

CN.92006A

Institut Sénégalais
de Recherches Agricoles (ISRA)

IRAT-CIRAD

PROGRAMME AGROCLIMATOLOGIE
Rapport d'activité
"Pratiques agricoles et valorisation de l'eau"
année 1991

F.AFFHOLDER

Mesures de terrain et de laboratoire
réalisées par Sitor NDOUR
Abdoulaye FAYE

CNRA - LAMBEY - S.D.L	
Date	23 Juin 1992
Numéro	081/92
Mois Bulletin	
Destinataire	SM

Avril 1992

Direction des Recherches sur les Systèmes Agraires et
l'Economie Agricole

INTRODUCTION

Les travaux décrits dans ce rapport d'activité visent pour l'essentiel à confirmer les résultats obtenus en 1990 sur l'interaction entre alimentation hydrique des cultures et fertilité du sol, et à alimenter en référentiel de calage d'un modèle de bilan hydrique amélioré, tenant compte d'une manière générale de l'influence des pratiques culturales sur l'alimentation hydrique, en cours de mise au point avec le concours de chercheurs de l'IRAT, de l'ISRA et d'autres instituts de recherches des pays Sahéliens.

Les travaux **menés** dans le cadre du projet E.S.P.A.C.E. (Estimation et Suivi de la Production Agricole en fonction du Climat et de l'**Environnement**) font l'objet d'un rapport séparé (projet ESPACE **Sénégal 1986-1991**.-3ilan sommaire et perspectives, Mars 1992).

Enfin une synthèse de l'ensemble des recherches menées de juin 1989 à mai 1992 au service Agoclimatologie de l'**ISRA** sur le thème de la valorisation de l'eau par les cultures pluviales en relation avec les itinéraires techniques sera réalisée en 1992.

BILAN HYDRIQUE IN SITU EN MILIEU PAYSAN
TERROIR DE SOB 1991

**BILAN HYDRIQUE IN SITU EN MILIEU PAYSAN
TERROIR DE SOB 1991**

INTRODUCTION

Des mesures de bilan hydrique réalisées sur mil en parcelles paysannes à Bambey Serer et à SOB, ont montré que les valeurs **d'ETR** étaient **généralement** plus faibles que celles observées en station (C.DANCETTE, 1974), et qu'elles étaient hautement variables en fonction du niveau de fertilité (A.N.DJIGUI, 1990, F.AFFHOLDER, 1991).

Dans la perspective de la mise au point de **modèles** de bilan hydrique tenant compte de l'interaction alimentation hydrique-**fertilité**, basés sur l'analyse en station et au laboratoire des **mécanismes** de cette interaction, il paraissait nécessaire de réaliser en 1991 de nouvelles observations en milieu paysan afin de compléter le référentiel de calage de ces modèles, qui doivent permettre d'évaluer le risque agricole associé au risque climatique et au niveau d'intensification.

X-ARACHIDE

1.1 Objectifs

Le dispositif mis en place avait pour objectifs:

- d'évaluer l'effet de la fumure **vulgarisée** pour cette culture sur l'alimentation hydriques en milieu paysan, en conditions pluviales et avec irrigation **complémentaire**;
- de fournir un diagnostic hydrique **précis** d'un essai agronomique mis en place sur le terroir de Sob par P.CLOUVEL (agronomie de l'arachide);
- de tester la validité des **modèles** de bilan hydrique **déjà** existants pour le cas de l'arachide en milieu paysan, et **d'alimenter** un référentiel de mesures en vue du calage de **modèles** de deuxième génération.

1.2. Dispositif

Au total huit tubes d'accès pour **humidimètres** à neutrons ont **été** implantés sur les quatre traitements les plus contrastés et deux blocs d'un essai agronomique plus complexe (6 traitements et 4 répétitions + deux parcelles avec irrigation de complément):

- traitement A: Pas de fertilisation, pluvial strict
 - traitement F: **Fertilisation** minérale **complète**, pluvial
 - parcelle T1: A + irrigation de complément
 - parcelle T2: F + irrigation de complément
- T1 et T2 : exclues de l'analyse statistique

(Voir Plan: annexe 1)

Avec:

Fertilisation minérale = 150kg/ha 8.18.27 + 150kg/ha
phosphogypse 5

Irrigation de **complément**: apportée par doses de 10 mm lorsque l'observateur constate des symptômes généralisés de stress hydrique.

Variété utilisée: 55-437

Parcelles de 10 lignes de 9m distantes de 0.4m

Semis mécanique (disque de 30 trous utilisé par l'agriculteur) après rayonnage sans préparation du sol.

Epandage des engrais en side-dressing à la levée; phosphogypse également en side-dressing à part des autres engrais.

Les tubes permettaient les mesures jusqu'à 370 cm. Les observations Btaient **réalisées** avec un pas de temps de 7 jours, tous les dix centimètres. Le ruissellement au voisinage des tubes était limité par des anneaux de garde en tôle. L'étalonnage a été **réalisé** par la **méthode** gravimétrique avec deux séries de **prélèvements**: en sec à la pose des tubes et en humide au cours de l'hivernage. La **densité** apparente sèche a été prise égale à 1.5 sur tout le profil (valeur moyenne des sols dek et dior du CNRA de **Bambey**. L'**équation** d'étalonnage est:

$$HV\% = 0.031 \cdot (N/Ne) - 0.37 \quad r^2 = 0.78$$

avec HV%: **humidité** volumique du sol en %

N: comptage neutrons brut

N: comptage **étui**.

La pluviométrie était mesurée par un pluviomètre normalisé placé au centre du dispositif.

Les apports d'eau Btaient pratiqués à l'arrosoir, avec de l'eau de pluie **récupérée** sur des toits en tôle du village et stockée dans des **fûts**.

1.3 Résultats

1.3.1 Bilan hydrique

Le semis a eu lieu le 11 juillet le lendemain d'une pluie de 50 mm. Des apports d'eau de complément on Bté pratiqués sur les parcelles concernées les 13/8; 21/8; 14/9; 19/9; 25/9; et 1/10, soit respectivement à 33, 41, 65, 70, 76 et 82 jours après semis, à raison de 10mm par apport (total 60mm).

La pluviométrie totale de l'hivernage est à Sob de 371 mm, dont 323 sur le cycle de la culture (annexe 2).

Le front **d'humectation** n'a que dans un seul cas (tube 21A, limité à 230 cm par horizon induré) dépassé la cote maxi de mesure, ce qui a permis d'effectuer le bilan hydrique sans avoir recours aux **tensiomètres**.

Fig.1

Arachide sob ETR moyenne
pluvial

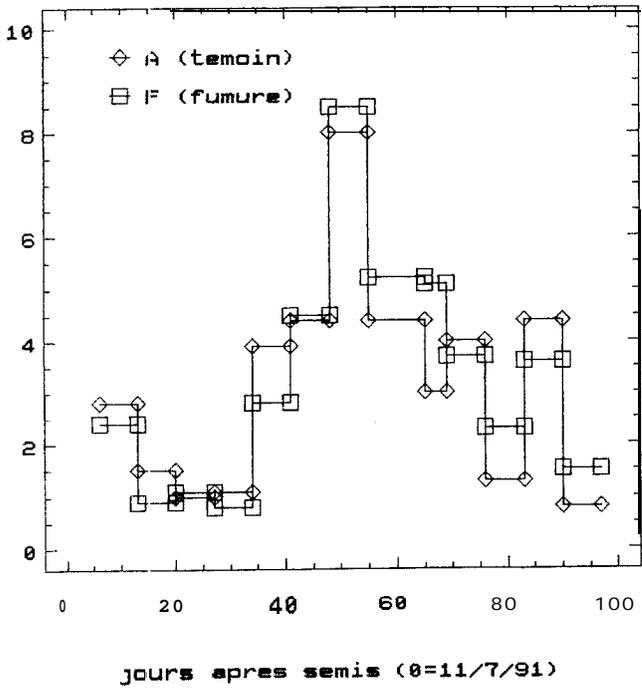


Fig.2

Arachide Sob 91: ETR moyenne
Irrigation de complement

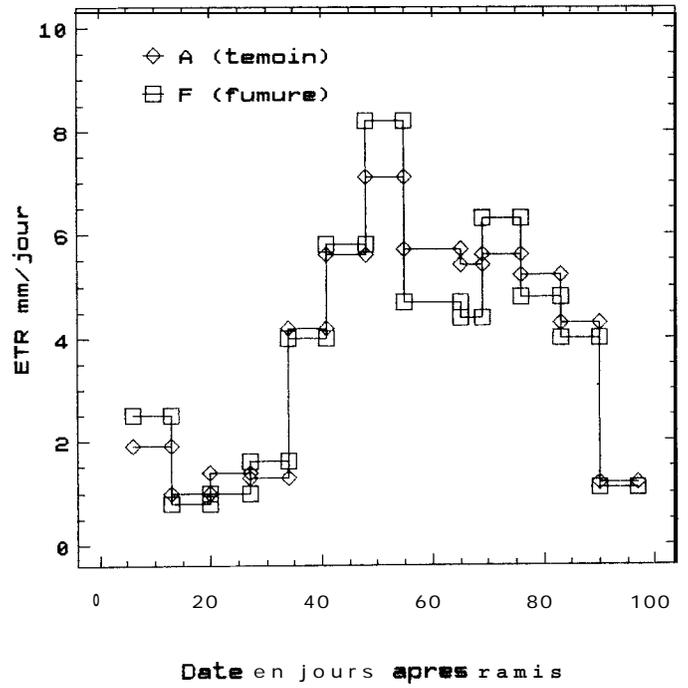


Fig.3

Arachide SO6 91: ETR moyennes
Temoin (A)

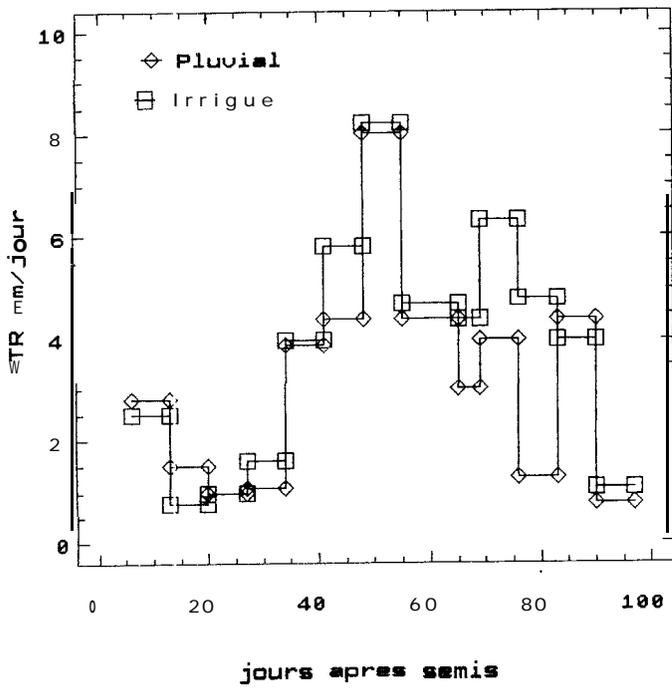
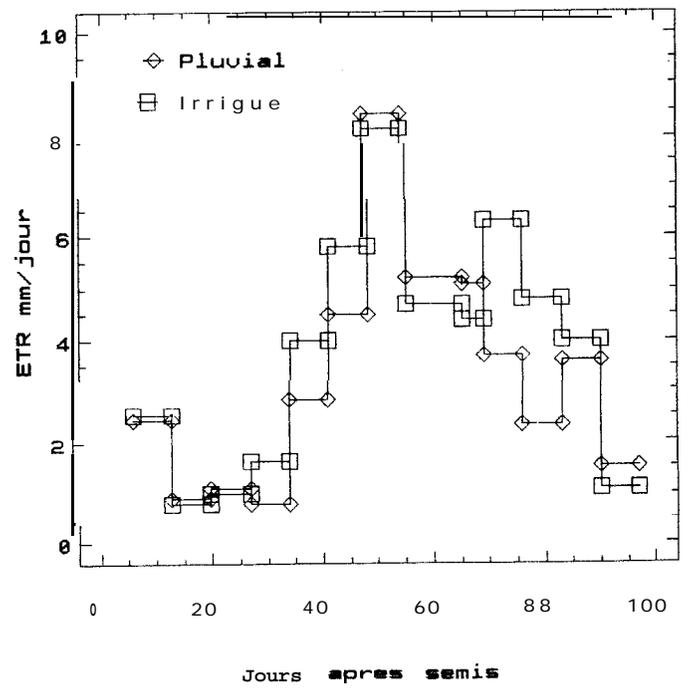


Fig.4

Arachide SOB 91: ETR moyenne
Fumure



Les figures 1 à 4 révèlent:

- qu'il n'y a pas eu d'effet de la fumure sur l'Evapotranspiration Réelle aux différentes périodes du cycle, en conditions strictement pluviales comme avec l'irrigation de complément.

- que l'irrigation de complément a permis "d'adoucir" la courbe d'ETR au cours du cycle en augmentant l'ETR de part et d'autres du pic de consommation situé vers 50 jours après semis (dernière décade d'août), et qui correspond à un période de forte pluviosité qui coïncide avec la phase de besoins hydriques maxima de la culture.

Les résultats par phases du cycle sont donnés dans le tableau suivant. On a ajouté les résultats fournis par le modèle de simulation du bilan hydrique Bipode, afin de les comparer aux résultats in situ. Les résultats détaillés de la simulation, comparée aux mesures in situ sont données aux figures 5 et 6.

	traitement	cycle	dev.	f11	f12	matu
ETR mm et (ETR /ETM) (%)	A pluvial	301 (55)	53 (45)	49 (53)	91 (92)	108 (47)
	F pluvial	310 (57)	46 (39)	41 (44)	99(100)	124 (53)
	A irrig.	363 (67)	47 (39)	53 (57)	95 (96)	168 (72)
	F irrig.	358 (66)	48 (40)	58 (62)	98 (99)	154 (66)
ETM	tous trait	543	119	93	99	232
ETR simul. (mm)	A ,F pluv.	297 (55)	37 (31)	50 (54)	86 (87)	124 (53)
	A, F irri.	364 (67)	37 (31)	61 (66)	89 (89)	177 (76)

avec: dev = phase d'installation de la culture: 0-30 j.a.s.
 f11 = phase sensible 1 (floraison): 30-45 j.a.s
 f12 = phase sensible 2 (fructification): 45-60 j.a.s
 matu = phase de maturation: 60-90 j.a.s
 ETR = Evapo Transpiration Réelle
 ETM = Evapo Transpiration Maximale

Il ressort que si l'alimentation hydrique est médiocre aux phases d'installation, de floraison et de maturation, elle n'atteint jamais des valeurs très faibles.

Les besoins en eau ont en outre été presque totalement satisfaits pour tous les traitements à la phase la plus sensible (f12).

L'irrigation a amélioré les taux de satisfaction des phases de floraison et surtout de maturation.

Enfin il apparait que les résultats de la simulation sont très proches des résultats in situ.

Fig.5

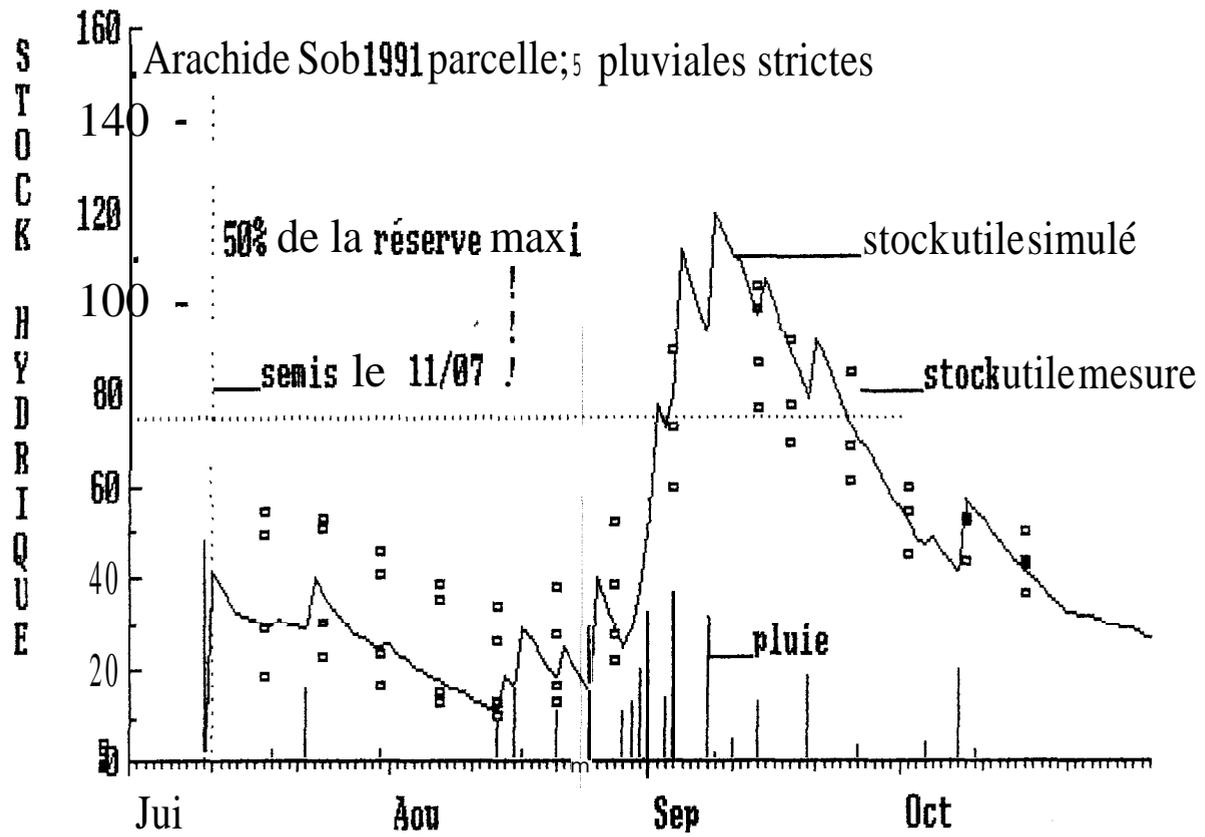
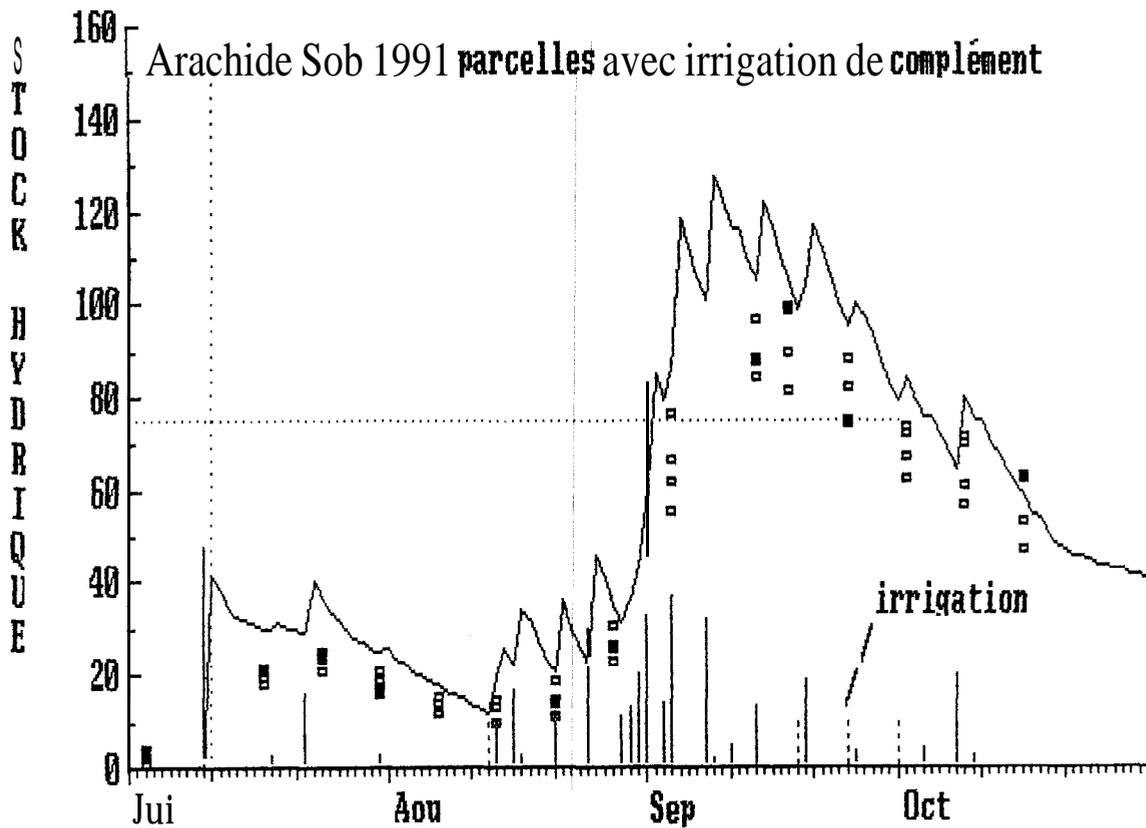


Fig.6



1.3.2 Résultats agronomiques

Ces résultats nous ont été fournis par P.Clouvel, et sont résumés dans le tableau ci-après:

	A pluvial	F pluv.	A irri.	F irri
gousses (kg/ha)	805 b	1190 a	1465	1750
fanes (kg/ha)	1285	1535	2370	3990
densité à la récolte (x1000p/ha)	267.	257	284	317
graines/m2	310.5	412.5	516.5	429.0
poids 100 graines (g)	26.2	29.0	17.9	29.1
rendement décortilage	69.9	69.8	58.2	66.0
poids de 100 bonnes graines	31.9	33.8	34.0	33.0
fanes/gousses	1.65	1.32	1.62	2.28
poids de gousses par pied (g)	3.06 a/	4.66 b	5.2	5.53

En pluvial strict, on **note** un effet de l'engrais sur le rendement en gousses, que les composantes intermédiaires ne permettent **pas** d'analyser, les différences **n'étant pas** significatives.

Les 60 mm d'eau apportées ont entraîné une forte augmentation de la production de gousses (**+82%** sans engrais, **+47%** avec engrais) et surtout de fanes (respectivement **+84%** et **+160%**).

Sur la parcelle avec engrais, la densité à la récolte est nettement supérieure à celle des autres parcelles, déjà très **élevée**, ce qui provient probablement d'un accident au semis. Il paraît **délicat** d'interpréter les résultats concernant cette parcelle, du fait d'interactions probables entre la densité de peuplement et les facteurs hydriques et minéraux.

Sans engrais, l'eau apportée a joué essentiellement sur le nombre de graines par m², et il semble que la fertilité se soit avérée limitante au moment du remplissage des graines.

1.4 Conclusion

Les rendements élevés observés, et plus précisément l'efficacité de l'eau consommée, élevée pour tous les traitements, ainsi que l'absence d'effet de la fertilisation sur l'alimentation hydrique, témoignent d'une bonne fertilité initiale de la parcelle. Il serait intéressant de savoir si elle a fait l'objet d'un **parcage** de bétail récemment **et/ou régulièrement** dans les années antérieures.

Le calage heureux du cycle de la culture avec le profil de répartition des pluies explique également la bonne valorisation de l'eau constatée.

Les 60 mm d'eau apportés en complément ont essentiellement provoqué une forte augmentation de la production de fanes, mais la dernière irrigation, du 1/10 soit 82 jours après semis n'ayant qu'un faible effet sur l'ETR, c'est en réalité 50 mm qui ont permis de pratiquement doubler la production de fanes. La dose **apportée** le 13/8 soit 33 jours après semis en augmentant sensiblement le taux de **satisfaction des besoins** en eau à la floraison, est responsable de l'augmentation du nombre de graines par mètre carré, la phase suivante de fructification **s'étant** déroulées dans des conditions hydriques optimales grâce aux pluies abondantes.

Enfin le modèle BIP dans sa version BIPODE **décrit** avec **fidélité** cette situation, ce qui est probablement lié aux bonnes conditions de fertilité de la parcelle, comparables à celles rencontrées en station, où a été mis au point le modèle.

II-MIL

2.1 Objectifs

Les objectifs du suivi pratiqué en 1991 sont:

- **d'évaluer** l'influence du niveau d'intensification, lié à la place de la parcelle dans le **finage** villageois, sur la valorisation de l'eau par la culture de mil, en conditions strictement pluviales et avec irrigation de **complément**;

- de tester l'aptitude du modèle BIPODE (version journalière de BIP IRAT) à décrire des situations agronomiques contrastées en milieu paysan, et de même que pour l'arachide, d'alimenter un **référentiel** de mesures en vue du calage de modèles **améliorés**.

2.2 Dispositif

Le dispositif de cette **année** est similaire à celui de 1990, mais le suivi de l'humidité du sol a été réalisé à la sonde à neutron et non plus à la tarière, et on a ajouté des placettes recevant une irrigation de complément.

Le suivi porte sur quatre parcelles paysannes incluses dans le dispositif E.S.P.A.C.E (Evaluation et Suivi de la Production

Agricole en fonction du Climat et de l'Environnement) et caractérisées par des niveaux d'intensification différents:

- une parcelle de case (notée 302 sur le cadastre établi par A. LERICOLLAIS), située à proximité immédiate des habitations, ayant servi au **parcage** d'un troupeau pendant au mois les quatre saisons sèches précédentes et recevant régulièrement les déchets de cuisine du carre attenant:

- une parcelle "**de brousse**" (notée 439B), située à environ 500m du **village**, ayant fait l'objet d'un **parcage** en 1991, 1990 et 1989 mais pas en 1988;

- une parcelle "**de brousse**" (notée 439A), immédiatement voisine de la **précédente** mais n'ayant reçu aucun apport de matière organique d'origine animale ni de fumure minérale depuis 1988 au moins;

- une parcelle "**lointaine**" (notée 495AB), située à près de deux kilomètres du village et n'ayant pas reçu d'apport fertilisant depuis 1988 au moins.

La position des parcelles a **été** reportée sur le plan du terroir figurant en annexe (annexe 3).

Les trois premières parcelles sont situées sur un sol Dior, dont la teneur en **éléments** fins (Argile + limons fins) est inférieure à **10%**, tandis que la parcelle lointaine est placée sur un sol Dek (**A+Lf** > 10%).

Chaque parcelle appartient à un agriculteur différent, qui conduisait ses travaux comme à son habitude, sans intervention de notre part.

Dans chaque parcelle, sur l'une des trois placettes de **25m²** implantées dans le cadre du suivi ESPACE pour la mesure du rendement et de ses composantes, ont été installés un tube d'accès de 300cm pour humidimètre neutronique, muni d'un anneau de garde anti-ruissellement, et un pluviomètre.

Une **placette** supplémentaire de 4 lignes de trois mètres, soit une surface de 10 à 18 **m²** selon les parcelles, a été **délimitée** dans chaque parcelle, et également munie d'un tube pour sonde à neutrons.

L'étalonnage de la sonde a été réalisé par la méthode gravimétrique, avec deux séries de prélèvements: la première en sec au moment de la pose **des** tubes, et la seconde en humide à **mi-hivernage**.

Sur les petites placettes, dites "**placettes irriguées**" étaient prévus des apports d'eau de complément selon les modalités suivantes:

- un premier apport des qu'on atteint 7 jours sans pluie, à compter du **30^{ème}** jour **après** la levée et jusqu'au **75^{ème}** jour:

- en l'absence de pluie au cours des trois jours suivant: un apport à la fin du **troisième** jour:

- en cas de pluie **moins** de trois jours après l'apport précédent, on reporte à trois jours la **décision** d'irriguer si la pluie est **inférieure** à 10mm, et à une semaine dans le cas contraire;

- chaque apport, effectué à l'arrosoir **était** une dose de 10mm.

Les contraintes qui ont **mené** à l'adoption de ces modalités étaient:

- les faibles ressources en eau au niveau du village et les contraintes de transport de l'eau jusqu'aux parcelles. L'eau était **recupérée** lors des pluies sur les quelques toits en tôle du village et **stockée** dans des fûts, ou prélevée dans des mares selon les parcelles (on s'était assuré de la faible concentration en sels de l'eau des mares);

- la nécessité de limiter les risques de drainage en profondeur pour permettre le "**bouclage**" du bilan hydrique en l'absence de tensiomètres;

- la nécessité de l'autonomie de l'observateur permanent sur le site pour la prise de décision (cette dernière contrainte faisant en particulier renoncer à une prise de décision basée sur la simulation du bilan hydrique ou sur les **résultats** du suivi **in situ** du stock hydrique du sol).

De plus la dispersion des parcelles nous conduisait à préférer une méthode basée sur la chronologie des pluies à la méthode **employée** dans le cas de la parcelle d'arachide, reposant sur un diagnostic visuel **de stress** hydrique.

2.3 Mesures pratiquées.

- profil neutronique tous les sept jours à partir du jour de la pluie de levée.

- évaluation de la surface foliaire. Faute de planimètre optique, on a **procédé** par pesée de feuilles. La surface spécifique des feuilles de mil a été déterminée en fonction du stade de **développement** en divers sites au cours des hivernages 1989 et 1990, et ne dépend que de façon **négligeable** des conditions de fertilité (on trouvera en annexe 4 la relation stade-surface spécifique utilisée). Cette méthode imposait des prélèvements destructifs donc obligatoirement pratiqués hors des placettes compte tenu de leur faible taille. Les **prélèvements étaient** réalisés tous les quinze jours sur quatre poquets choisis au hasard dans la parcelle. On ne disposait donc pas de mesure représentative des situations irriguées.

- mesure de croissance en hauteur, avec le même pas de temps que pour la surface **foliaire**, sur les quatre poquets entourant le tube d'accès de la sonde à neutrons.

- à la récolte mesure du rendement. Faute de moyens (l'observateur avait également en charge l'ensemble de l'échantillon E.S.P.A.C.E. de Sob), nous n'avons pas pu mesurer toutes les composantes intermédiaires.

2.4 Résultats.

2.4.1 Déroulement de la campagne

La **pluviométrie** de chaque champ figure en annexe 2. Les faits marquants de la campagne sont exposés ci-après, en fonction du stade de **développement** de la culture:

. Installation de la culture: les semis ont été réalisés en sec sur toutes les parcelles pendant la troisième pentade de mai. Une pluie de **14mm** le 3 juin provoque la levée le **7/06**. La pluie suivante n'a eu lieu que le **9/07 (2.6mm)**, se prolongeant jusqu'au **10/07 (50mm)**.

Entre la **première** levée et cette pluie, tous les champs du village ont été **ressemés**. Le champ de case a été ressemé le **12/06** tandis que les autres l'ont **été** le **20/06**, ce qui témoigne de la plus grande **sensibilité à la sécheresse** de début de cycle des semis réalisés avec un niveau de fertilité élevé.

La deuxième levée a eu lieu pour l'ensemble du terroir le **13/07**. Elle a **été** très médiocre dans la parcelle de brousse non **fumée**. Il semble que **cela** ait été dû à un décapage du sol de surface, très sableux, par érosion éolienne entre le semis et la pluie du **9/07**.

Les semis ont tous été **réalisés** en ligne, mais le champ de case se distingue par une densité très élevée de 24.000 poquets/ha contre 13.000 poquets/ha en moyenne pour les autres parcelles (tableau 1).

Le tallage s'est déroulé dans des conditions hydriques **médiocres**, la culture ayant vécu pendant les vingt premiers jours du cycle presque exclusivement sur les réserves hydriques dues à la pluie de semis. Le premier sarclage, ainsi que le démariage à 5 à 7 pieds par poquets qui le suit ont été réalisés de manière assez homogène sur les quatre parcelles avec toutefois une précocité croissante quand on s'approche du village (tableau 1).

. développement: les pluies sont restées rares pendant le tallage et le **début** de la montaison, et n'ont repris que le 14 août (32 jours **après** levée). Les deuxièmes sarclages ont eu lieu entre le 19 et le **21/08** pour tous les champs sauf le "**lointain**", sarclé avec 5 jours de retard par rapport aux autres (Tableau 1). La parcelle de brousse non fumée n'a que partiellement rattrapé son retard dû à la mauvaise levée.

Tableau 1: calendrier **cultural** des parcelles suivies

	champ de case	champ de brousse + parcage	champ de brousse sans parc.	champ loin non fumé
date semis	15/05	15/05	15/05	15/05
date levée	07/06	07/06	07/06	07/06
ressemis	12/06	20/06	20/06	20/06
2 ^{ème} levée	13/07	13/07	13/07	13/07
densité de semis poquet/ha	23.500	11.300	13.400	12.100
sarclage 1	17-07	17/07	17/07	19/07
demariage	17/07	18/07	18/07	05/08
nombre pieds/poq.	5	5	5	7
sarclage 2	21/08	19/08	19/08	19/08

. phases sexuées: le reste du cycle a **été** caractérisé par une pluviométrie abondante, sans **excès**, et bien répartie. La fin du cycle a **été** marquée par l'attaque de chenilles **mineuses** des **épis** (*Heliocheilus albipunctella*). Les dégâts restent cependant **faibles** sauf pour les deux parcelles de brousse où ils ont été estimés à 25%. La **récolte** a eu lieu entre le **3/10** (champs de case et de brousse) et le **11/10** (champ lointain).

. irrigations: une irrigation a **été réalisée** sur les placettes concernées le **13/08** (30 jours après levée), juste avant la reprise des pluies, ce qui a atténué son effet. Par la suite, aucune autre irrigation **n'a été nécessaire** compte tenu des critères de décision fixés. Le profil pluviométrique de :L'hivernage a donc considérablement limite la portée des traitements **"irrigués"**.

2.4.2 Résultats agronomiques

* Croissance en hauteur:

Les résultats sont donnés à la figure 7. Les hauteurs atteintes par les champs fumés sont de 15% environ supérieures ii celles du champ de brousse non fumé et du champ lointain.

* Surface foliaire:

L'exploitant de la parcelle **"lointaine"** ayant finalement refusé les prélèvements de pieds nécessaires à la mesure, on ne dispose de résultats complets que pour les trois autres parcelles (fig.8).

Fig.7
Evolution de l'indice de surface
foliaire <LAI> pour 3 types de champs

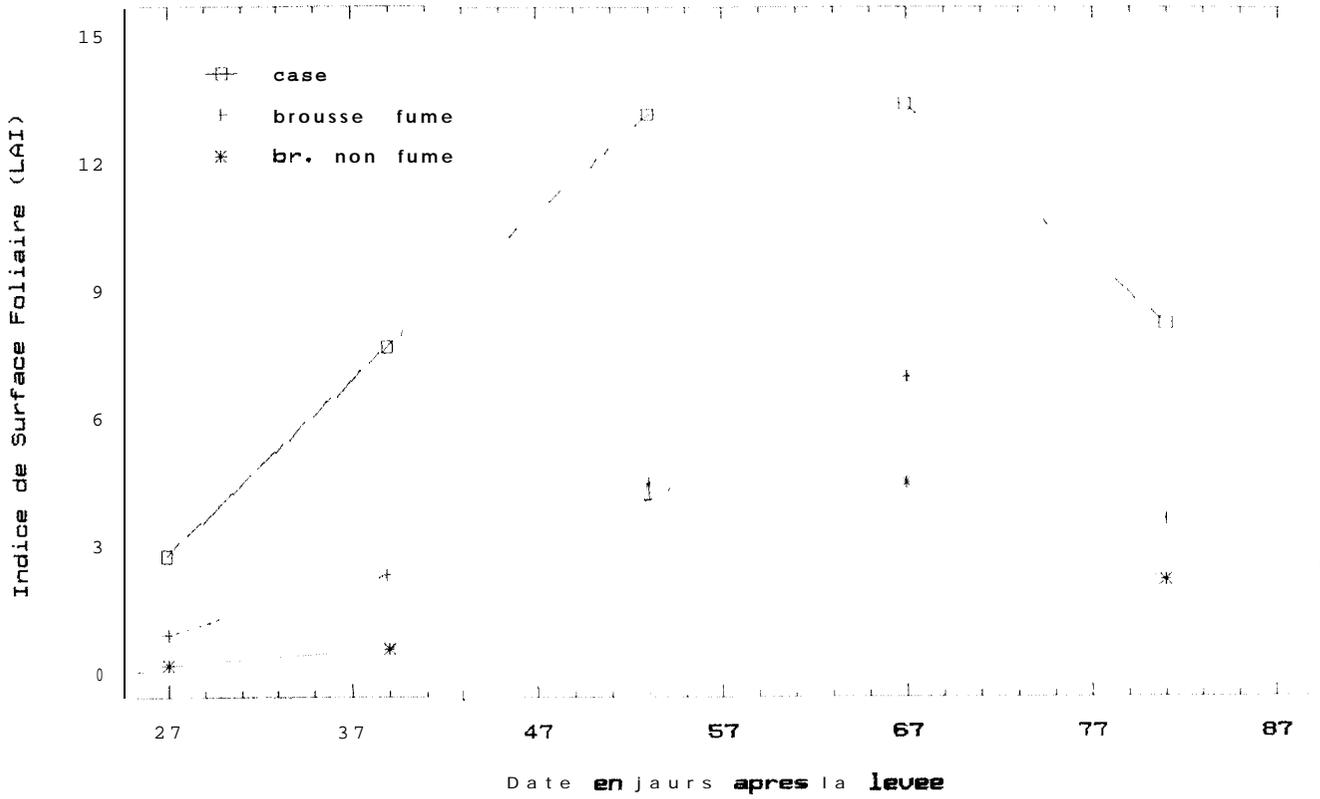
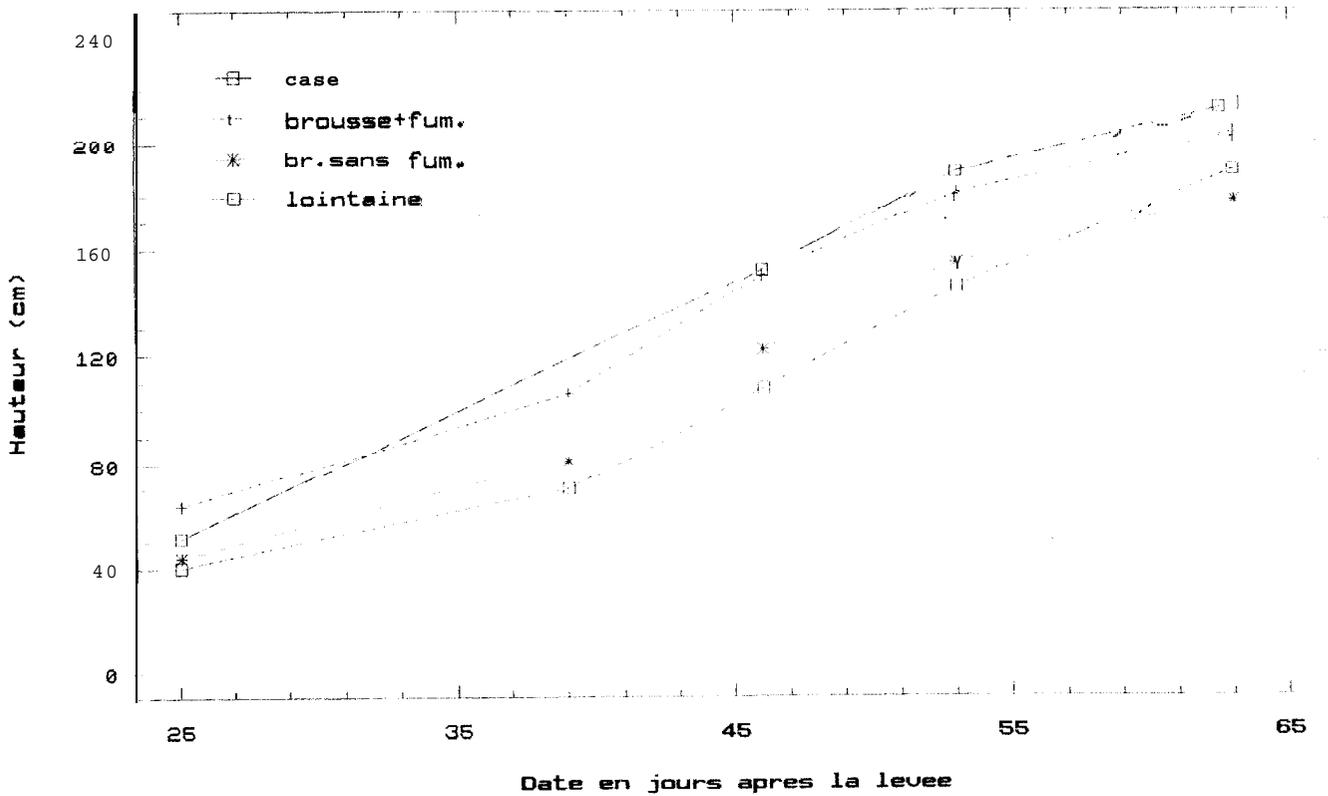


Fig.8
Croissance en hauteur du mil pour les
quatre parcelles suivies



Les valeurs prises par l'indice de surface foliaire (rapport de la surface foliaire totale d'un poquet à la surface au sol occupée par ce poquet) varient à la floraison entre 4 [champ de brousse sans entretien de la fertilité) et plus de 13 (champ de case). Cette dernière valeur, extrêmement élevée, s'explique par une densité de semis élevée (double de celle des autres champs), et un développement végétatif qui n'a été limité ni par l'eau ni par la fertilité.

Les différences de hauteur et surtout de LAI observées entre les parcelles témoignent de la très grande variabilité de l'aspect du couvert végétal en milieu paysan. D'un point de vue bioclimatologique, cette variabilité se traduit nécessairement par une variabilité élevée de la dynamique des échanges gazeux et des flux énergétiques dans le système plante-atmosphère.

* production:

Les résultats (tableau 2) font apparaître un classement des rendements conforme aux niveaux d'apports de matière organique pour les parcelles situées en sol Dior. La parcelle "**lointaine**", bien que rarement fumée, a une **productivité** plus proche de celle du champ de brousse **régulièrement** fumé que de celle du champ de brousse rarement fumé, ce qui peut être lié à sa situation sur un sol Dek, donc à CEC plus **élevée**.

Tableau 2: Rendements grain et paille des placettes

	case irrigué	case pluvial	brousse fumé irrigué	brousse fumé pluvial	brousse non fumé irrigué	brousse non fumé pluvial	loin irrigué	loin pluvial
grain (kg/ha)	1768	2154	803	884	496	310	661	1198
paille (kg/ha)	6429	3200	3632	2700	3120	1580	3672	3100

L'irrigation de 10 mm pratiquée à trente jours semble avoir eu un effet sur la production de paille mais pas sur la production de grain. Entre parcelles, les différences sont surtout importantes au niveau des rendements en grains.

2.4.3 Bilan hydrique in situ

Les pluviométries du **champ** de case et des deux champs de brousse, distants du premier de **600m** environ, sont très voisines. Le cumul du champ "**lointain**" est d'environ **20mm** plus élevé. Les cumuls mensuels et pour l'ensemble de l'hivernage sont donnés dans le tableau 3.

Tableau 3: Pluviométrie

	juin	juillet	août	sept.	octobre	Total
case	15,3	72,5	107,5	144,8	23,2	363,30
b.fumé	15,3	71,4	105,3	147,1	25,0	364,10
b.n.f.	15,3	65,8	103,5	148,3	24,6	357,50
loin	15,3	59,0	136,8	135,6	25,5	372,20

Le front d'humectation n'a dépassé la cote maxi de mesure à aucun moment sur tous les tubes, ce qui a permis de "boucler" entièrement le bilan.

Les résultats du bilan hydrique in situ sont donnés par stade de développement dans le tableau 4. L'ETM a été évaluée à partir des coefficients cultureux déterminés par C.DANCETTE à Bambey, et avec les valeurs de l'évaporation Bac de Bambey pour 1991. Le découpage du cycle qui a été retenu est le suivant:

- IdV= Installation+Développement végétatif: 0-30 jours
- Fl1= Phase sexuée 1 (induction fl.-épiaison): 30-45j.
- Fl2= P. sexuée 2 (pleine floraison): 45-60 jours
- matu= maturation: 60-90 jours

On a également déterminé l'indice de satisfaction des besoins en eau IRESP défini par:

$$\text{IRESP} = (\text{ETR}/\text{ETM})_{\text{cycle}} \times (\text{ETR}/\text{ETM})_{\text{ps}}$$

avec $(\text{ETR}/\text{ETM})_{\text{ps}} = \min \{ (\text{ETR}/\text{ETM})_{\text{Fl1}}, (\text{ETR}/\text{ETM})_{\text{Fl2}} \}$

De nombreux travaux, et en particulier ceux menés dans le cadre du projet E.S.P.A.C.E, ont montré que le rendement est fortement corrélé à cet indice pour un niveau d'intensification donné.

Tableau 4: ETR in situ (mm)

	IdV	Fl1	Fl2	Matu	Cycle	Iresp
case i	37,1	45,1	96,6	103,5	282,30	0,29
case p	46,0	58,5	86,6	95,7	286,80	0,38
b.f. i	40,2	42,9	83,1	72,6	238,80	0,23
b.f. p	35,3	44,4	79,5	72,9	232,10	0,23
bnf i	33,5	43,6	75,6	58,3	211,00	0,21
bnf p	30,7	29,9	64,0	58,3	182,90	0,12
loin i	32,9	39,7	57,1	76,3	206,00	0,19
loin p	32,8	39,6	88,1	90,5	251,00	0,23
moy.	36,06	42,96	78,83	78,51	236,36	0,24

ETM	111	101,5	94,5	127,4	434,40	1,00
-----	-----	-------	------	-------	--------	------

D'une manière générale, les besoins en eau du mil ont été bien satisfaits au cours de la phase de floraison et plus médiocrement pendant la phase de maturation. L'alimentation hydrique a été **nettement déficitaire** pendant la phase végétative, et surtout entre l'initiation florale et 50% floraison, période où la plante est très sensible au stress hydrique.

On n'observe pas d'effet de l'irrigation sur l'ETR, comme on pouvait s'y attendre compte tenu de la faiblesse de l'apport et du fait qu'il a été pratiqué juste avant une période très pluvieuse.

Si l'on considère les parcelles à pluviométries et à texture du sol équivalentes, c'est à dire le champ de case et les deux champs de brousse, on constate pour chaque stade, que les ETR augmentent avec le niveau d'intensification. On n'observe pas cette année contrairement à la précédente, d'effet négatif de la fertilisation sur l'alimentation hydrique de fin de cycle, du fait de l'abondance des précipitations de la mi-août à la mi-septembre.

Les résultats anormalement faibles de la placette pluviale du champ de brousse non **fumé** par rapport à la placette irriguée sont probablement dus à la mauvaise levée évoquée **précédemment**.

Enfin, la pluviométrie reçue par les parcelles au cours de la phase F12 atteint **152mm** en moyenne, en 8 jours pluvieux sur 15. On peut donc affirmer que la pluviométrie n'a pas été limitante pendant cette **période** (elle dépasse de 50% la valeur **maxi observée** pour l'ETR), et de plus que les horizons de surface du sol ont été **régulièrement** réhumectés. Or, les analogies **électriques** utilisées pour décrire le système **sol-plante-atmosphère** prévoient que lorsque le sol est bien humecté, la colonisation du sol par les racines a peu d'influence sur l'ETR. Il en résulte que les importants **écarts d'ETR** observés entre les parcelles pendant cette période sont probablement à attribuer aux grandes différences de **développement végétatif** observées.

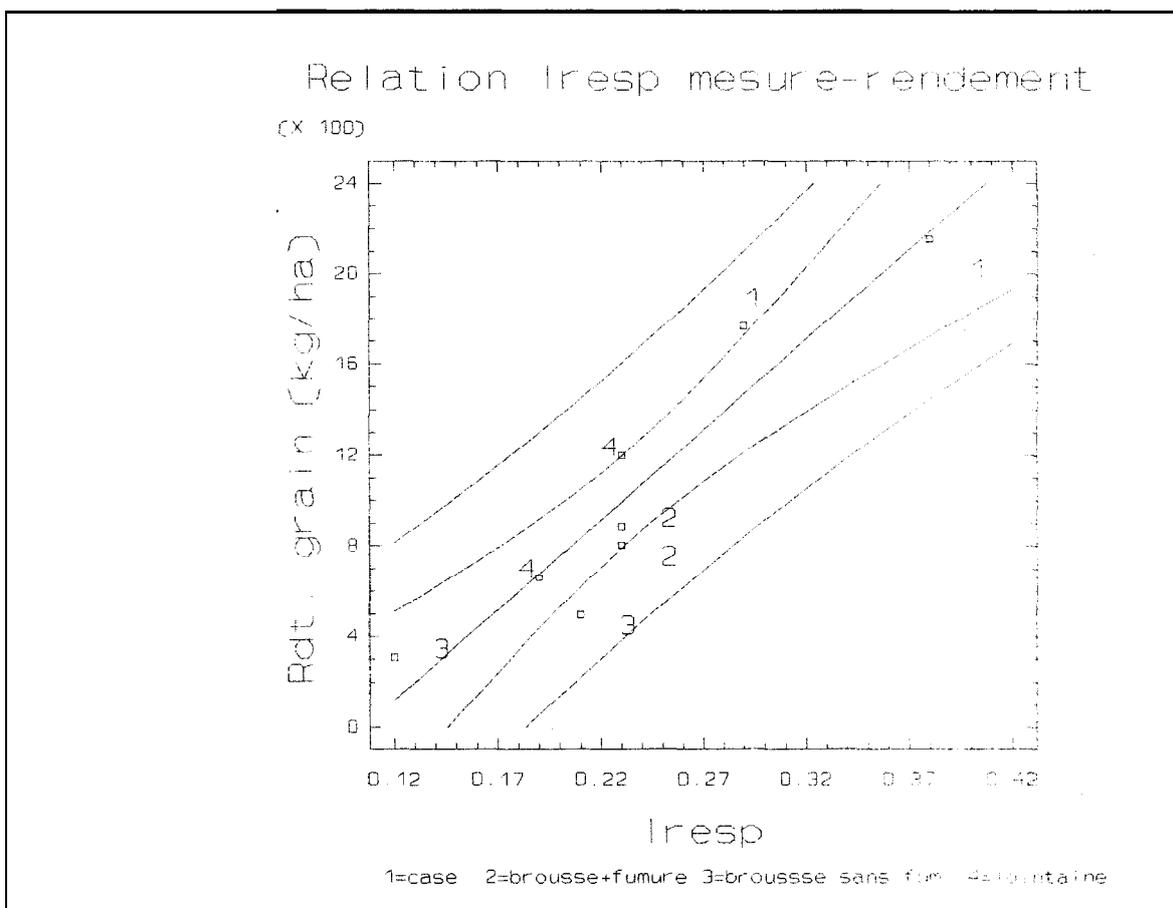
2.4.4 Relation alimentation hydrique - rendement

La production de grain apparaît **très** fortement corrélée à l'indice hydrique Iresp calculé à partir des valeurs mesurées in situ de l'ETR (fig.9). Les **résultats** de la régression linéaire sont les suivants:

$$n=8 \quad P=5.1 \cdot 10^{-5} \quad R^2=0.88 \\ \text{Rdt (kg/ha)} = 7932 \times \text{Iresp} - 830$$

Pour les conditions pédoclimatiques caractérisant le dispositif de Sob en 1991, il apparaît donc que même pour des situations culturales très contrastées et non pas seulement pour des situations où seuls varient les paramètres agroclimatiques "**classiques**" que sont la pluviométrie, la **réserve** utile **et/ou** la date de semis, plus de 80% de la variabilité du rendement du mil peut être **expliquée** par les conditions d'alimentation hydrique, lorsque celles-ci sont connues avec précision.

Fig.9



Il est bien sur loin d'être évident que ce résultat soit **généralisable** et il paraît nécessaire de s'en assurer en multipliant les mesures **in situ** dans des situations culturales variées et pour des profils d'hivernage contrastés.

Il faut également signaler que l'indice Iresp est construit à l'aide de coefficients culturaux déterminés par définition pour des conditions de fertilité non limitantes, alors qu'on sait que la consommation maximale ETRM obtenue pour des conditions de fertilité quelconques peut être sensiblement différente de l'ETM. C'est d'ailleurs le cas dans notre dispositif de Sob en 1991, où l'on a vu que les cultures sont très probablement à l'ETRM pendant la phase F12.

L'indice Iresp est donc construit à partir de rapports entre la consommation réelle d'une plante placée dans des conditions quelconques et les besoins en eau d'une plante placée dans des conditions bien **définies de fertilité**. Cette construction de l'**Iresp**, qui peut paraître artificielle, voire **incohérente** à première vue est peut-être à l'origine de la forte corrélation de cet indice avec le rendement pour des conditions pluviométriques peu variables par rapport aux conditions de fertilité.

En effet, les résultats obtenus à Nioro en 90 et à Bambej en 1989, ainsi que ceux obtenus à Sob en 1991 pendant la phase

F12, semblent indiquer que l'ETRM est fonction croissante du développement végétatif et en particulier du LAI. Dans ces conditions, l'examen des données de bilan hydrique et de LAI de Sob indique qu'un indice hydrique calculé par référence à l'ETRM et non plus à l'ETM serait beaucoup moins variable pour notre dispositif que ne l'est l'Iresp: il serait diminué par rapport à l'Iresp pour les champs fertiles, à fort développement végétatif, et augmenté dans le cas contraire, donc finalement moins bien corrélé au rendement.

2.4.5 Bilan hydrique simulé

Le bilan hydrique simulé a été réalisé à l'aide du logiciel BIPODE comme pour l'arachide. En l'absence d'observations sur les racines, on a dans un premier temps réalisé les simulations en fixant la vitesse de croissance des racines en sol humecté à 3cm/jour, ce qui correspond à la valeur moyenne observée par CHOPART pour le mil en sol sableux bien humecté. La réserve utile a été fixée à 80mm/m pour les sols Dior et 100mm/m pour le sol dek de la parcelle "lointaine". Les simulations ont de plus été effectuées avec les pluviométries mesurées sur chaque placette. Les résultats sont donnés au tableau 5.

Tableau 5: ETR simulé (mm)

	Idv	F11	F12	Matu	Cycle	Iresp
case i	36,0	59,0	80,0	89,0	264,00	0,35
case p	36,0	49,5	79,5	89,0	254,00	0,29
bf i	35,0	58,5	80,5	88,0	262,00	0,35
bf p	35,0	48,5	79,5	88,0	251,00	0,28
bnf i	35,0	56,5	78,5	88,0	258,00	0,33
bnf p	35,0	47,0	78,0	87,0	247,00	0,26
loin i	28,0	58,5	80,5	92,2	259,20	0,34
loin p	28,0	50,0	80,0	92,2	250,20	0,28
moy.	33,50	53,44	79,56	89,18	255,68	0,31

Le modèle prévoit une réponse de l'ETR à l'irrigation de 10mm pendant la phase F11, qui n'a pas été observée. Par contre les résultats de toutes les parcelles sont équivalents à l'intérieur des traitements "pluvial" et "irrigué", sauf pour la parcelle "loin" en début de cycle. Ceci confirme donc que ce ne sont pas les faibles différences de pluviométrie qui sont à l'origine des différences d'ETR mesurées entre parcelles, mais bien les caractéristiques des parcelles et en particulier la fréquence des apports de matière organique au cours des saisons antérieures, les autres facteurs variant très peu.

La situation la plus fidèlement décrite par la simulation est celle de la parcelle "**de brousse**" fumée pluviale avec toutefois surestimation de la consommation pendant la phase de maturation qui conduit à une surestimation de l'**Iresp**. Ceci confirme les résultats de 1990.

Un test de l'influence de la vitesse de croissance des racines sur les sorties du modèles a été réalisé pour cette situation. Il en ressort (tableau 6) qu'avec le spectre pluviométrique caractérisant cette parcelle en 1991, les ETR par phase et l'indice hydrique IRESP simulés varient très peu en fonction des valeurs choisies pour le croissance racinaire. Le fait de mesurer la valeur réelle n'aurait donc pas permis **d'améliorer** (ou de diminuer...) la qualité de la simulation.

Tableau 6: influence de la vitesse de croissance racinaire sur les résultats de la simulation (parcelle de brousse fumée):

vitesse racinaire	Idv	F11	F12	Matu	Cycle	Iresp
5,5	35	48,5	79,5	79,2	242,2	0,27
3,5	35	48,5	79,5	88,0	251,0	0,28
2,5	35	48,5	78,5	81,2	243,2	0,27
1,5	35	48,5	78,5	73,0	235,0	0,26

Ces **résultats** confirment que dans l'état actuel du modèle, y compris dans sa version prenant en compte la croissance des racines, et du **référentiel** de coefficients culturaux disponible, on n'est pas en mesure de simuler fidèlement l'alimentation hydrique d'une culture de **mil** lorsque les conditions de fertilité sont maximales (cas des champs de case) ou au contraire mauvaises (cas des champs de brousse sans entretien de la fertilité et des champs situés à la périphérie du village), ce qu'on peut attribuer au fait que le modèle a **été** mis au point en parcelles de station avec des niveaux de fertilité sans doute proche de ceux rencontrés dans les champs de brousse fumées (entretien annuel de la **fertilité**).

Ceci avait déjà **été** noté en 1990 où l'hivernage présentait à Sob des **caractéristiques** peu fréquentes, avec une sécheresse à la floraison ayant entraîné un effet pervers des apports fertilisants sur l'**ETR** à cette **période**, et l'on pouvait penser que le modèle serait plus performant pour décrire des situations variées du point de vue de la fertilité dans un contexte pluviométrique plus "**classique**". Les résultats obtenus cette année montrent qu'il n'en est rien.

2.5 Discussion et conclusion

Malgré sa simplicité, voire son caractère quelque peu grossier dû à l'absence de moyens spécifiques et aux contraintes propres au milieu paysan, cette expérimentation

- confirme une fois de plus l'influence de la fertilité sur l'alimentation hydrique du mil,

- montre, pour les conditions **générales** rencontrées à Sob en 1991, que l'influence de la fertilité sur les rendements du mil peut s'expliquer en grande partie par l'alimentation hydrique grâce à l'indice IRESP,

- confirme l'inaptitude des modèles dérivés du BIP à rendre compte de situations où la fertilité est soit plus **élevée** soit plus faible que celle rencontrée **généralement** dans les essais de station ayant permis de mettre au point ces modèles.

De plus les **résultats d'ETR** mesurés pendant la phase F12 semblent confirmer qu'il existe une relation entre LAI et ETRM. Une étude conjointe et plus poussée des résultats obtenus à la Sole Grillagée de Bambey en 1989, à Nioro en 1990 et à Sob en 1991 devrait en permettre la détermination.

L'intérêt **considérable** que présenterait la généralisation d'une relation entre l'**IRESP "réel"** (par opposition à l'**IRESP** simulé par les modèles actuels) et le rendement justifie qu'on reconduise ce dispositif les prochaines années, en le complétant de **manière** à le rendre plus rigoureux, et qu'on poursuive les efforts en **matière de modélisation** des interactions **eau-fertilité**.

Sur ce dernier point, il est à noter que le **référentiel** de **données d'ETR** mesurée, d'enracinement, de LAI, d'analyses physico-chimique des sols, et de rendement, construit au cours de ces trois dernières années à travers les dispositifs de station devrait permettre à travers la recherche de corrélations entre ces différentes variables, de faire des progrès significatifs.

BILAN HYDRIQUE DE L'ESSAI COMPOST

SOLE C 1991

BILAN HYDRIQUE DE L'ESSAI COMPOST SOLE C

I-Dispositif

1.1 Présentation de l'essai

On trouvera dans le rapport d'activité 1990 ainsi que dans les rapports d'avancement de l'ATP "fonctionnement hydrique racinaire en sols dégradés", une description complète de l'essai Compost de la Sole C à Bambey.

On rappellera cependant qu'on dispose de deux "séries" de parcelles, notées "Est" et "Ouest" en rotation annuelle mil-arachide, le mil étant semé sur la série Est et l'arachide sur la série Ouest en 1991. Initialement le suivi du stock hydrique du sol à la sonde à neutrons ne concernait que la série Est, et des tubes complémentaires ont été implantés en 1990 afin de permettre un suivi sur la série Ouest.

Rappelons également que parmi les quatre sous-traitements "fumure minérale" du dispositif agronomique complet, nous n'avons conservé pour le suivi du stock hydrique in situ que le traitement "T2" qui reçoit chaque année 38kg/ha d'engrais NPK 10-21-21 dans le cas du mil et 38kg/ha de 8-18-27 dans le cas de l'arachide. Ce traitement était en effet déjà partiellement équipé de tubes d'accès pour sondes à neutrons depuis 1985.

On dispose en définitive pour chaque série, depuis juin 1990, de trois répétitions pour chacun des deux traitements "Compost" et "Sans Compost". On s'est assuré en 1990 que les blocs constitués étaient homogènes du point de vue de la teneur en éléments fins (Argile + limons fin) sur le premier mètre de sol, ce paramètre ayant une influence importante sur les caractéristiques hydrodynamiques des sols sableux du Sénégal (J. IMBERNON, 1981)

1.2 Mesures pratiquées

Le suivi agronomique de l'essai est effectué par le V.S.N. du service "Sol.N" de A.BADIANE, soit F.BOUTES en 1991. Le service Agroclimatologie n'intervient spécifiquement que pour le bilan hydrique mais on a signalé ci-après l'ensemble des observations pour lesquelles le service agroclimatologie est au moins partiellement impliqué.

„ En cours de cycle:

Sur mil et arachide:

- bilan hydrique: mesures de l'humidité volumique du sol à l'humidimètre neutronique tous les dix centimètres jusqu'à 370cm, avec un pas de temps de sept jours et à compter du semis.

Sur mil uniquement:

- mesures de surface foliaire tous les quinze jours sur quatre poquets choisis au hasard dans les deuxièmes lignes de bordure. Faute de planimètre optique, la mesure était effectuée par pesée de poids sec de feuilles ce qui imposait le prélèvement de pieds et limitait la **fréquence** des mesures,

- mesures de croissance avec le même pas de temps sur les mêmes poquets ainsi que sur les quatre poquets entourant chaque tube d'accès de sonde à neutrons.

- A 60 jours (sur mil uniquement):

mesure de la **répartition** des racines dans le profil par la méthode des prélèvements globaux. Des monolithes de sol de **90x90cm** centrés sur un poquet ont été dégagés à la floraison dans deux parcelles (Témoin et Compost) choisies pour **l'équivalence** de leurs profils de texture sur un mètre (données recueillies en 1990) et pour leur facilité d'accès (afin d'éviter d'endommager d'autres parcelles lors de l'ouverture des fosses).

On a ensuite découpé le monolithe horizontalement en tranches de **10cm d'épaisseur** et verticalement en carrés de **30x30cm** soit, pour chaque horizon de 10 cm, neuf cubes de **10x30x30=900cm³**. Les racines de chacun de ces cubes ont été triées et lavées puis pesées **après** ressuyage sur papier filtre humide (poids frais) et pesées **après** séjour de 24h à l'étuve (poids sec).

On a de plus procédé à des photographies des échantillons de racines étalées au hasard sur une surface de dimension connue, afin de pouvoir procéder par la suite à une **détermination** de la longueur racinaire par la méthode de Newman, soit directement soit après numérisation des images, par un procédé informatique.

.. A la récolte: (sur mil et arachide): mesure du rendement et de ses composantes pour l'ensemble de chaque parcelle élémentaire, avec correction éventuelle de la surface pour tenir compte des poquets détruits par les mesures de surface foliaire et de distribution racinaire, ainsi que pour les quatre poquets entourant le tube d'accès de la sonde.

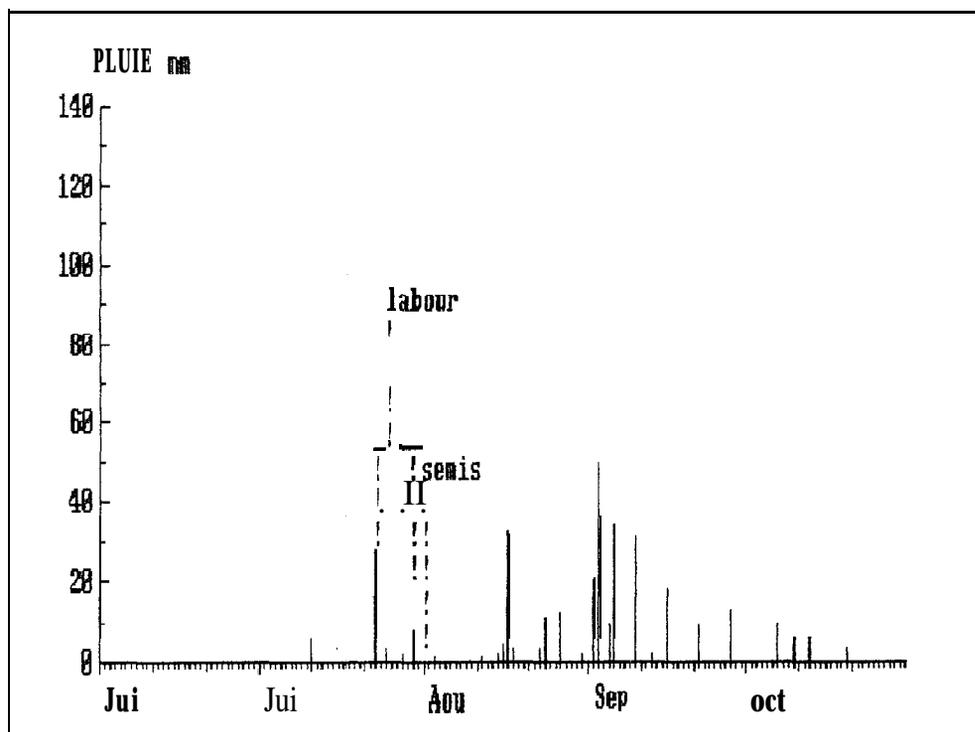
II- Résultats-

2.1 Déroulement de la campagne

2.1.1 Pluviométrie

Le cumul sur l'ensemble de l'hivernage **s'élève** à 328.1 mm, soit plus de **100mm** de moins que la médiane 1968-1987 (438.5mm) pour Bambey. La répartition des pluies est donnée à la figure 1, et on trouvera le tableau pluviométrique en annexe 5. L'hivernage a commencé relativement tard (première pluie le 10/07), et surtout les 40 premiers jours se caractérisent par un espacement important des précipitations supérieures à 5 mm.

fig1:
pluies
Sole C
1991



2.1.2 Calendrier cultural

du 23/07/91
au 28/07/91: labour aux boeufs en humide et enfouissement du compost, sur la pluie de 28 mm du 22/07, la pluie de 6 mm du 10/07 n'ayant pas suffisamment humecté le sol;

le 29/07/91: hersage;

le 30/07/91: semis de l'arachide (variété 55-437);

le 31/07/91: semis du mil (Souna III):

du 03/08/91
au 04/08/91: quelques poquets (20%) lèvent sur les parcelles compostées;

le 17/08/91: levée générale, sur un cumul de 41.1mm en quatre jours (dont 32.0 le 16/08);

du 26/08/91
au 27/08/91: sarcla-binage, démariage du mil, et repiquage pour combler les manquants:

du 09/09/91
au 10/09/91: binage de l'arachide;

du 16/09/91
au 17/09/91: deuxième sarclage du mil;

le 30/09/91: premières attaques de cantharides;

ETR moyennes du mil au cours du temps

FIG. 2

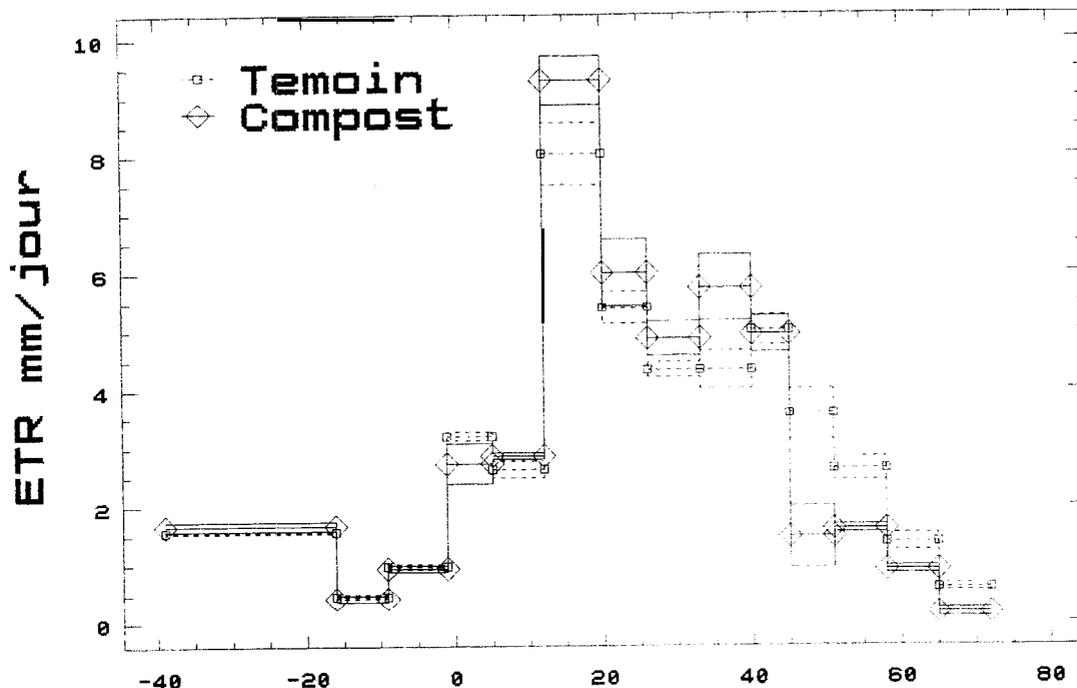
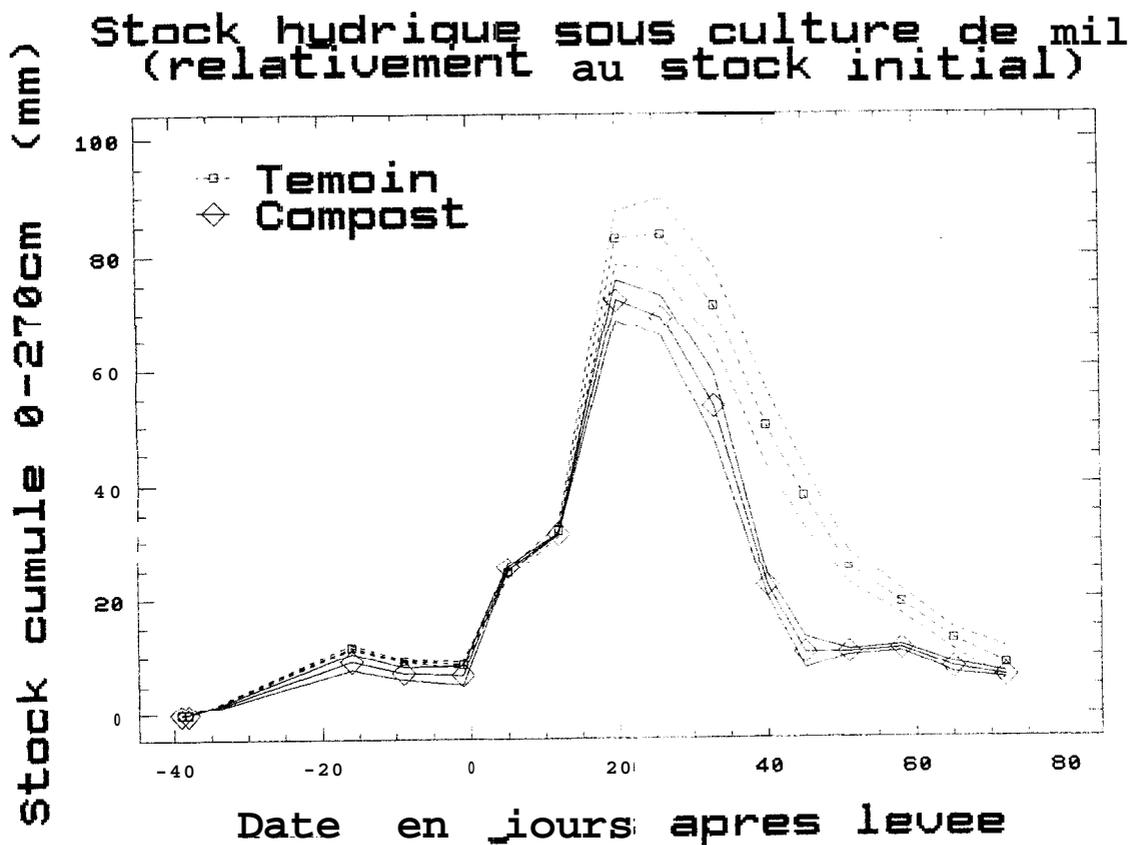


FIG. 3

Date en jours apres levee (levee 17/08)



le **02/10/91**: traitement du mil contre les cantharides au **Decis**;

le **04/10/91**: traitement du mil au Thiodame;

le **22/10/91**: flétrissement du mil sur les parcelles ayant reçu du compost, par stress hydrique évident;

le **26/10/91**: récolte du mil;

le **14/11/91**: récolte de l'arachide.

2.1.3 Evénements divers

On note un état phytosanitaire satisfaisant des deux cultures sur l'ensemble de leur cycle, malgré quelques cas de mildiou sur mil, et de **clump** sur arachide.

A la floraison du mil et de l'arachide, des symptômes de stress hydrique étaient nettement visibles, particulièrement sur **les** parcelles compostées.

2.2 Bilan hydrique

Le dispositif de mesure de l'humidité du sol à la sonde à neutrons permet d'évaluer l'**ETR** de la culture tant que le drainage sous la cote maxi de mesure (370 cm à la sole C) est nul ou négligeable.

Cette condition a Bté respectée tout au long de l'hivernage, le front **d'humectation** ne **descendant** pas au-dessous de 270cm.

On peut suspecter qu'un ruissellement non négligeable ait eu lieu lors de la pluie de 50mm du **02/09**, les valeurs **d'ETR résultant** des mesures effectuées de part et d'autre de cette pluie sont donc à prendre avec précaution. Ceci concerne les valeurs **d'ETR** calculées pour la période du **29/08** au **06/09**, soit **13 à 20** jours **après** levée.

2.2.1 Mil

La figure 2, qui donne l'évolution de l'**ETR** mesurée au cours du temps avec et sans compost, montre que la consommation hydrique du mil a été supérieure sur traitement Compost à celle des Témoins de **13 à 38** jours après levée ce qui correspond à la fin de la phase d'installation et à la majeure partie de la **période** initiation florale-50% floraison. Par la suite l'**ETR** du traitement Compost rejoint celle du Témoin pendant 6 jours puis chute à des valeurs très basses et la situation s'inverse, très nettement jusqu'à 53 jours après levée et de façon moins marquée par la suite, la consommation des Témoins chutant à son tour.

L'examen de l'**évolution** du stock hydrique sous culture 1(fig.3) montre qu'on est en présence du même phénomène que celui qui avait été identifié en 1990: la consommation élevée observée dans un premier temps avec Compost entraîne, en l'absence d'une réalimentation suffisante de la réserve hydrique du sol par les pluies, un **assèchement** plus rapide du sol que pour les Témoins, qui provoque à son tour une baisse brutale de l'**ETR**.

Cet effet de feed-back dépressif du compost sur la consommation de fin de cycle intervient en 1991 entre 44 et 53 jours après levée, ce qui correspondrait à 48-57 jours après semis pour un semis en humide, donc pendant la phase de floraison. Il se produit environ vingt jours plus tôt qu'en 1990, où il avait été observé à partir de 70 jours après semis, donc au milieu de la phase de maturation, et avait limité l'effet du compost sur le rendement en grains.

Ceci semble moins dû au profil de l'hivernage qu'à un mauvais calage du cycle de la culture par rapport à celui-ci, entraîné par le labour. Ce dernier a en effet retardé la levée de 13 jours par rapport à la date possible au plus tôt en semis direct.

Les parcelles des agriculteurs des villages voisins, semées en sec ont d'ailleurs levé le 14/07, sur la pluie du 10/07. Leurs conditions d'alimentation hydrique ont été très médiocres pendant les huit premiers jours mais les phases sensibles s'y sont déroulées dans de bonnes conditions.

On est donc en 1991 à la sole C dans un cas de figure où l'intensification qu'est la pratique de l'enfouissement de compost par labour de début de cycle a notablement modifié le calage du cycle par l'effet du labour, et provoqué un stress hydrique pendant la floraison par effet du compost en contexte de cycle décalé.

La consommation hydrique des deux traitements par stade de développement est donnée au tableau 1, où:

- IdV= Installation+Développement végétatif: 0-30 jours
- Fl1= Phase sexuée 1 (induction fl.-épiaison): 30-45j.
- Fl2= P. sexuée 2 [pleine floraison): 45-60 jours
- matu= maturation: 60-90 jours

On a également fait figurer l'indice de satisfaction des besoins en eau IRESP défini par:

$IRESP = (ETR/ETM)_{cycle} \times (ETR/ETM)_{ps}$
avec $(ETR/ETM)_{ps} = \min \{ (ETR/ETM)_{Fl1}, (ETR/ETM)_{Fl2} \}$
et $ETM = k'c \times E_{vbac}$ $k'c$ = coefficients culturaux déterminés à Bambey par C.Dancette

Tableau 1: Bilan hydrique in situ du mil par stades de développement

phase/ traitement	Idv	Fl1	Fl2	Matu	Cycle	IRESP
Compost	149.7	79.1	36.5	10.7	276.0	0.27
Témoin	137.2	65.2	54.6	20.0	277.0	0.40
Sig. 5%	N.S.	H.S.	H.S.	H.S.	N.S.	S.
ETM	99.5	87.5	95.0	112.0	394.0	1.00

Les consommations cumulées des deux traitements sur l'ensemble du cycle sont donc très proches l'une de l'autre, pour des consommations par phase sensiblement différentes, sauf pour l'installation de la culture. L'indice hydrique calculé IRESP est favorable au traitement Témoin, du fait de l'effet dépressif du compost sur l'ETR à la floraison.

Les valeurs élevées par rapport à l'ETM, enregistrées pendant la phase Idv sont probablement imputables au ruissellement de la pluie du 2/9.

On doit cependant signaler qu'un pourcentage non négligeable de poquets du traitement Compost a levé 13 jours plus tôt que la majeure partie de l'essai. Pour ces poquets, le stress hydrique s'est produit pendant la phase de maturation, où la plante est nettement moins sensible.

2.2.2 Arachide

L'évolution de l'ETR (fig.4) et du stock hydrique sous culture (fig.5) sont similaires à celles du mil, la consommation hydrique du traitement Compost passe en-dessous de celle du Témoin entre 48 et 56 jours puis entre 61 et 70 jours après la levée, les pluies du 06/10 (54 jours après levée) et du 09/10 (57 j.a.1) ayant permis un retour de la consommation du Compost au niveau du Témoin entre les deux périodes.

Le phénomène s'est donc produit en partie pendant la phase de fructification (F12) et en partie pendant la maturation. Pendant la premier-e partie de la phase de fructification l'ETR du Compost a été supérieure à celle du témoin, de telle sorte que sur l'ensemble de la phase les résultats des deux traitements sont équivalents, comme cela apparaît dans le tableau 2, donnant les résultats du bilan hydrique par stades de développement.

Tableau 2: Bilan hydrique de l'arachide

stade/ traitement	Idv	F11	F12	Matu	Cycle
Compost	150.4	53.4	47.5	24.9	276.2
Témoin	130.6	47.9	47.1	30.8	256.5
Sig.	N.S.	S.	N.S.	N.S.	N.S.
ETM	92.0	77.0	102.0	236.0	507.0

avec:

Idv= installation-développement: -4 - 26 jours après levée

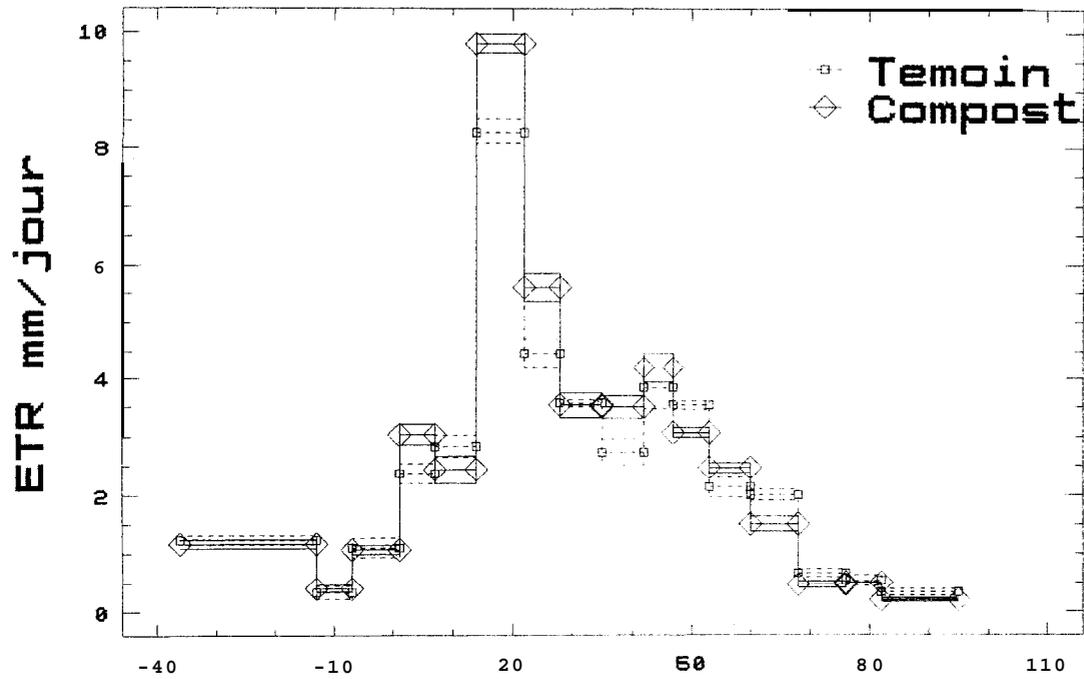
F11= floraison: 26 - 41 jours après levée

F12= fructification: 41 - 56 j.a.1.

matu= maturation: 56 - 86 j.a.1.

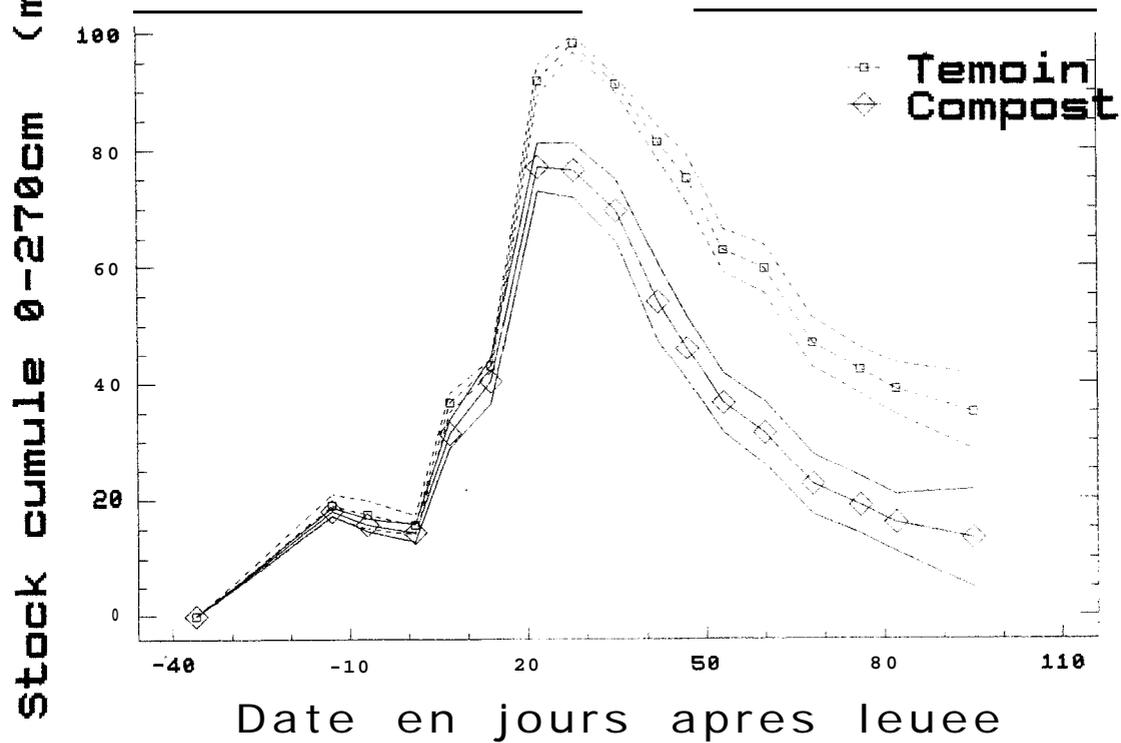
De même que pour le mil, on enregistre des valeurs supérieures à l'ETM pendant la phase Idv, dues probablement à du ruissellement.

Fig+ 4: ETR moyennes de l'arachide au **COURS** du temps



Date en jours apres **levee** (levee 17/08)

Fig. 5: Stock hydrique sous arachide (relativement au stock initial)



Date en jours apres leuee

2.3 Résultats agronomiques

2.3.1 Croissance du mil

Le compost a eu un effet positif sur la croissance en hauteur des tiges comme cela apparaît à la figure 6. L'analyse de **variance** révèle un effet très hautement significatif. La mesure **supplémentaire** de la hauteur des poquets voisins des tubes d'accès de la sonde a permis de s'assurer que les poquets faisant l'objet de la mesure du bilan hydrique étaient bien **représentatifs** de l'ensemble de chaque parcelle.

2.3.2 Surface foliaire du mil

La figure 7 montre que le compost a eu un effet positif sur l'indice de surface foliaire (LAI) pendant les 60 premiers jours du cycle, puis un effet négatif. L'analyse de **variance** révèle un effet très hautement significatif des facteurs date et traitement et de leur interaction.

2.3.3 Masses racinaires du mil

Les données, extrêmement nombreuses et lourdes à traiter n'ont **été** que partiellement analysées. On a représenté à la figure 8 les masses totales de racines sèches par cm^3 de sol en fonction de la profondeur. Il en ressort un effet positif du compost pour l'horizon 0-10 cm.

La **dernière** profondeur atteinte par les racines est de 150 cm sous Compost et 180 cm sous Témoin, ce qui peut être attribué, comme en 1990, à une moindre descente du front **d'humectation** sous compost, elle même liée à la plus forte ETR observée pendant la plus grande partie du cycle pour ce traitement.

2.3.4 Rendement et composantes (mil et arachide)

Les résultats sont **présentés** dans les tableaux 3 et 4 ci-dessous:

Tableau 3: composantes du rendement du mil

composante / traitement	npoq. /ha	ntiges /poq.	népiss fert./ tige	ngrains /épiss fert.	poids mille grain (g)	rdt (kg/ha)
Compost	11319	7,40	0,35	3835	5,22	1632,0
Témoin	10905	5,39	0,44	3655	6,20	494,0
Sig.	N.S.	T.H.S.	N.S.	N.S.	S.	N.S.

npoq./ha=nombre de poquets/ha
ntiges/poq.=nombre de tiges/ha
népiss fert./tige=nombre d'épiss fertiles par tige
rdt=rendement grain.

Croissance en hauteur du mil

FIG.6

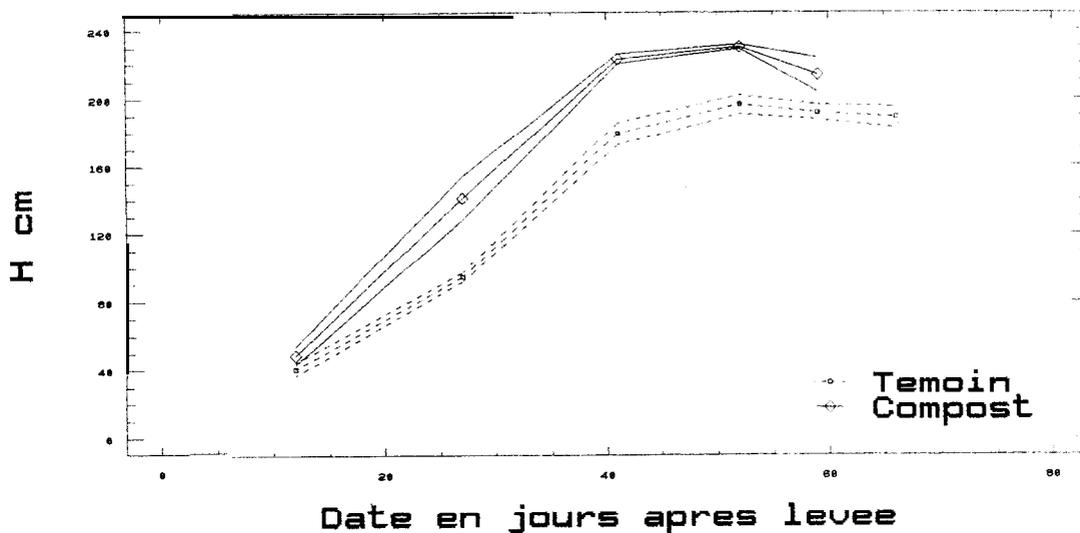


FIG.7

Indice de Surface Foliaire du mil au cours du temps

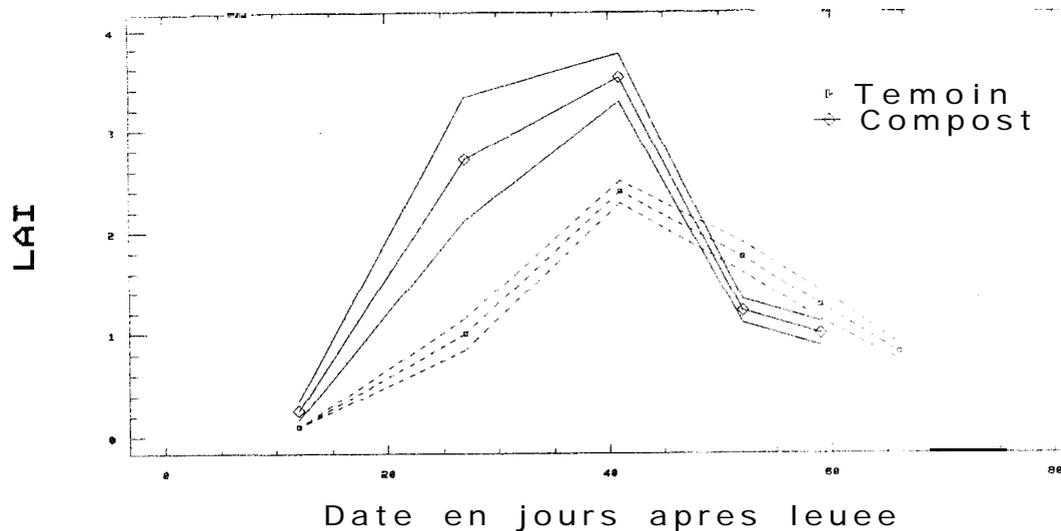
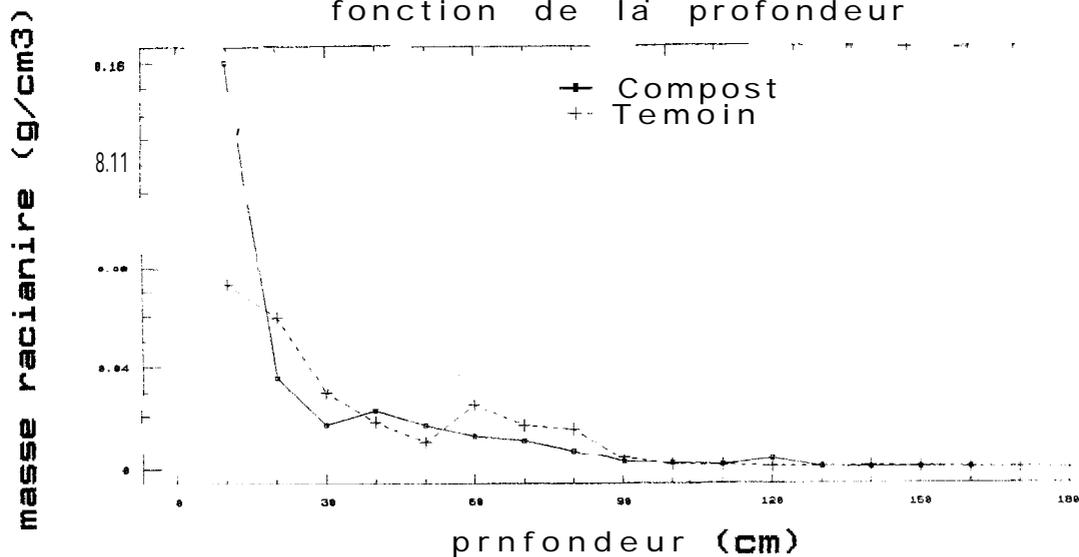


FIG.8

Masses racinaires par cm³ de sol en fonction de la profondeur



Le compost a donc eu un effet positif sur le nombre de tiges par poquet, pas d'effet sur le nombre d'épis fertiles par tige ni sur le nombre de grains par épis, mais un effet négatif sur le remplissage des grains. Il en résulte une production de grain par hectare équivalente entre les deux traitements.

On pouvait s'attendre à un effet négatif du compost sur le rendement, compte tenu des résultats du bilan hydrique, mais les 20% de poquets ayant levé immédiatement après le semis sur traitement Compost, et qui ont bénéficié d'une meilleure alimentation hydrique pendant la floraison ont probablement contribué à améliorer le résultat moyen des parcelles compostées.

Tableau 4: composantes du rendement de l'arachide

composante / traitement	npoq. /ha	ngou. /poq.	ngrai. /gou.	poids mille grai. (g)	poids grai./ha (kg/ha)	poids fanes /ha (kg/ha)
Compost	98857	6,20	1,56	183,6	160,7	1323,7
Témoin	81142	6,10	1,59	271,2	190,7	851,5
Sis.	S.	N.S.	N.S.	T.H.S.	N.S.	S.

npq./ha=nombre de poquets/ha
ngou./poq.=nombre de gousses par poquet
ngrai./gou.=nombre de graines par gousse
grai.=graines

Dans le cas de l'arachide, le compost a eu en effet positif sur la production de fanes, mais également un effet négatif sur le remplissage des graines, qui a été très mauvais pour les deux traitements de même que le nombre de gousses par poquet, ce qui explique les rendements très médiocres. Le fait que les rendements des deux traitements soient égaux est en accord avec les résultats du bilan hydrique.

III-Conclusion

Les résultats obtenus en 1991 confirment ceux de l'année précédente: un apport de matière organique a un effet positif sur l'ETR à teneur en eau constante du sol, ce qui peut entraîner une consommation rapide des réserves hydriques du sol si celles ci ne sont pas suffisamment réalimentées par les pluies. Il en résulte alors, par effet feed-back, un effet négatif sur l'alimentation hydrique ultérieure.

Ce phénomène a été observé cette année aussi bien sur mil que sur arachide, et les stress hydriques induits par le compost sont intervenus à des stades de forte sensibilité des deux cultures.

Ceci explique que l'effet positif du compost sur le développement végétatif et sur les composantes du rendement dont l'élaboration se fait en début de cycle, ait été contrebalancé par un effet négatif du compost sur le remplissage des grains,

de sorte qu'on n'observe en définitive pas d'effet du compost sur la productivité en grains ni du mil, ni de l'arachide.

Il reste à évaluer, à partir des données pluviométriques antérieures, la probabilité d'occurrence d'un profil d'hivernage pouvant donner lieu à ce type de situation où un apport fertilisant ne serait pas valoriser. On aurait ainsi une première évaluation du risque lie à l'apport de matière organique, en contexte de pluviométrie fortement déficitaire et aléatoire.

Un autre enseignement de cette **expérimentation** est que le labour d'enfouissement du compost, **nécessairement** réalisé en humide a entraîné cette année un décalage du cycle des cultures vers la fin de l'hivernage qui a eu un effet néfaste sur l'alimentation hydrique aux phases sensibles, d'où les rendements très médiocres obtenus tous traitements confondus, pour les deux cultures. On pourrait la encore examiner la probabilité d'occurrence d'une telle situation, caractérisée par un écart important entre la première pluie utile et la suivante.

BIBLIOGRAPHIE

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. Les journées hydrologiques de Nantpellier 1990. Centre ORSTOM/Hann Dakar p. 1-12.

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.

BENOIT-CATTIN M., 1986. Les unités expérimentales du Sénégal. Recherche et Développement agricole. ISRA/CIRAD/FAC. 500 p.

330ULIER F., JOUVE, Ph. 1990. Evolution des systèmes de production sahéliens et leur adaptation à la sécheresse. R3S-CORAF-CILSS-CIRAD, Février 1990. 135 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 doctorat en Sciences Agronomiques soutenu le 14 novembre 1986 à LORRAINE. 184 p. + grap.

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.

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.

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.

JOUVE P., 1989. L'analyse agronomique de situations culturales. Lab. **Syst. Prod.** - Département des Syst. Agr. 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, Spécialité : MECANIQUE. INP/GRENOBLE, 246 p.

MOURGUES A., 1990. **Diversité des systèmes** agraires du département de Kaffrine (SENEGAL). ISRA/CIRAD - CNEARC/ESAT Montpellier. 27 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.

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, 40 p. + annexes et grap.

ANNEXES

AMNEXE 1

Arachide Sob 1991: plan du dispositif

1	2	3	4	5	6
X					X
B	A	E	C	D	F
7	8	9	10	11	12
A	D	B	C	F	E
13	14	15	16	17	18
F	C	E	A	D	B
19	20	21	22	23	24
		X		X	
D	B	A	E	F	C

X = emplacement de tube d'humidimètre
parcelles pluviales: 9x4m

parcelles irriguées (10m2):

	T1		T2	
X	x	x	X	

ANNEXE 2

PLUVIOMETRIE SOB 1991

PLWIOMETEIE DE SOB232AR (1991)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
1	33.0	.	.	.	1
2	2
3	14.0	.	.	.	3
4	37.0	4.5	.	.	4
5	5
6	6
7	7
8	32.0	20.0	.	.	8
9	2.0	.	.	.	9
10	48.2	.	.	2.7	.	.	10
D1	48.2	.	118.0	27.2	.	.	
11	5.0	.	.	.	11
12	12
13	0.8	.	.	.	.	13
14	10.0	13.0	.	.	.	14
15	15
16	17.0	.	.	.	.	16
17	2.5	.	.	.	.	17
18	2.5	.	.	.	.	.	18
19	19
20	19.0	.	.	.	20
D2	2.5	30.2	37.0	.	.	.	
21	11.0	.	.	.	.	21
22	16.0	.	.	.	.	.	22
23	23
24	24
25	30.0	.	.	.	.	25
26	3.5	.	.	.	26
27	27
28	28
29	11.0	.	.	.	.	29
30	13.5	.	.	.	.	30
31	3.0	20.0	.	.	.	.	31
D3	19.0	85.5	3.5	.	.	.	
M	69.6	115.8	158.5	27.2	.	.	
Nb	0	0	0	0	0	0	4	9	9	3	0	0	

TOTAL ANNUEL : 371.2 mm Nombre de jours de pluies : 25

PLUVIOMETRIE DE SO3302 (1991)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
1	----	Y	.	.	.	.	.	.	34.0	.	.	.	1
2	2
3	14.0	.	.	4.0	.	.	.	3
4	35.0	4.0	.	.	4
5	5
6	6
7	7
8	33.2	17.2	.	.	8
9	2.5	.	2.0	.	.	.	9
10	48.2	.	.	2.0	.	.	10
D1	14.0	50.7	.	108.4	23.2	.	.	
11	4.5	.	.	.	11
12	12
13	0.8	.	.	.	.	13
14	11.0	11.3	.	.	.	14
15	15
16	14.3	.	.	.	.	16
17	1.8	.	.	.	.	17
18	2.0	.	.	.	.	.	18
19	19
20	17.7	.	.	.	20
D2	2.0	28.2	33.7	.	.	.	
21	10.6	.	.	.	.	21
22	16.5	.	.	.	.	.	22
23	23
24	24
25	29.0	.	.	.	.	25
26	2.7	.	.	.	26
27	27
28	28
29	9.8	.	.	.	.	29
30	9.3	.	.	.	.	30
31	3.2	20.5	.	.	.	.	31
D3	19.7	79.4	2.7	.	.	.	
M	14.0	72.5	107.5	144.8	23.2	.	.	
Nb	0	0	0	0	0	1	5	9	9	3	0	0	

TOTAL ANNUEL : 362.1 mm Nombre de jours de pluies : 27

PLUVIOMETRIE DE SOB439A (1991)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
1	37.2	.	.	.	1
2	2
3	14.0	.	.	5.1	.	.	.	3
4	34.7	5.0	.	.	4
5	5
6	6
7	7
8	33.0	17.8	.	.	8
9	2.5	.	1.7	.	.	.	9
10	40.5	.	.	1.7	.	.	10
D1	14.0	43.0	.	111.9	24.6	.	.	
11	4.4	.	.	.	11
12	12
13	0.5	.	.	.	.	13
14	7.5	10.5	.	.	.	14
15	15
16	15.6	.	.	.	.	16
17	2.2	.	.	.	.	17
18	2.5	.	.	.	.	.	18
19	19
20	19.1	.	.	.	20
D2	2.5	26.0	34.0	.	.	.	
21	8.6	.	.	.	.	21
22	17.1	.	.	.	.	.	22
23	23
24	24
25	31.2	.	.	.	.	25
26	2.5	.	.	.	26
27	27
28	28
29	11.0	.	.	.	.	29
30	9.1	.	.	.	.	30
31	3.0	17.5	.	.	.	.	31
D3	20.1	77.5	2.5	.	.	.	
M	14.0	65.8	103.5	148.3	24.6	.	.	
Nb	0	0	0	.	0	.	5	9	9	3	0	0	

TOTAL ANNUEL : 356.3 mm Nombre de jours de pluies : 27

PLUVIOMETRIE DE SOB439B (1991)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	
1	36.9	.	.	.	1
2	2
3	15.3	.	.	6.1	.	.	.	3
4	35.2	5.4	.	.	4
5	5
6	6
7	7
8	31.8	17.7	.	.	8
9	2.5	.	1.8	.	.	.	9
10	44.9	.	.	1.7	.	.	10
D1	15.3	47.5	.	3.12.1	25.0	.	.	
11	4.0	.	.	.	11
12	12
13	0.6	.	.	.	.	13
14	7.5	10.6	.	.	.	14
15	15
16	15.5	.	.	.	.	16
17	2.0	.	.	.	.	17
18	3.0	.	.	.	.	.	18
19	19
20	18.1	.	.	.	20
D2	3.0	25.7	32.7	.	.	.	
21	8.5	.	.	.	.	21
22	17.8	.	.	.	.	.	22
23	23
24	24
25	31.0	.	.	.	.	25
26	2.2	.	.	.	26
27	27
28	28
29	12.0	.	.	.	.	29
30	9.6	.	.	.	.	30
31	2.9	18.3	.	.	.	.	31
D3	20.7	79.5	2.2	.	.	.	
M	15.3	71.4	105.3	147.1	25.0	.	.	
Nb	0	0	0	0	0	1	5	9	9	3	0	0	

TOTAL ANNUEL : 364.2 mm Nombre de jours de pluies : 27

PLUVIOMETRIE DE SOB495 (1991)

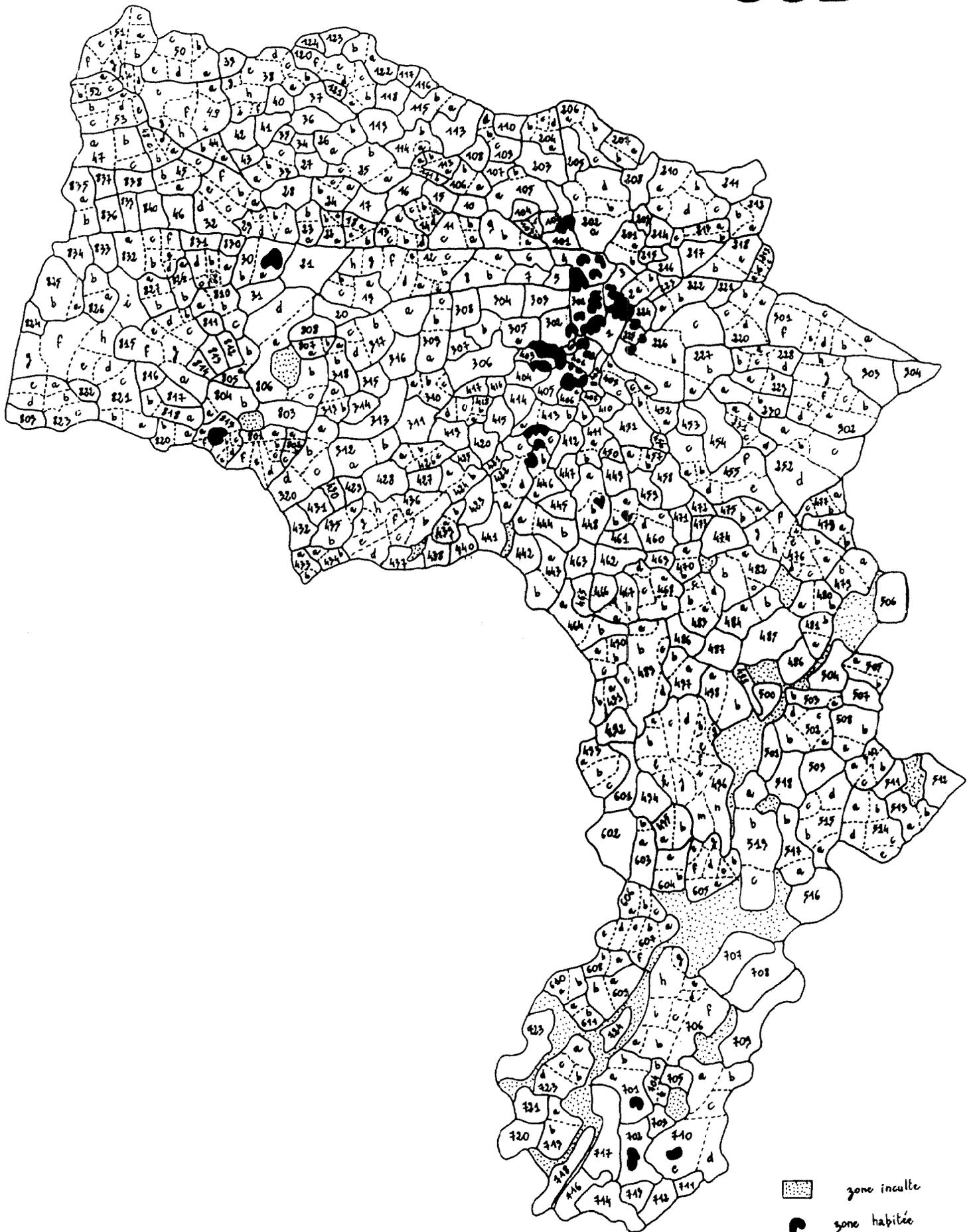
	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	NOV	Dec	
1	27.8	.	.	.	1
2	2
3	15.3	.	.	8.0	.	.	.	3
4	35.4	5.0	.	.	4
5	5
6	6
7	7
a	29.3	16.2	.	.	8
9	2.5	.	2.2	.	.	.	9
10	34.5	.	.	4.3	.	.	10
D1	15.3	37.2	.	103.0	25.5	.	.	
11	3.0	.	.	.	11
12	12
13	0.3	.	.	.	.	13
14	5.0	10.1	.	.	.	14
15	15
16	21.0	.	.	.	.	16
17	1.7	.	.	.	.	17
18	0.8	.	.	.	.	.	18
19	19
20	16.7	.	.	.	20
D2	0.8	28.1	29.7	.	.	.	
21	7.0	.	.	.	.	21
22	18.8	.	.	.	.	.	22
23	23
24	24
25	48.0	.	.	.	.	25
26	2.9	.	.	.	26
27	27
28	28
29	22.0	.	.	.	.	29
30	11.8	.	.	.	.	30
31	2.0	19.7	.	.	.	.	31
D3	20.8	108.6	2.9	.	.	.	
M	15.3	59.0	136.8	135.6	25.5	.	.	
Nb	0	0	.	.	0	1	5	9	9	3	0	0	

TOTAL ANNUEL : 372.3 mm Nombre de jours de pluies : 27

ANNEXE 3

PLAN DU TERROIR DE SOB
(d'après A.Lericollais)

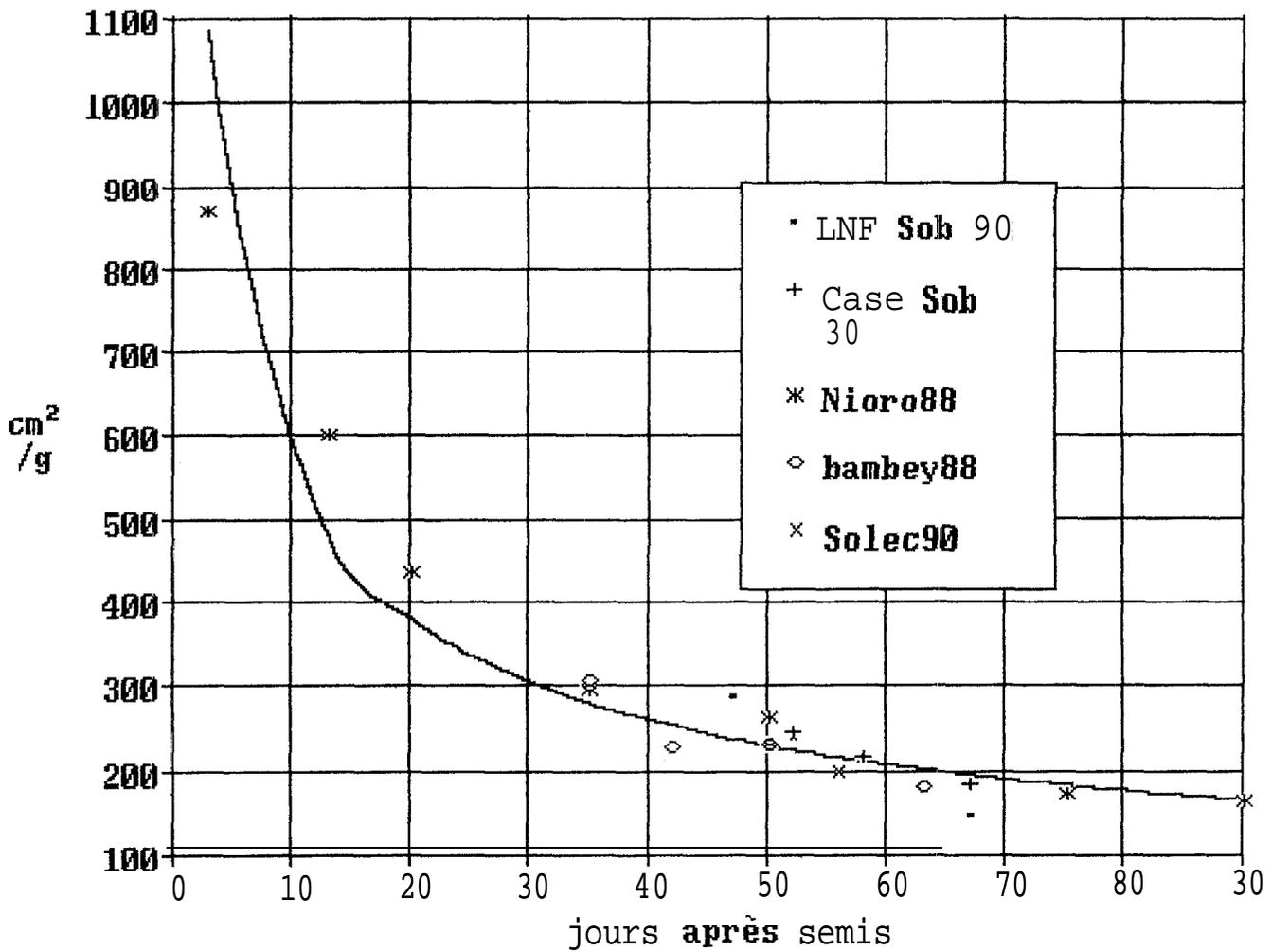
SOB



ORSTOM - 1986 -
A. LERIGOLLAIS

ANNEXE 4
SURFACE SPECIFIQUE DU MIL

Surface spécifique du mil



Y=Surface spécifique (cm²/g)
X=Date (jours après semis)

$Y=1987.4 \cdot X^{-0.55}$ $R^2=0.91$ $n=19$ $P < 10^{-5}$

ANNEXE 5

PLUVIOMETRIE SOLE C 1991

PLUVIOMETRIE DE SOLEC (1991)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	oct	Nov	Dec	
1	20.0	.	.	.	1
2	1.0	50.0	.	.	.	2
3	3
4	9.0	.	.	.	4
5	34.0	.	.	.	5
6	9.0	.	.	6
7	7
8	8
9	31.0	6.0	.	.	9
10	6.0	.	.	.	.	.	10
D1	6.0	1.0	144.0	15.0	.	.	
11	1.0	.	.	.	.	11
12	2.0	6.0	.	.	12
13	13
14	2.0	.	.	.	.	14
15	4.0	18.0	.	.	.	15
16	32.0	.	.	.	.	16
17	3.0	.	.	.	.	17
18	18
19	3.0	.	.	19
20	20
D2	42.0	20.0	9.0	.	.	
21	9.0	.	.	.	21
22	28.0	3.0	.	.	.	.	22
23	11.0	.	.	.	.	23
24	3.0	.	.	.	.	.	24
25	25
26	12.0	.	.	.	.	26
27	2.0	.	13.0	.	.	.	27
28	28
29	8.0	.	.	.	.	.	29
30	2.0	.	.	.	.	30
31	31
D3	41.0	28.0	22.0	.	.	.	
M	47.0	71.0	186.0	24.0	.	.	
Nb	0	0	0	0	0		5	10	9	4	0	0	

TOTAL ANNUEL : 328.1 mm Nombre de jours de pluies : 28