-mil pratiquement systématique sauf dans les champs de case où certaines parcelles sont cultivées en mil chaque année;

-la transformation sur place des résidus de récoltes par les animaux paturant sur les parcelles après la récolte;

-la concentration de la fertilité de la périphérie du terroir vers le centre, via l'animal et les apports de fumier.

L'usage des engrais minéraux est devenu de plus en plus rare depuis que l'Etat a cessé de subventionner les intrants et de proposer des crédits de campagne.

Dans ces conditions, il est malaisé de connaître les quantités d'éléments fertilisants mises en jeu par les agriculteurs et à fortiori d'en déduire le niveau de fertilité des parcelles.

On ne dispose pas non plus d'un indicateur de fertilité mesurable directement sur les parcelles.

Par contre, les recherches sur les systèmes agraires ont montré que la place des parcelles dans la séquence des couronnes concentriques était un bon indicateur du niveau d'intensification, contenant le niveau de fertilité recherché par l'exploitant, la qualité du contrôle des adventices, et la qualité d'exécution du calendrier cultural.

L'étude de la relation IRESP-rendement grains du mil pour les trois types de parcelles (graphique 3) montre qu'un gain de précision appréciable est obtenu dans l'explication de la variation des rendements grâce à l'utilisation de ce critère notamment pour les valeurs élevées d'IRESP.

On notera cependant qu'on manque de données pour les valeurs extrêmes de l'indice IRESP; entre 0 et 0.2, domaine où l'on peut soupçonner, comme on le verra plus loin, une influence complexe et parfois négative de la fertilité sur l'alimentation hydrique, ainsi qu'au delà de 0.7, domaine où la probabilité élevée d'excès d'eau risque d'infléchir la courbe.

Les meilleurs ajustements réalisés par régression linéaire sont de type puissance ($RDT=B \cdot IRESP^A$) et sont caractérisés par des r^2 élevés, mais compte tenu de ce qui précède, ils rendent compte probablement assez mal de l'allure réelle de la réponse des rendements du mil à l'indice IRESP.

Il est intéressant de noter, toutefois, que dans le cas des champs de brousse, qui constituent la majorité des champs, la régression linéaire de type simple donne des résultats acceptables (Graphique 4). Il semblerait en particulier que la distortion due aux terroirs Sereres soit moins sensible que dans le cas des champs de case ou lointains.

ceci confirme et précise l'idée selon laquelle l'IRESP serait un bon indicateur pour l'estimation des rendements du mil obtenus dans des conditions moyennes d'intensification, caractéristiques de ces champs de brousse et en particulier:

-contrôle correct des adventices

-maintien de la fertilité à un niveau moyen (peu de transferts de fertilité mais simple transformation des résidus pailleux en matière organique rapidement décomposable).

II- Expérimentations complémentaires

2.1-Développement foliaire et suivi hydrique in situ dans deux conditions de fertilité

Un suivi de la surface foliaire du mil a été réalisé au cours de l'hivernage dans le terroir de Sob sur huit parcelles paysannes ayant levé à la même date: deux champs de case, deux champs "proches" fumés, deux champs "proches" non fumés et deux champs éloignés et non fumés.

Les résultats, présentés au graphique 5, montrent l'effet du niveau d'intensification sur le développement foliaire. Mais à partir du cinquantième jour après semis, on constate une baisse marquée du LAI dans le cas des parcelles de case et "proches fumées", témoignant d'un flétrissement et d'une défoliation (seules les parties vertes des feuilles étaient mesurées).

Un suivi hydrique réalisé à la tarière sur les deux champs proches fumés et les deux proches non fumés permet d'interpréter ce phénomène (graphique 6).

En effet, on constate bien, pendant les 50 premiers jours une consommation hydrique plus élevée de la parcelle fumée, mais compte tenu du faible niveau pluviométrique enregistré, cela a pour conséquence une consommation plus rapide de la réserve en eau du sol. Et entre 50 et 60 jours après semis, période à laquelle se situe la phase de floraison et où les précipitations ont été particulièrement peu abondantes, le stock hydrique sous les parcelles fumées est nettement plus faible qu'en l'absence de fumure, et l'ETR chute à 1.5mm/jour, passant ainsi nettement en dessous de l'ETR des parcelles non fumées (4mm/j).

L'extraction intense de l'eau du sol permise pendant la phase de développement végétatif par l'apport de matière organique a donc favorisé l'apparition d'un stress hydrique à la floraison.

Un phénomène similaire a été observé cette année en station (essai sole C de Bambey) où l'on comparait des parcelles avec et sans compost.

En ce qui concerne les rendements, dans le cas de Sob, ceux des parcelles fumées (1000kg/ha) restent très supérieurs à ceux des parcelles sans fumure (500kg/ha), et dans le cas de la sole C, on n'observe pas de différence entre les traitements.

Il semble donc que dans ces situations, les mauvaises conditions hydriques à la floraison sont compensées du point de vue de la production de grain par la meilleure extraction en début de cycle.

On peut cependant penser que des situations plus défavorables peuvent se produire dans certaines zones et qu'alors l'intensification peut conduire à augmenter le risque pris par l'agriculteur.

Il serait donc utile, dans les régions où les valeurs faibles de l'IRESP sont fréquentes, de multiplier les suivis hydriques in situ et en milieu paysan, afin de vérifier ce qui précède.

Parallèlement, un effort doit être fait pour introduire la fertilité dans la modélisation de l'IRESP.

En effet, la comparaison entre les stocks simulés par BIP, avec les coefficients culturaux déterminés par C. DANCETTE, et les stocks mesurés in situ à SOB, montre que le modèle décrit une situation proche de celle des champs fumés. (graphique 7). Ceci n'est pas étonnant dans la mesure où le calage du modèle a été réalisé en majeure partie sur des mesures de station et que les coefficients culturaux sont déterminés pour des conditions de fertilité non limitantes.

2.2-Besoins en eau du mil et indice de surface foliaire

C'est pourquoi un dispositif avait été mis en place en 1990 à Nioro du Rip permettant d'évaluer l'influence du développement foliaire sur les coefficients culturaux du mil et de l'arachide. On a cherché à induire des différences de LAI (indice de surface foliaire) en jouant sur les densités de semis et l'apport de fumure.

Les premiers résultats obtenus montrent dans le cas du mil que dans la plage des LAI observés, il existe une relation linéaire entre le coefficient cultural et le LAI. (graphique 8)

Ces données sont cependant à prendre avec précaution du fait de l'imprécision de l'estimation des kc à partir d'une seule année de mesure, liée à l'incertitude sur les apports d'eau d'irrigation et à la faible précision du bilan hydrique tensio-neutronique en condition de sol fortement humecté.

La simulation du bilan hydrique des parcelles non fumées de Sob a été tentée en utilisant des coefficients culturaux extrapolés à l'aide de cette relation, mais cela n'a pas permis d'améliorer de façon significative les performances du modèle.

Il faut signaler que les valeurs de LAI observées à Nioro sont restées supérieures à celles qui ont pu être relevées dans les parcelles de SOB. Il est donc possible que pour ces valeurs la relation soit différente et en particulier que sa pente soit plus forte.

Des essais ont été faits de paramétrer le modèle en jouant sur les coefficients culturaux afin d'ajuster la simulation aux mesures effectuées sur les parcelles non fumées, mais sans beaucoup plus de succès.

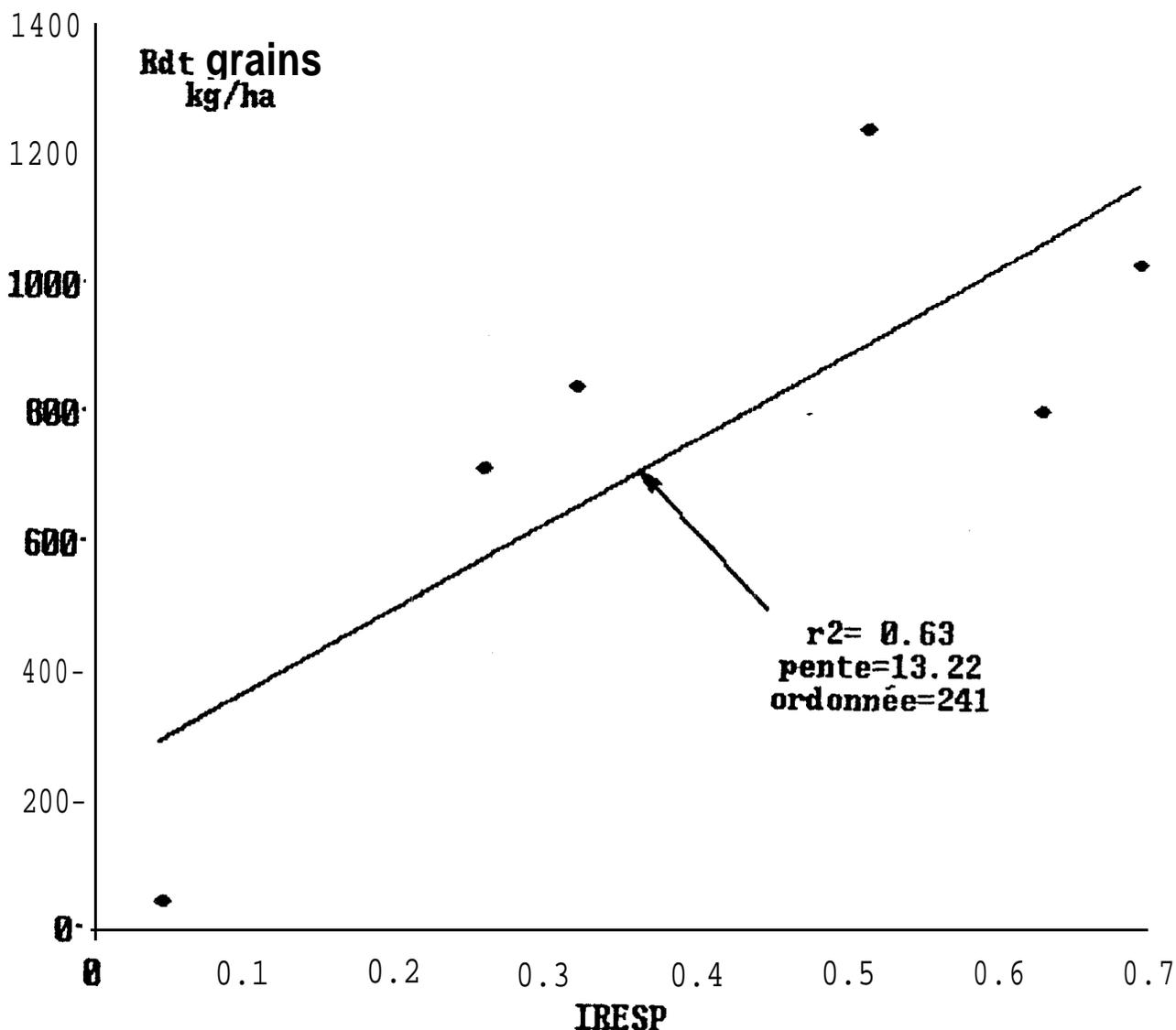
En fait, des recherches en cours à Bambey sur le thème "alimentation hydrique et fertilité" semblent montrer que la fertilité agit sur l'ETR à travers le développement foliaire et racinaire, mais aussi par le biais de la résistance au transfert de l'eau à travers la racine, sous dépendance en particulier du pH du sol.

Peut être faudrait-il devancer la consolidation de ces résultats et leur formulation sous la forme d'une version améliorée du modèle, et mesurer dès maintenant en milieu paysan surface foliaire, architecture racinaire et pH afin de construire un référentiel permettant la simulation de situations réelles variées.

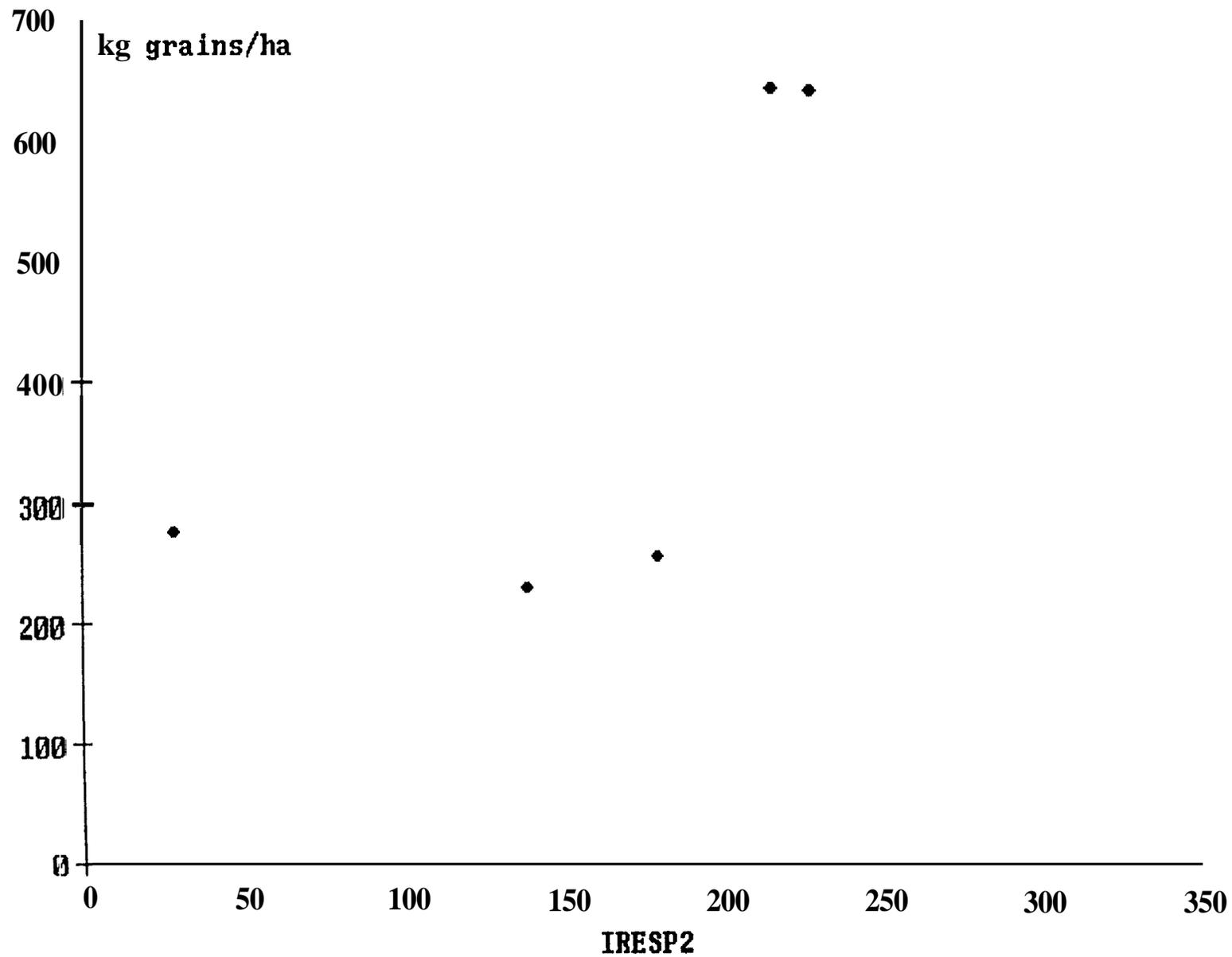
En fait, des **recherches en cours** à Bambey sur le thème "**alimentation hydrique et fertilité**" semblent montrer que la fertilité agit sur l'**ETR** à travers le développement foliaire et racinaire, mais aussi par le biais de la **résistance** au transfert de l'eau à travers la racine, sous dépendance en particulier du pH du sol.

Peut être faudrait-il devancer la consolidation de ces résultats et leur formulation sous la forme d'une version améliorée du modèle, et mesurer dès maintenant en milieu paysan surface foliaire, architecture racinaire et pH afin de construire un référentiel permettant la simulation de situations réelles variées.

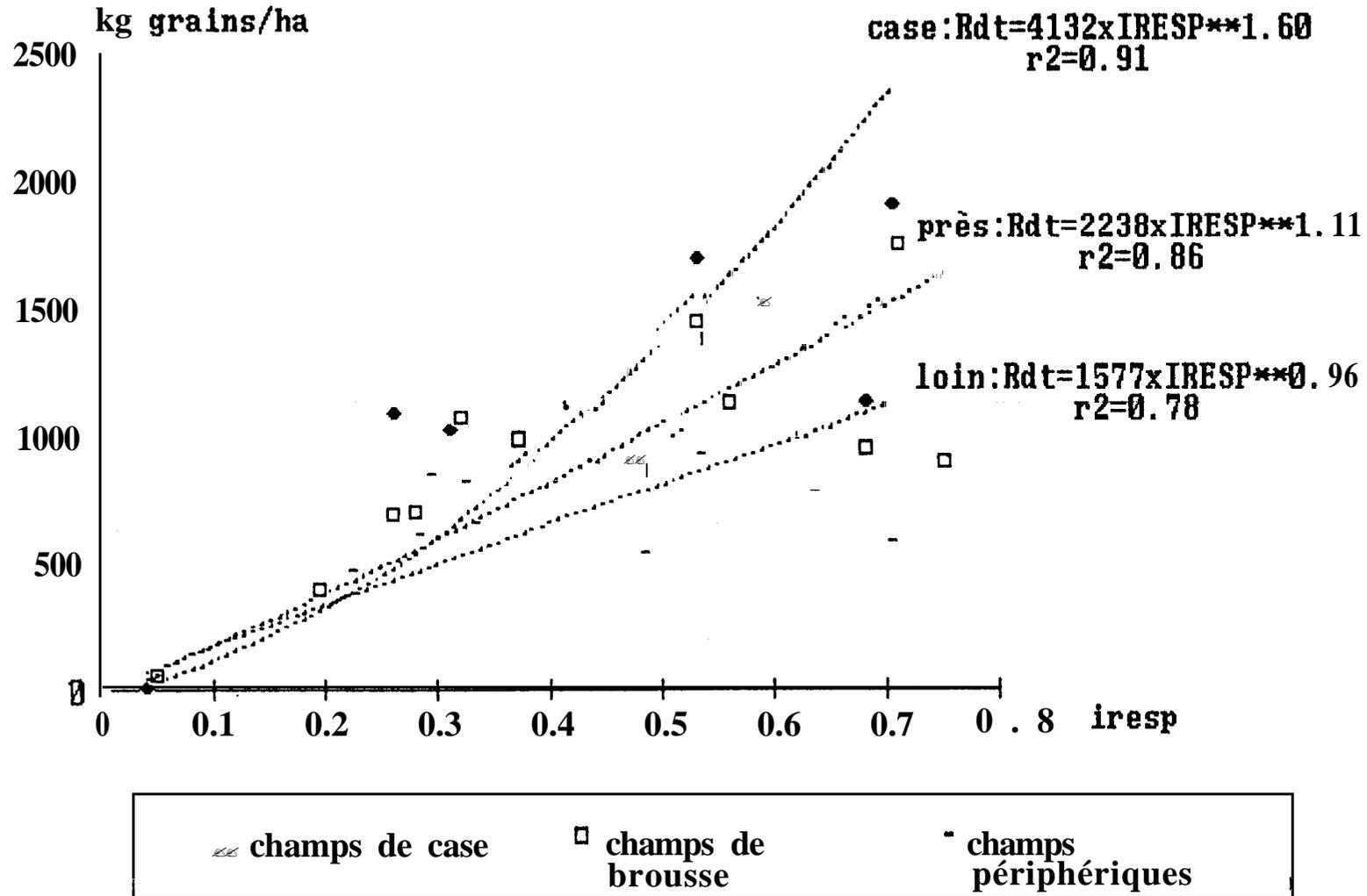
Graphique 1: Bendement grain du mil -Hivernage 90
moyennes par terroir
parcelles sans dégats



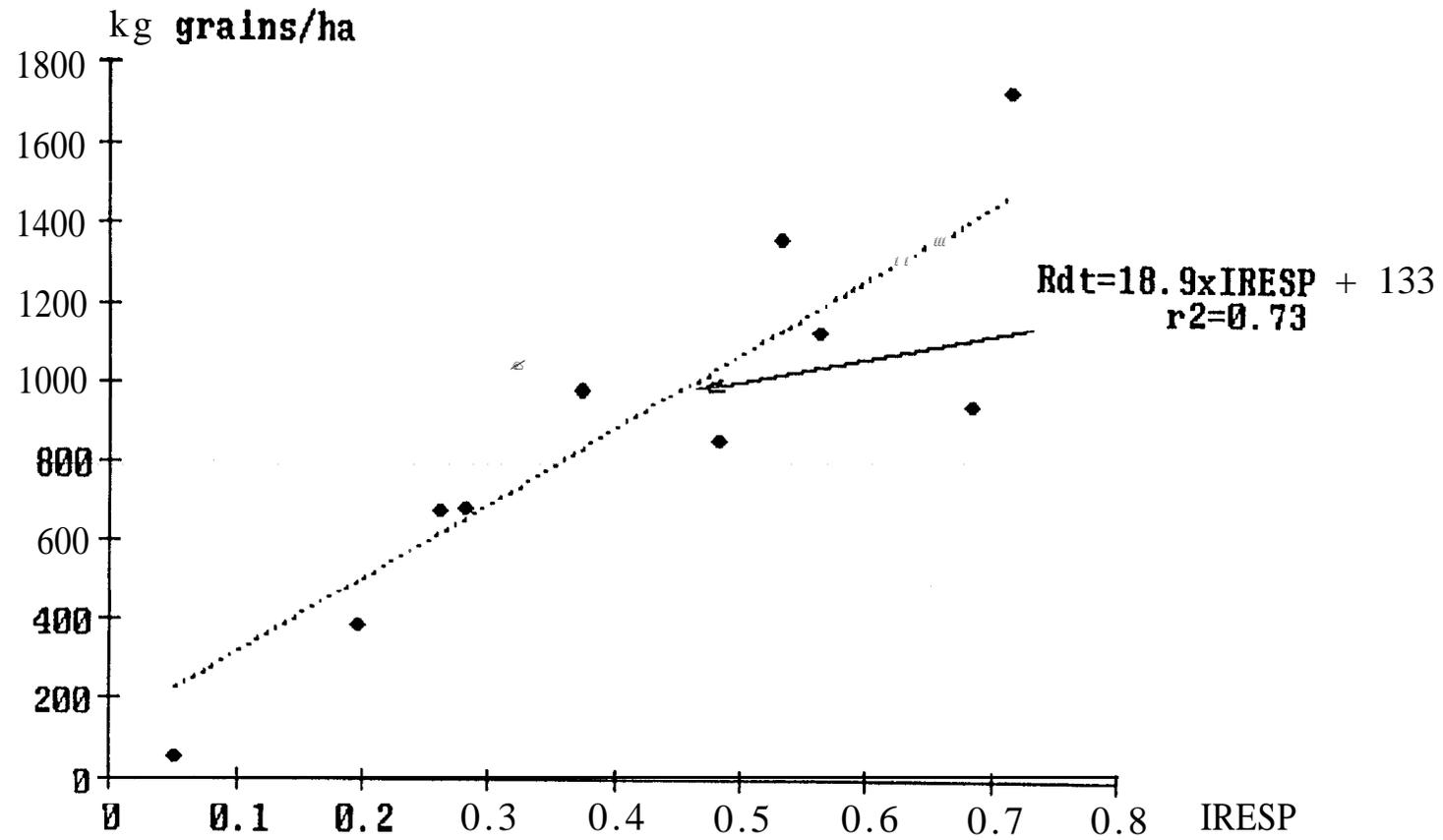
Graphique 2: Rendement grains de l'arachide. Moyennes par sites. Hivernage 1990



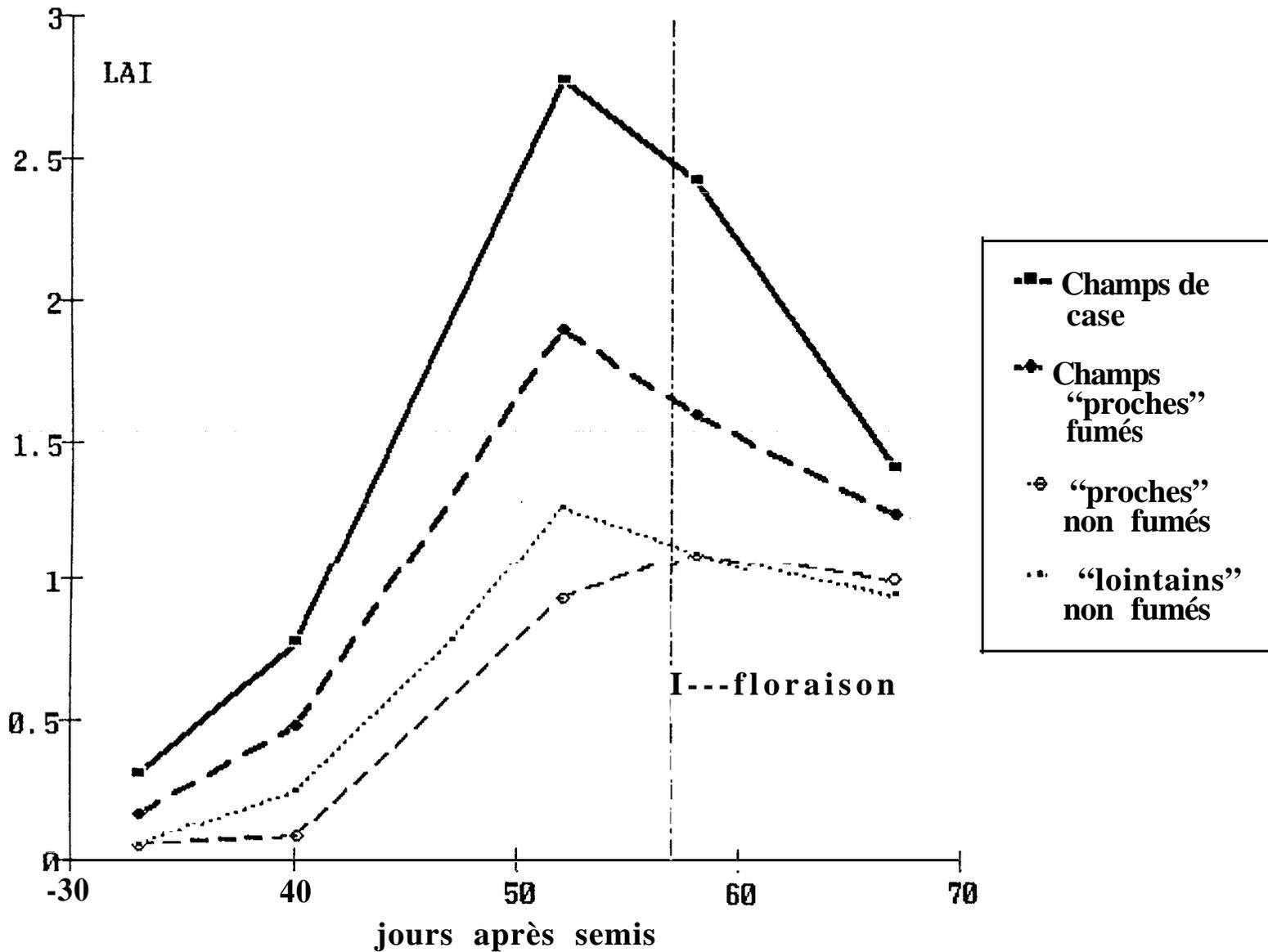
**Graphique 3: Influence de la place de la parcelle dans le terroir sur la réponse à l'eau du mil.
Rendements moyens par IRESP.
ESPACE Sénégal 1990**



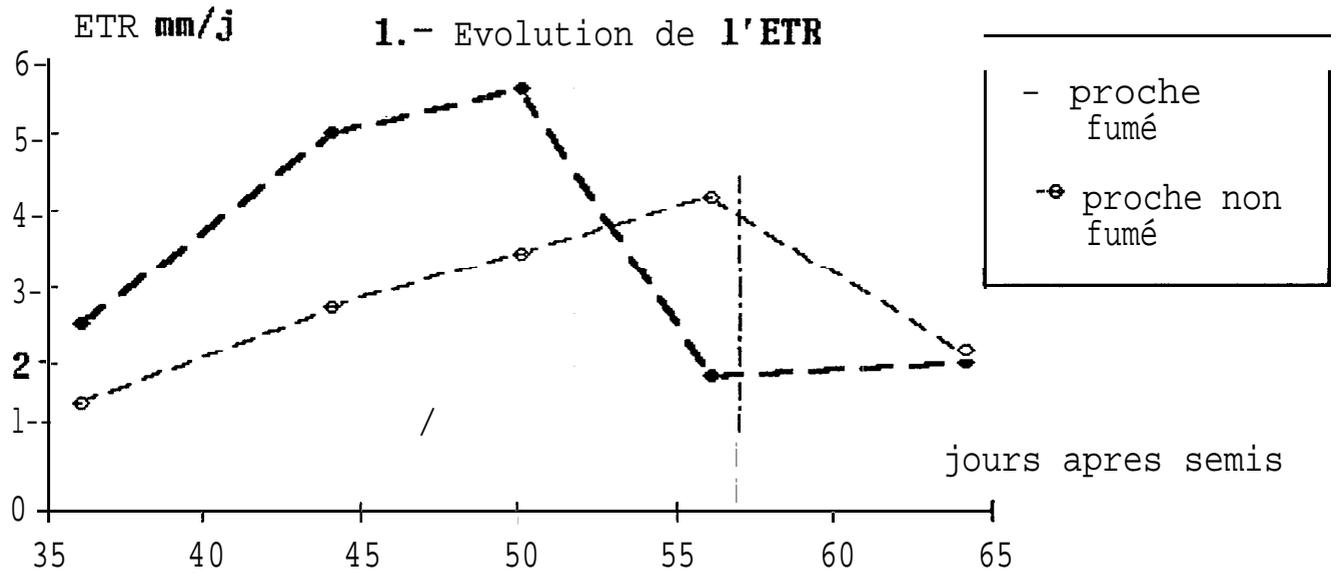
Graphique 4: relation rendement -**IRES** dans le cas des champs de brousse
Sénégal 89-90



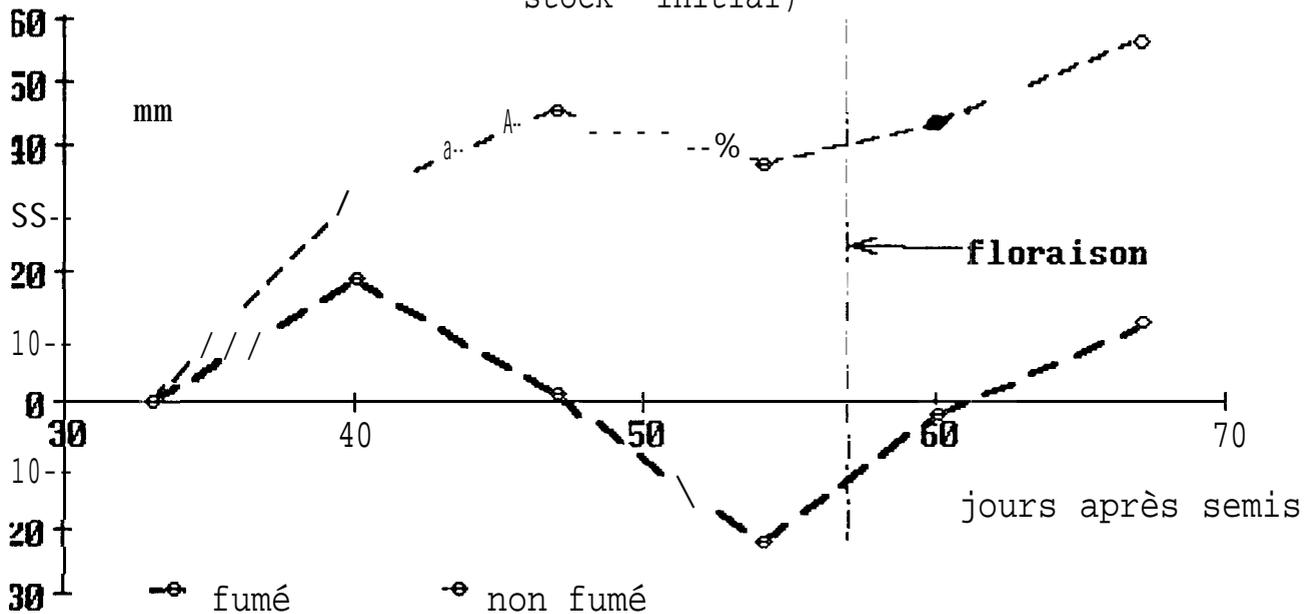
**Graphique 5: évolution de l'indice de surface foliaire du mil pour les différents types de champ.
Terroir de SOB - ESPACE Senegal 1990**



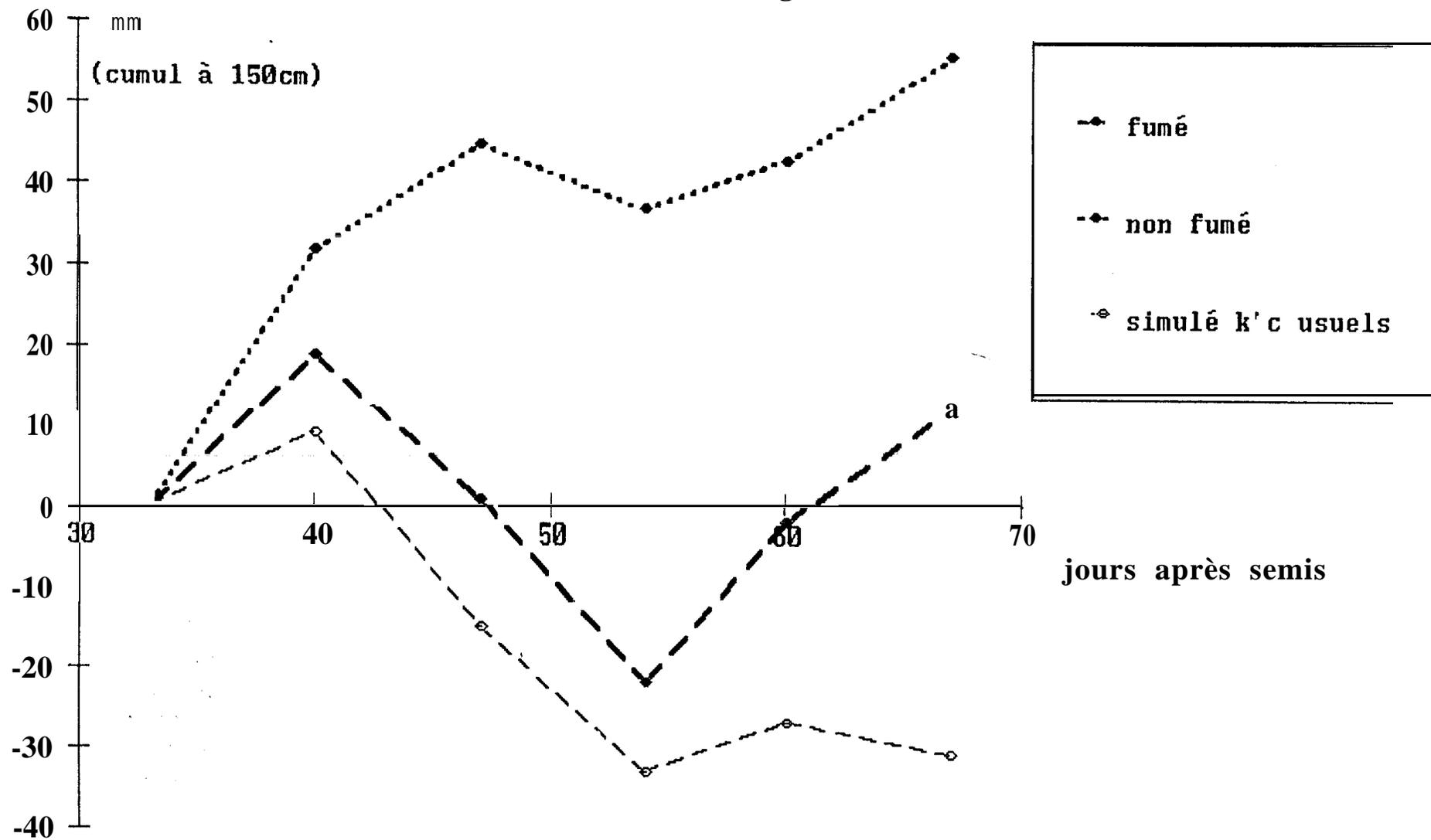
Graphique 6: alimentation hydrique du mil avec; ou sans apport de fumure organique en milieu paysan. Terroir de SCIE -- ESPACE Sénégal 1990



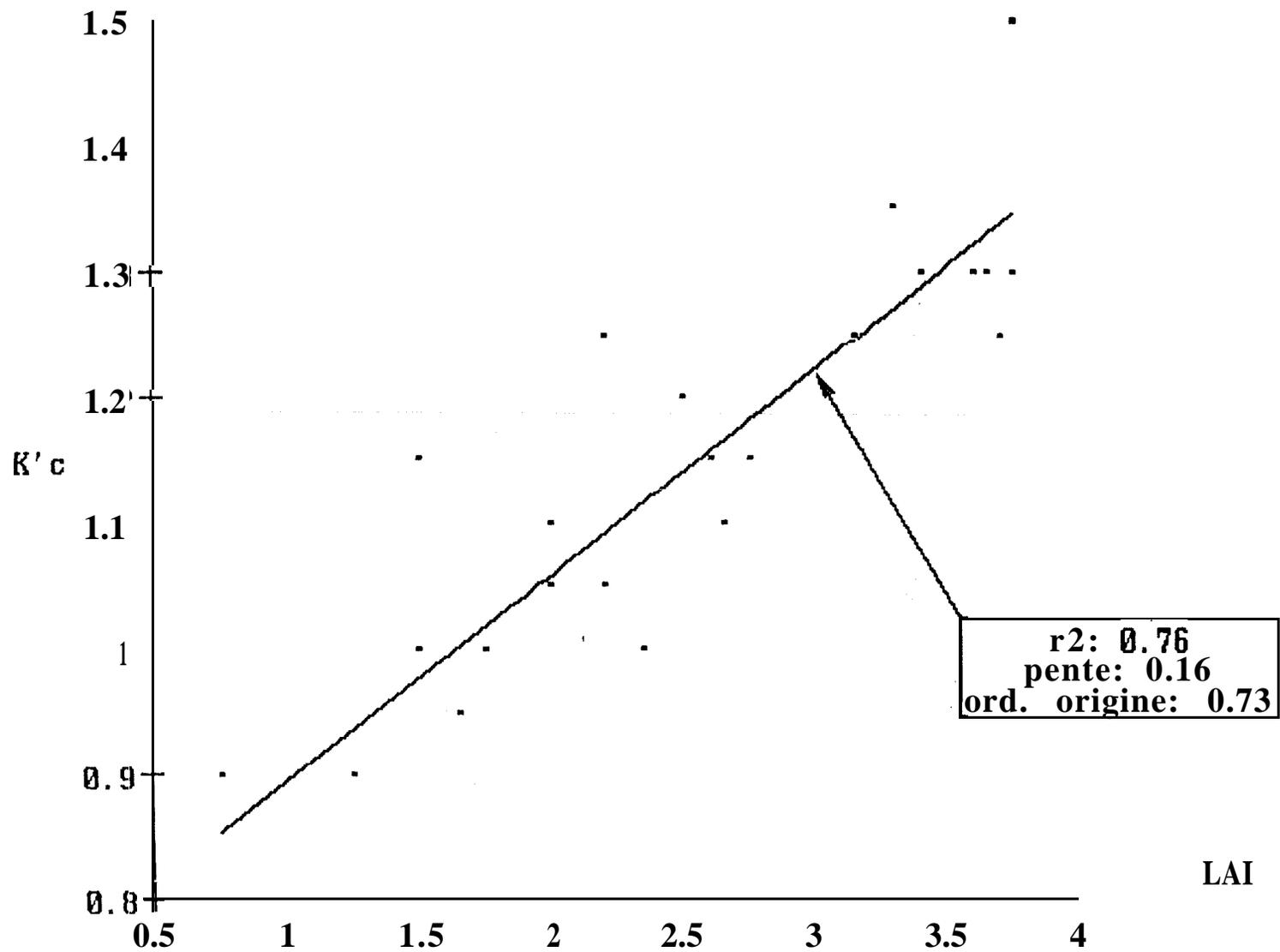
2.- Evolution du stock hydrique sous culture (par comparaison au stock initial)



Graphique 7: stocks mesurés et simulés avec les coefficients culturaux usuels, avec et sans fumure organique, Terroir de SOB. - ESPACE Senegal 1990



Graphique 8: coefficient cultural bac ($k'c$) en fonction de l'indice de surface foliaire (LAI). Nioro-du Rfp 1990



ANNEXE 5

Communication de F.AFFHOLDER

Séminaire "Gestion Agroclimatique des pluies"
CORAF-R3S Bamako décembre 1991

VARIABILITE DES RENDEMENTS DU MIL PLUVIAL EN MILIEU PAYSAN
SENEGALAIS: INFLUENCE DE L'ALIMENTATION HYDRIQUE, DE LA
GESTION DE LA FERTILITE ET DU CONTROLE DE L'ENHERBEMENT⁽¹⁾.

F.Affholder (2)

Résumé

A l'aide d'un échantillon de plus de cent parcelles de mil distribuées dans six terroirs repartis selon le gradient pédoclimatique dans le Bassin Arachidier du Sénégal, on a suivi les opérations culturales pratiquées par les agriculteurs et la production de grain au cours de l'hivernage 1990.

Ces données ont été mises en relation avec un indice hydrique déduit du bilan hydrique simulé de chaque situation **culturelle**.

Il ressort que si le potentiel de production, tel qu'il peut être obtenu en station de recherche, est parfois atteint, les rendements sont en général limités par les faibles restitutions **d'éléments** fertilisants et un mauvais contrôle des adventices.

Dans l'un des sites suivis, l'alimentation hydrique a de plus **été mesurée in situ** sur des situations fumées et non fumées. Il apparaît que l'apport de fumure peut avoir un effet pervers sur **l'ETR** de la culture et modifier le risque pris par l'agriculteur, dans des proportions qu'il convient d'évaluer à l'aide de modèles plus élaborés.

Mots-clefs: Bilan hydrique, risque agroclimatique, itinéraires techniques, **matière organique, sarclages, mil, Sénégal.**

(1) Séminaire CORAF-R3S "Gestion Agroclimatique des Précipitations", Bamako Décembre 1991

(2) ISRA/ IRAT-CIRAD. CNRA BP 53 Bambey Sénégal

INTRODUCTION

La grande variabilité interannuelle et spatiale des rendements des cultures est une des caractéristiques majeures de l'agriculture pluviale **d'Afrique** de l'Ouest.

Identifier et **hiérarchiser** les causes de cette variabilité est essentiel, à la fois pour se donner les moyens d'estimer la production agricole dans un contexte où les techniques de sondages à travers de vastes territoires se révèlent inefficaces, et pour déterminer les techniques permettant de stabiliser la production au niveau le plus **élevé** possible.

L'étude présentée ici se veut une contribution à :L'explication de la **variabilité** du rendement de la principale céréale pluviale du **Sénégal**, le mil, en associant l'étude agronomique de situations culturales observées dans six villages du bassin arachidier **Sénégalais**, à l'analyse de la consommation hydrique de ces situations, rendue possible par l'utilisation d'un modèle de simulation du bilan hydrique.,

La principale limite du modèle utilisé vient de ce qu'il ne rend pas compte des interactions, encore très mal connues, entre (certaines pratiques agricoles et l'alimentation hydrique **elle-même**. Ce problème est **discuté** à partir du cas particulier de l'influence d'apports de matière organique sur l'alimentation hydrique de la culture, mesurée in **situ**.

MATERIEL ET METHODES

Le Bassin Arachidier du Sénégal et les villages de l'enquête agronomique

Cette **région**, qui est la principale zone de production du mil au **Sénégal** est **marquée** fortement dans **la** plupart de ses caractéristiques par l'influence du gradientpedoclimatique **Nord-Sud**.

On se reportera, pour les conditions du milieu physique, à la figure (1). Les sols sont surtout de type ferrugineux tropicaux peu lessives au Nord **à** lessives au Sud. Leur teneur en **éléments** fins (Argile + Limons fins), inférieure à 10% au Nord atteint 20 **à** 25% au Sud du Bassin. Les pluviométries moyennes annuelles diminuent **régulièrement** du Sud au Nord, de 300 **à** 700mm (moyennes 1970-1987).

Les pratiques agricoles présentent dans cette zone certains traits **d'homogénéité** remarquables, avec toutefois quelques nuances entre le Nord et le Sud de **l'isohyète** 540 mm passant à Kaolack.

La rotation biennale mil-arachide, en culture pure, domine très largement, mais une relative diversification apparaît au Sud (coton, maïs, manioc). La jachère est exceptionnelle. Le mil **SOUNA** de 90 jours, très peu photopériodique, a pratiquement

partout remplacé les mils SAN10 de 120 jours devenus inadaptés du fait de la sécheresse.

La préparation du sol est se limite en général à un nettoyage des parcelles, parfois complété par un grattage, au Sud. Les semis sont réalisés le plus souvent mécaniquement et en humide sur la première pluie utile dans la moitié sud du bassin, et effectués en sec à la main, mais de plus en plus souvent mécaniquement dans la moitié nord. Les sarcla-binages sont réalisés en traction équine ou asine, et au sud parfois bovine.

Les ressources en matière organique d'origine animale sont limitées du fait de la saturation de l'espace agraire et de la disparition des zones de parcours, ce dernier phénomène étant particulièrement accentué au centre (pays Serer). Le recours aux engrais et produits phytosanitaires est exceptionnel depuis l'abandon de la politique de subvention aux intrants agricoles.

Les finages sont dans toute la région organisés en terroirs concentriques: champs de case à proximité immédiate du village, bénéficiant d'apports fréquents de matière organique et portant en général du mil en culture continue (Pombod Serer et Tol Keur Wolof), et champs de brousse, portant la rotation arachide-mil.

Lorsqu'une réserve foncière existe encore aux confins du territoire villageois, on trouve en outre à sa lisière quelques parcelles récemment défrichées (Tol Gor).

A ce schéma plan, il faut ajouter, surtout dans la moitié sud du bassin, l'influence du relief: la position d'un champ dans la toposéquence détermine d'éventuels reports d'eau par ruissellement ainsi que la nature du sol et donc sa réserve utile.

Pour cette étude, on s'est efforcé de choisir, parmi des sites susceptibles de représenter les différents milieux de la région, des villages ayant fait l'objet d'études en agronomie des systèmes agraires, afin de faciliter l'échantillonnage des parcelles.

L'échantillon de parcelles agricoles et l'enquête agronomique

L'échelle d'analyse que nous avons retenue est celle de la parcelle culturale, qui est définie comme la partie d'une parcelle foncière sur laquelle l'agriculteur applique un même ensemble de choix et de techniques (JOWE, 1989).

L'échantillon de départ comprenait 130 de ces parcelles réparties dans les différents sites, et à l'intérieur de chaque site, dispersées dans les différents terroirs identifiés lors des études système précédentes.

Le passe cultural, et en particulier les apports fertilisants antérieurs ainsi que l'ensemble des interventions des agriculteurs au cours de la campagne ont été suivis.

Les nombreuses observations concernant la fertilisation et les sarclages ont par la suite **été résumées** à l'aide d'**indices** synthétiques, ifum et isarcl. Ifum est basé sur la fréquence des apports de matière organique sur trois ans (1988 à 1990) et sur le type d'apport de fumure minérale ou organique pour **l'année** en cours. Il augmente avec la fréquence des apports et diminue avec leur ancienneté. L'indice Isarcl, quant à lui diminue quand la **précocité** et le nombre des sarclages augmentent par rapport à la moyenne du village. La présence d'au moins un sarclage manuel **immédiatement** après un sarclage mécanique a également été **considéré** comme un **critère** de qualité.

ifum = fmine + **forga90** + 1/2(**forga89**) + 1/3 (forga 88)

où - fmine = 1 si apport de fumure **minérale** en 1990, =0 dans le cas contraire:

- **forga(n)** = présence (1) ou absence (0) d'apport de fumure organique d'origine animale l'année **nn**. Pour **l'année** de **l'étude**, 1990, on a donné un point en plus dans le cas de fumure par **parcage** de troupeau sur la parcelle: **forga90=2**.

isarcl = nombre de sarclages **réalisés** tardivement + nombre de sarclages manquants + itype
avec itype = 0 si l'un des sarclages mécaniques au moins est suivi par un sarclage manuel, = 1 dans le cas contraire.

Le rendement et ses composantes ont été mesurés à l'aide de trois placettes de **25m²** dans chaque parcelle.

Enfin, les parcelles ayant **subi des dégâts** ou présentant une **donnée** manquante ont été exclues de l'analyse. On a également éliminé les situations où des ressemis partiels imbriqués sur la parcelle rendaient impossible la simulation du bilan hydrique. Il en **résulte** en définitive un échantillon de 109 situations culturales.

13ila.n hydrique simulé et indice hydrique synthétique

Le modèle utilisé est celui mis au point par **FOREST** (1980) à la suite des travaux de FRANQUIN et **FOREST (1977)**, dans sa version "**DHC**" (Diagnostic Hydrique de Campagne) permettant de réaliser de nombreuses simulations en série.

Ce modèle est de type déterministe fonctionnel et il a **été** vérifié qu'il restitue assez fidèlement les termes moyens du bilan hydrique d'une situation à partir des valeurs moyennes pour cette situation des **paramètres** d'entrée (MARCHAND, 1988).

Les paramètres d'entrée sont la pluviométrie journalière, la demande évaporative mesurée au Bac classe A, (Evbac), obtenue à partir de la station agroclimatique la plus proche pour chaque village, la réserve utile du sol sur un **mètre**, la date du semis et les coefficients culturaux pentadaires (**DANCETTE, 1983**),

caractérisant les besoins en eau de la culture.

On obtient en sortie, par pentade et pour les principaux stades **phénologiques** de la culture, l'évapotranspiration réelle ETR, le drainage sous la zone racinaire, l'évapotranspiration maximale ETM, et l'**état** du stock hydrique du sol.

La **pluviométrie** a été mesurée à l'aide de pluviomètres repartis dans le territoire villageois de manière à ce qu'aucune des parcelles suivies soit distante de plus **d'un kilomètre** d'un pluviomètre.

Les réserves utiles des sols du bassin arachidier sont bien connues et fortement **corrélées** à leur teneur en **éléments** fins (HAMON, 1980, IMBERNON, 1981). Elles varient de 50 mm par mètre de sol pour les sols les plus sableux, au nord du bassin arachidier (village de Keur Boumi) à **120mm/m** pour les sols plus argileux du Sine Saloum **et** de la région de Kougheul (villages de Ndimb Tabà, **Darou Khoudos** et Keur Lamine). Au centre elles varient entre 70 et **100mm/m** selon qu'on se trouve dans un sol dit Dior (sableux) ou Dek (plus argileux). Pour les villages du sud de la **région**, on a eu recours à la tarière pour évaluer la profondeur de sol utilisable par les racines, du fait de la **présence** possible de la cuirasse à moins d'un **mètre** de la surface.

De **nombreuses** études ont montré la pertinence des indices de satisfaction des besoins en eau **ETR/ETM** sur l'ensemble du cycle et à la phase de floraison pour l'explication du rendement des céréales pluviales en Afrique de l'Ouest, en milieu contrôlé.

L'indice que nous avons utilisé est l'indice de rendement potentiel, ou **espéré**, IRESP, résultant des travaux de **FOREST** et **LIDON (1984)**, **FOREST** et **REYNIERS (1988)**, **POSS** et al. (1988), **CORTIER** et al. (1988):

IRESP = (ETR/ETM)cycle x (ETR/ETM)phase sensible

où (ETR/ETM)phase sensible est le minimum de (ETR/ETM)floraison et (ETR/ETM)montaison-épiaison.

Bilan hydrique in situ

Des travaux de station (CISSE, 1986, AFFHOLDER, 1991) ayant mis en évidence une interaction entre la fertilité du sol et l'alimentation hydrique du mil, on a voulu juger de l'importance de ce **phénomène**, que le Modèle utilisé ne prend pas en compte, en milieu paysan.

Un bilan hydrique in **situ** a donc été **réalisé** sur l'un des sites (Sob), par la méthode gravimétrique, sur huit parcelles représentant quatre niveaux d'apports de matière organique et ayant levé à la même date. On s'est attaché à vérifier que la conduite de ces parcelles était par ailleurs **homogène**.

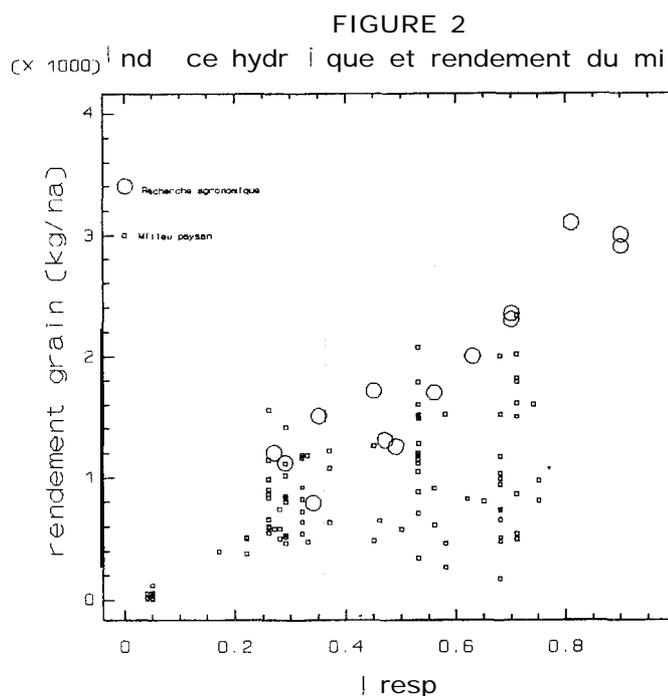
RESULTATS

Alimentation hydrique et rendements

La figure 2 donne le rendement en grain du mil en fonction de l'indice hydrique IRESP. Les deux variables sont nettement corrélées, mais la variabilité du rendement augmente avec la satisfaction des besoins en eau.

Les meilleurs rendements obtenus sont proches du potentiel, représenté par les rendements des parcelles intensifiées des stations de recherche de l'ISRA.

Un rapport de 1 à 10 existe entre les moins bons et les meilleurs rendements lorsque les conditions hydriques ne sont pas limitantes.



Variabilité des situations agricoles

D'une manière générale les résultats de l'enquête confirment la faible variabilité du précédent cultural (mil dans les champs de case, arachide dans pratiquement tous les autres cas), de la préparation du sol (simple nettoyage) et de la variété utilisée (SOUNA).

La situation phytosanitaire a été relativement satisfaisante en 1990, et seuls quelques dégâts dus aux cantharides sont signalés, principalement dans les villages du Sud.

Les principaux facteurs de différenciation des situations qui apparaissent sont, outre les facteurs pris en compte par la simulation du bilan hydrique; la **densité** de semis, la **qualité** des sarclages et du démariage ainsi que la fréquence et **l'ancienneté** des apports de fumure.

De nombreux auteurs ont montré l'influence de la position **des** parcelles dans la toposéquence sur le bilan hydrique (ROUSSEAU, 1988, ALBERGEL et al, 1990) et sur le rendement des cultures (GARIN, 1988). Cependant le nombre de situations à ruissellement potentiel est très faible dans notre **échantillon** par rapport à celui des situations "**stables**" et ce critère n'a pu être utilisé dans l'analyse.

Influence des pratiques culturales sur la réponse à l'indice hydrique.

Pour évaluer cette influence, on a cherché à tester l'existence de correspondances entre les niveaux de rendement obtenus et les pratiques culturales tout en tenant compte du niveau d'alimentation hydrique. Pour cela, on a découpé le graphique de la figure 2, donnant le rendement grains en fonction de l'indice Iresp, en zones contenant le même nombre de situations, en respectant la symétrie du nuage de points (figure 3). Les situations où Iresp est **inférieur à 0.1** ont été regroupées en une seule zone du fait de la **très** faible variabilité de leur rendement. Les autres situations sont réparties en huit zones d'environ douze points chacune, pour lesquelles on a **étudié** la distribution des variables **descriptives** des sarclages (tableau 1) et la fumure (tableau 2).

FIGURE 3: partage en zones du graphe (x 100) rendement grain - indice hydrique

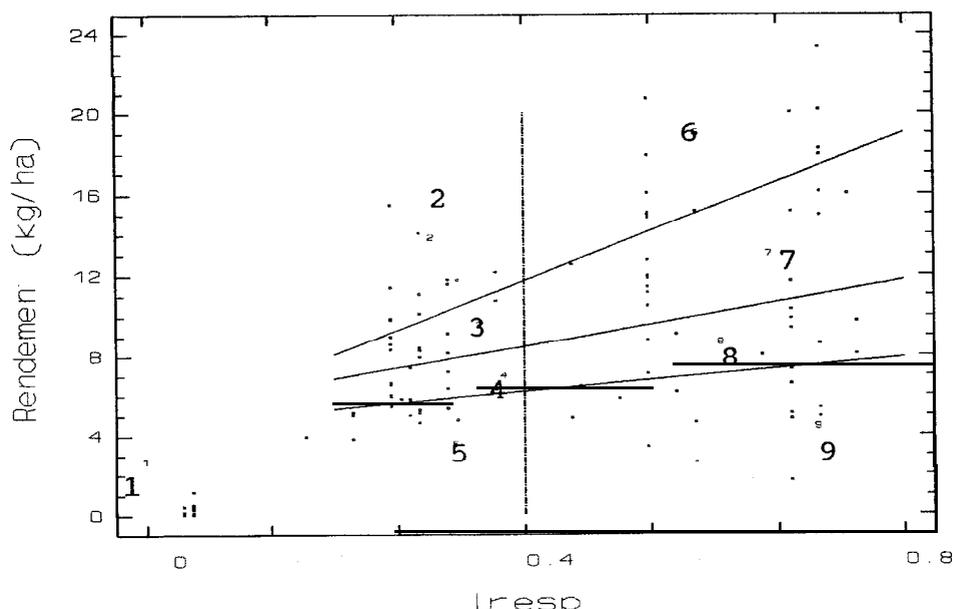


Tableau 1: Proportions (%) des situations par niveaux de l'indice de qualité des sarclages **Isarcl** pour les zones 2 à 9.

	zones							
isarcl	2	3	4	5	6	7	8	9
0 - 1	63.7	88.9	80	83.4	41.7	28.5	50	21.4
2 - 3	36.4	0	10	8.3	41.7	50	33.4	42.9
4 - 5	0	11.1	10	8.3	16.7	21.4	16.6	35.7

signification moyenne des niveaux de **isarcl**:

isarcl=0 ou 1: sarclages corrects à très corrects

isarcl=2 ou 3: sarclages tardifs mais tous effectués. **Présence en général d'un** sarclage manuel **après** le 2eme sarclage mécanique.

isarcl=4 ou 5: sarclages tous tardifs, certains non effectués, absence **fréquente** du sarclage manuel.

Tableau 2: Proportions des situations par niveaux de l'indice de fumure **Ifum** pour les zones 2 à 9.

	zones								
ifum	2	3	4	(5)	6	7	8	9	
A	2.5-3.8	18.2	22.2	10	8.3	33.3	7.1	8.3	0
B	1.5-2.3	27.3	11.1	20	8.3	33.3	21.4	33.3	7.1
C	0.5-1.3	54.5	22.2	40	16.7	16.7	50.0	33.3	28.6
D	0 - 0.3	0	44.4	30	66.7	16.7	21.4	25.0	64.3

signification moyenne des niveaux de **Ifum**:

A: fumure 3 années sur 3, **parcage** ou **parcage** + engrais en 90

B: fumure 3 années sur 3 sans **parcage** en 90 ou **parcage** en 90 avec fumure une seule des deux autres **années**.

C: fumure peu **fréquente** ou ancienne

D: fumure rare et ancienne

La zone 5 s'oppose aux zones 2 à 4 par le niveau de fertilisation, les zones 6, 7 et 9 se **différencient** à la fois par la qualité des sarclages et le niveau de fertilisation, positivement **corrélés**. L'analyse plus **détaillée** de la zone 8 montre qu'elle est surtout constituée de situations à sarclages corrects et fumure peu **fréquente** à rare, coexistant avec des situations à sarclages **médiocres** et fumure moyenne.

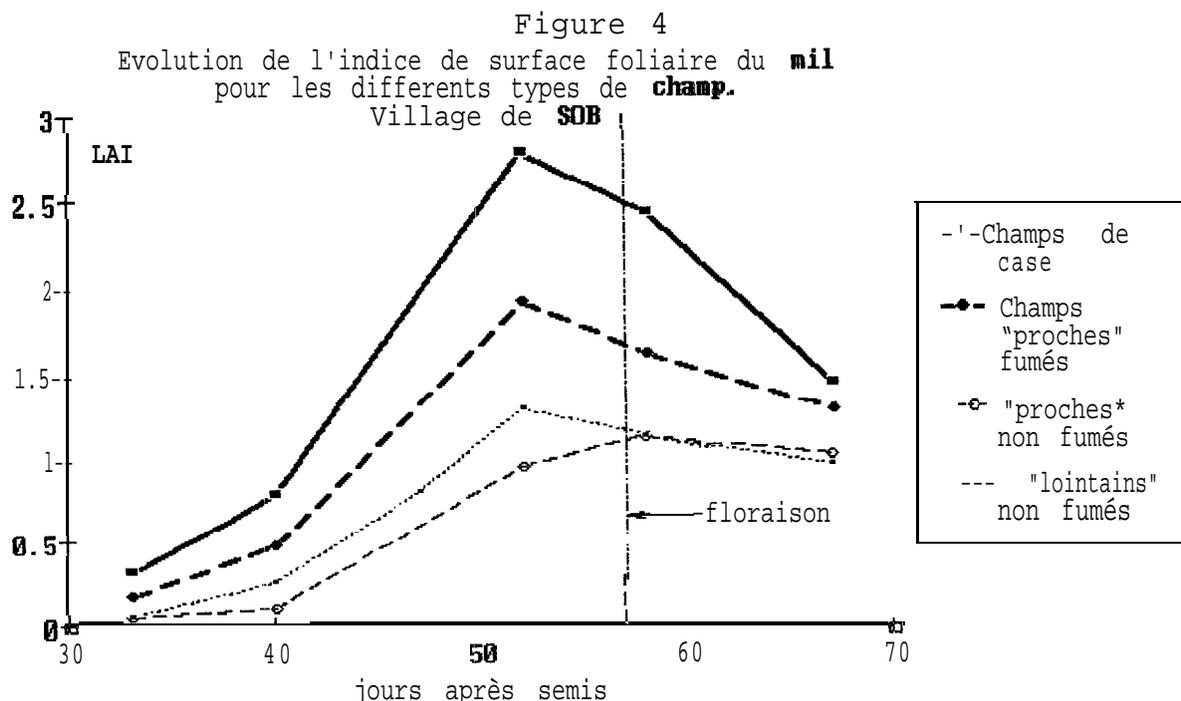
Ces critères ne permettent pas de bien différencier les zones 2 à 4. On peut soupçonner que l'indice de qualité des sarclages est assez imparfait, car il ne tient pas compte, en particulier, du soin apporté à l'opération, qu'on pourrait relier à la **durée** de chaque sarclage. ANGE et FONTANEL (1987) ont montré en effet que cette durée pouvait être très variable, pour des sarclages commencés aux mêmes dates. Cette imperfection s'exprimerait plus dans les villages à conditions hydriques limitantes du fait du nombre plus réduit de sarclages et de la moindre variabilité des dates d'intervention dans ces **régions**.

Mais on peut également avancer l'hypothèse, annoncée **précédemment**, d'une **interaction** entre niveau de fumure et alimentation hydrique qui "**brouillerait**" le classement des situations en fonction de l'indice I_{resp} , calculé par un modèle ne tenant pas compte d'une telle interaction.

Suivi hydrique in situ pour différents niveaux de fumure:

Le dispositif mis en place sur des parcelles fumées et non fumées du village de Sob, où l' I_{resp} variait entre 0.2 et 0.5 en 1990, permet d'examiner plus avant la **validité** de cette hypothèse.

La figure 4 montre que la fumure a eu un effet positif sur la croissance et l'indice de surface foliaire pendant les 50 premiers jours du cycle. On assiste ensuite à une baisse sensible du LAI dans les parcelles **fumées**, particulièrement **marquée** dans les champs de case qui sont les plus fumés, tandis qu'il se stabilise dans les parcelles sans fumure.



L'analyse de l'alimentation hydrique permet d'interpréter ce phénomène (figures 5 et 6). Pendant la première partie du cycle, jusque vers 50 jours après semis, la fumure favorise l'extraction de l'eau du sol. Les précipitations étant limitantes, on se trouve au stade de la floraison avec une réserve hydrique sous les parcelles fumées nettement plus faible qu' en l'absence d'apports de matière organique, et l'ETR chute à 1.5 mm/jour alors qu'elle reste proche de 4mm/jour dans les parcelles non fumées.

Figure 5: ETR du ail avec et sans fumure à Sob

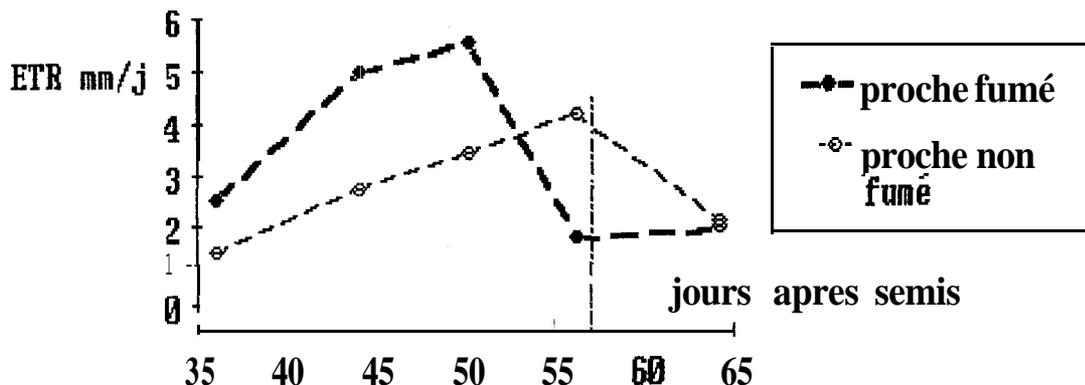
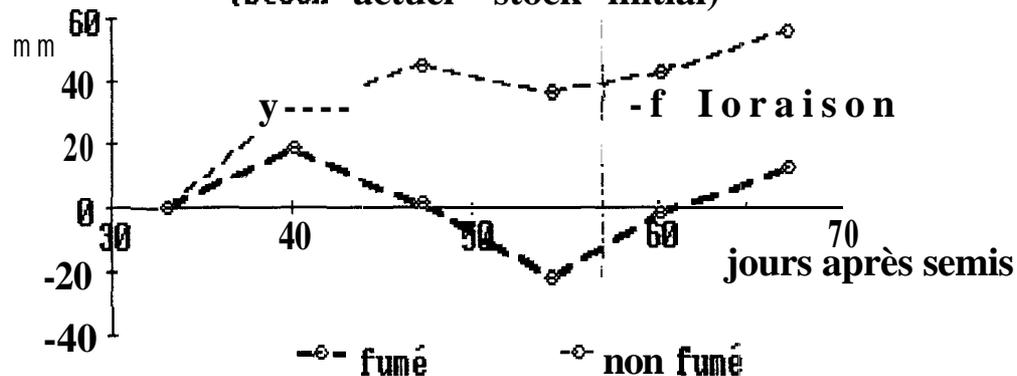


Figure 6: Stock hydrique sous culture avec et sans fumure (stock actuel - stock initial)



L'extraction intense de l'eau du sol permise par la fumure pendant la phase de développement **végétatif** a, dans ce cas de figure favorisé l'apparition d'un stress hydrique à la floraison, qui a provoqué un flétrissement de feuilles, entraînant la chute de LAI observée à la figure 4.

Les rendements des parcelles **fumées** (1000 kg/ha) restent malgré cela doubles de ceux des champs **non fumés** (500 kg/ha), le stress hydrique de floraison semblant avoir été mieux que compensé par la meilleure alimentation hydrique de la phase **végétative** et par une probablement meilleure alimentation minérale.

Mais on peut supposer que des situations plus défavorables peuvent se produire, où le gain de production lié à la fertilisation, réduit par l'effet mis en évidence, peut au moins ne pas suffire à couvrir le coût de l'intrant employé, qu'il s'agisse d'un coût en travail ou d'un coût monétaire.

Enfin, le tableau 3 montre que la fumure a entraîné une baisse de 20% de l'indice Iresp calculé à partir du bilan hydrique in situ, lorsque l'indice obtenu par simulation ne permet pas de distinguer les deux situations.

Tableau 3: Indice hydrique Iresp mesure et simule pour les parcelles fumées et non fumées.

		Iresp	
		simulé	in situ
parcelles	lles		
fumées	fumées	0.26	0.17
non fumées	fumées	0.26	0.22

Dans le cas étudié, la réponse du rendement à l'indice hydrique est améliorée par la prise en compte de l'interaction entre alimentation hydrique et niveau de fumure, et l'on est tenté de supposer qu'on retrouverait, en calculant un tel indice à l'aide d'un modèle plus élaboré, un classement des rendements en fonction de la fertilité pour chaque niveau d'Iresp.

Typologie des situations agricoles en fonction de l'alimentation hydrique et des pratiques culturelles.

En définitive, et à la lumière de ce qui précède, une typologie des situations culturelles peut être proposée, dont on a représenté les catégories sur le graphique iresp-rendement (figure 7):

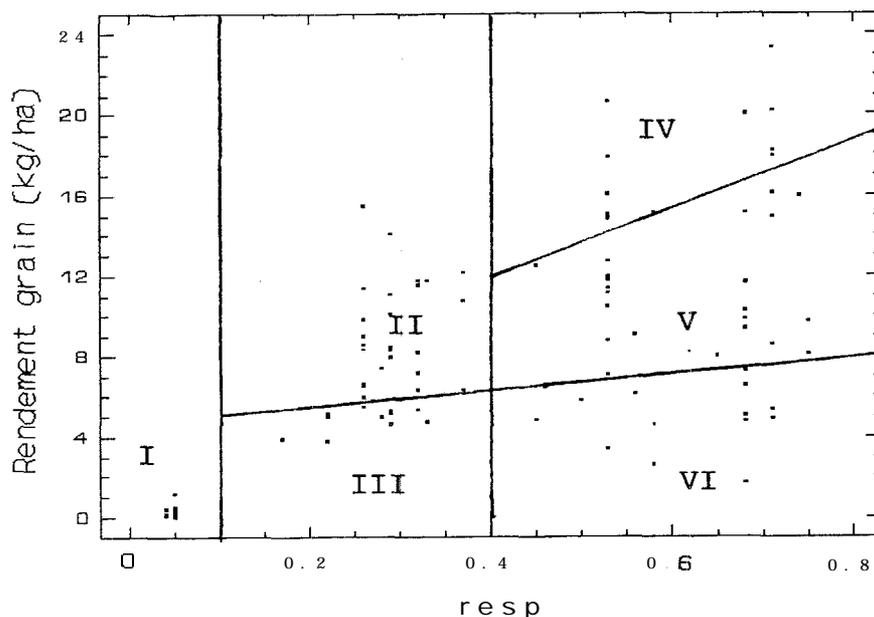
- catégorie 1: Iresp < 0.1 : Conditions hydriques extrêmement limitantes. Variabilité très faible des rendements, production ne suffisant en général pas à couvrir les frais de récolte.

- categorie II: conditions hydriques limitantes avec emploi régulier de fumure. Influence parfois perverse de la fertilisation sur la réponse aux conditions climatiques. Productions proches du potentiel à inférieures au potentiel (de 100% à 50%).

- categorie III: conditions hydriques limitantes. Recours à la fumure moins d'une année sur trois. Rendements très inférieurs au potentiel (<50%).

- catégorie IV: conditions hydriques moyennement limitantes à peu limitantes. Fertilisation organique et parfois minérale

FIGURE 7: catégories de la Typologie des situations culturales (x 100)



deux à trois années sur trois. Calendrier de sarclages correct. Rendements **très** proches du potentiel.

- catégorie V: conditions hydriques moyennement limitantes à peu limitantes. Fertilisation régulière mais peu fréquente (une **année** sur trois) et sarclages tardifs, ou fertilisation plus fréquente mais sarclages nettement bâclés, ou fertilisation plus rare mais sarclages mieux conduits. Rendements inférieurs au potentiel (80 à 30 % du potentiel). Influence très probable sur les rendements de la situation de la parcelle vis à vis du ruissellement.

- catégorie VI: conditions hydriques moyennement limitantes à peu limitantes. Recours à la fertilisation organique moins d'une **année** sur trois et sarclages bâclés. Rendements **très inférieurs** au potentiel (<30% du potentiel).

CONCLUSION

Il apparaît que les agriculteurs Sénégalais atteignent sur certaines parcelles le potentiel de production du mil correspondant aux conditions climatiques du lieu.

Mais lorsque ces conditions sont moyennement 8 faiblement limitantes, les rendements sont dans la plupart des cas limités par le faible niveau de restitutions, l'absence de recours aux engrais et un mauvais contrôle des adventices. Plusieurs **études** en agronomie des **systèmes** agraires effectuées dans le Bassin Arachidier Sénégalais (GARIN et al., 1990, ANGE et FONTANEL, 1987, GARIN, 1989), montrent que la qualité de la gestion de la **fertilité** et du contrôle de l'**enherbement** est **limitée** par les

ressources en matière organique, réduites par la disparition des parcours et des jachères, et par les difficultés d'accès au matériel de culture attelée.

Lorsque les conditions hydriques sont plus défavorables, le calendrier d'exécution des sarclages est moins variable. Si l'absence de restitutions mène à coup sûr à des rendements très inférieurs au potentiel, la valorisation d'apports de fumure n'est pas pour autant garantie.

Comblé le "Gap technologique" de cette agriculture passe donc par une politique de soutien à l'acquisition d'intrants et de matériel, et par une optimisation de la gestion des ressources en matière organique. Cependant il convient d'être prudent dans l'utilisation de fertilisants dans les régions où les années à indice hydrique Iresp faible sont fréquentes.

Il est nécessaire de poursuivre les recherches sur les interactions entre pratiques culturales et alimentation hydrique afin de mettre au point des modèles permettant, par des analyses fréquentielles, d'évaluer avec précision pour chaque région le risque agricole lié à l'utilisation d'intrants.

Bibliographie

AFFHOLDER F., 1991. Influence d'apports de compost sur l'alimentation hydrique du mil. in REYNIERS F.N., 1991. 3eme rapport d'avancement de l'ATP "Croissance et fonctionnement hydrique des racines en sols dégradés" IRAT CIRAD.

ALBERGEL J., PEREZ P., VASKMANN. M., 1990. Gestion agricole des pluies au Sahel. Une méthode d'estimation de ruissellement dans le bilan hydrique des cultures. Journées hydrologiques de Montpellier 1990. ORSTOM 12p

ANGE A., FONTANEL, P. 1987. La contrainte enherbement et sa gestion dans le sud Saloum au Sénégal. Une analyse connexe de l'organisation du travail et de ses résultats agronomiques. Séminaire MESRU/CIRAD, Septembre 1987. 15 p.

CISSE L., 1986. Etude des effets d'apports de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du Centre - Nord du SENEGAL. Thèse de doct. en Sciences Agron. Inst.Nat. Polytechnique de Lorraine. 184 p.

CORTIER B., POCHIER, G., IMBERNON, J. 1988. Le maïs au Sénégal: effets des techniques culturales et des conditions hydriques en culture pluviale. Agr. Trop. 1988, 43-2 pp. 85-90.

DANCETTE C., 1983. Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne. L'Agron. Trop., 38 (4):pp 281-294.

DOUMOIRO J.P., 1987. Etude de la **variabilité** du rendement du mil dans la région de MARADI (Niger), pour l'obtention du Diplôme d'Agronomie Tropicale (DAT) DSA/CIRAD Montpellier, 121 p.

FRANQUIN P., FOREST F., 1977. Des programmes pour l'évaluation et l'**analyse** fréquentielle des termes du bilan hydrique. *L'Agron. Trop.*, 32 (1), pp 7-11.

FOREST F., LIDON B., 1982. Influence of the rainfall pattern on fluctuations in an intensified sorghum Crop Yield. Agrometeorology of Sorghum and Millet in the **Semi-Arid** Tropics: Proceedings of the International Symposium, 15-20 nov 1982, ICRISAT. pp. 261-273.

GARIN P., 1988. **Itinéraires** techniques et rendement de l'arachide à sob, village du Sine en 1987. DRSAER/ISRA - CIRAD/DSA Montpellier. DSA 1989/17 30 p. Annexes et graph.

GARIN P., 1989. **Eléments** d'analyse de la gestion des moyens de production au sein d'une **communauté** villageoise du Sine-Saloum. Le cas de Ndimb Taba. Document de travail, CIRAD/DSA Montpellier 51 p. + annexes et graph.

GARIN P., FAYE A., LERICOLLAIS A., SISSOKHO M., 1990. Evolution du rôle du bétail dans la gestion de la fertilité des terroirs **séreer** au SENEGAL. Les cahiers de la Recherche Développement n° 26 - Juin 1990. Dossier n° 2 : Gestion des terroirs. pp. 65-84.

HAMON G., 1980. Mise en oeuvre et critique de **méthodes** de **caractérisation** hydrodynamique de la zone non saturée du sol. Application aux sols de culture du **Sénégal**. Thèse de Doct. Ing., Institut de **mécanique**, Grenoble, 136p.

IMBERNON J., 1981. **Variabilité** spatiale des caractéristiques hydrodynamiques d'un sol du **Sénégal**. Application au calcul d'un bilan sous culture. **Thèse** de doctorat 3ème cycle **présenté** à **l'Université** Scientifique et **médicale** et **l'INP** de GRENOBLE, soutenu le 27 Avril 1981. 152 p. + annexes et graph.

JOWE P., 1989. L'analyse agronomique de situations culturales. Lab. Syst. Prod. - DSA CIRAD - Montpellier. 11 p.

MARCHAND D., 1988. **Modélisation** fonctionnelle du bilan hydrique sur sol cultivé : approche **déterministe** ou stochastique. Thèse doctorat soutenu à **l'Université** Joseph FOURIER - GRENOBLE 1, INP/GRENOBLE, 246 p.

POSS R., SARAGONI H., IMBERNON J., 1988. Bilan simulé du maïs au Togo **méridional**. *L'Agron. Trop.*, 43 (1), pp 18-29.

REYNIERS F.N., FOREST F., 1988. **Améliorer** l'alimentation hydrique et son efficacité en agriculture pluviale en Afrique au Sud du Sahara. **Séminaire** ILRI/CTA du 25 au 29 Avril 1988 à HARARE, 25p.

ROUSSEAU V., 1988. Suivi hydrique à **l'échelle** d'une toposéquence et ajustement **d'un modèle** de simulation du bilan hydrique. Utilisation agricole de l'eau, maîtrise du milieu et production. Diplôme d'agronomie tropicale. ENSAM/CNEARC. Novembre 1988, 40p.