

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1982/85

SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

CHERCHES
Biologique
BAMBEY

CN0100831
P424
DAN

**SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE DE L'ARACHIDE EN
VUE D'UNE MEILLEURE ADAPTATION DE CETTE
CULTURE AUX CONDITIONS TROPICALES**

C. DANCETTE

Division de Bioclimatologie
CNRA de BAMBEY
SENEGAL

F. FOREST

Division Recherche - Développement
IRAT/GERDAT B.P. 5035
34032 Montpellier - FRANCE

COMMUNICATION PREPAREE POUR LE SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA PRODUC-
TION ARACHIDIERE, LE MARCHE MONDIAL DES OLEAGINEUX, LES ECHANGES INTRA-
AFRICAINS DE L'ARACHIDE ET SES DERIVES - 7 - 11 JUIN 1982 A BANDJUL,
REPUBLIQUE DE GAMBIE, SOUS L'EGIDE DU CONSEIL AFRICAIN DE L'ARACHIDE
(C. A. A.)

Avril 1982

INSTITUT SENEGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES
TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES
(I.R.A.T.)

SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE DE L'ARACHIDE EN
VUE D'UNE MEILLEURE ADAPTATION DE CETTE
CULTURE AUX CONDITIONS TROPICALES

C. DANCETTE - F. FOREST

RESUME

La division de Bioclimatologie du C.N.R.A. de Bambey (ISRA) a travaillé pendant plusieurs années pour préciser d'une part le gradient de demande évaporative (essentiellement Nord - Sud) d'ordre climatique au Sénégal et d'autre part les besoins en eau de plusieurs variétés d'arachide dont le cycle variait de 90 à 120 jours,

De son côté, la division d'hydraulique agricole de Montpellier (IRAT-GERDAT) a mis au point un modèle de bilan hydrique permettant de tirer parti des connaissances agroclimatiques acquises par ailleurs. outre le coefficient de demande évaporative et les besoins en eau interviennent les facteurs suivants :

- la capacité de rétention en eau des sols, que l'on peut estimer à partir des travaux actuellement conduits pour caractériser les principaux sols sénégalais

- la pluviométrie quotidienne, mesurée régulièrement depuis de nombreuses années : on retiendra ici une période de quarante années de relevés ; les chiffres sont éventuellement corrigés par un coefficient de ruissellement.

A partir du modèle on peut chiffrer sur des périodes successives de 5 jours, la consommation hydrique réelle (évaporation réelle ou ETR), le taux de satisfaction des besoins en eau, les risques de drainage et de ruissellement, les doses d'irrigation de complément qu'il conviendrait d'apporter.

Pour tester la validité du modèle et en montrer l'intérêt pratique, les auteurs ont analysé sur quarante années, 3 variétés d'arachide différant surtout par leur durée de cycle végétatif : 90, 105 et 120 jours, sur 3 types de sols différents et enfin dans 3 zones de pluviosité croissante : Louga (420 mm en moyenne), Bambey (640) et Nioro du Rip (860 mm),

Les résultats de l'analyse peuvent conduire à des choix importants pour le développement : choix de la durée de cycle à adopter, choix de la date de semis, recours à l'irrigation d'appoint.

A première vue, l'analyse montre qu'à Louga, même une variété de 90 jours est mal adaptée et qu'il faudrait recourir à l'irrigation d'appoint, qu'à Bambey, une variété dormante de 90 jours semée à la date voulue (c'est-à-dire pas trop tôt) peut assurer une meilleure sécurité sur le plan de son alimentation hydrique, que des variétés plus tardives, en particulier si on considère la période de sécheresse subie depuis plus de 12 ans, et enfin qu'à Nioro du Rip il n'y a pas de problème grave d'adaptation variétale : toutefois, pour la période de sécheresse 1968 - 1980, la variété de 105 jours est moins stressée sur le plan hydrique que celle de 120 jours, notamment en phase de maturation, ce qui est particulièrement important pour la qualité des semences et pour l'arachide de bouche.

Les objectifs de la recherche et du développement pourraient être de tendre vers une meilleure régularité de la production arachidière, plutôt que vers des rendements record plus aléatoires ; d'assurer une meilleure valorisation des ressources hydriques en appliquant une gestion agricole de l'eau plus rationnelle en vue non seulement de la réussite des cultures annuelles, mais du maintien du couvert arboré et de la réalimentation des nappes souterraines ; enfin d'accélérer la multiplication des variétés sélectionnées et la saturation de leurs zones d'adoption. Pour ce dernier objectif, on peut retenir des zones privilégiées de production semencière (à risques pluviométriques réduits) ou encore l'irrigation d'appoint en cours sur des périmètres irrigables aménagés pour la production maraîchère de saison sèche.

En effet, la culture de l'arachide pendant la saison des pluies constitue un très bon précédent aux cultures maraîchères en facilitant par la suite une meilleure maîtrise des nématodes et en réduisant les risques de hausse trop rapide du pH. La multiplication de la variété hâtive et dormante (v. 73 - 30) devrait surtout être accélérée pour les zones critiques du centre du pays où une variété de 90 jours non dormante (v. 55 437) présente des risques non négligeables en fin de cycle et où les variétés de 105 jours ne sont pas idéales au point de vue hydrique, en cas de sécheresse.

Ce type d'analyse agroclimatique, basée sur la détermination des principaux termes du bilan hydrique, étendu à un grand nombre de stations, permettra d'opérer un meilleur zonage pédoclimatique pour les principales variétés d'arachide. La zone centrale où se posent les problèmes les plus cruciaux sera étudiée en priorité : elle en globe Les régions de Diourbel, de Thiès et du Cap Vert, tout en intéressant

le Sud de la région de Louga et le Nord de la région du Sine Saloum.

N.B. Ce travail de recherche appliquée bénéficie d'une aide de la DGRST française, dans le cadre de la collaboration entre l'IRAT-GIRDAT et l'ISRA (action LAT C II n° DA 79 700 92.

S O M M A I R E

INTRODUCTION	<u>Page</u>
I - PRINCIPE DE LA SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE	7
I-1- Hypothèses de travail	7
I-2- Equation du bilan hydrique	8
I-3- Critères de situation	9
II - APPLICATION DE LA MODELISATION DU BILAN HYDRIQUE A LA CULTURE DE L'ARACHIDE AU SENEGAL	10
II-1- Paramètres du bilan.....	10
II-2- Critères agroclimatologiques	12
II-3- Principaux résultats	14
II-4- Adaptation variétale	18
II-5- Adaptation à la sécheresse	19
III - BILAN HYDRIQUE ET COMPREHENSION DE L'ELABORATION DU RENDEMENT DE L'ARACHIDE	20
III-1- Déficit hydrique, facteur limitant des rendements à Louga	20
III-2- Bilan hydrique et explication des rende- ments à Bambey.....	20
III-3- Bilan hydrique et rendements d'arachide à Nioko du Rip	22
IV - PREMIERES CONCLUSIONS PRATIQUES	24
IV-1- Adaptation variétale	
IV-2- Irrigation de complément	24
V - BIBLIOGRAPHIE	32

ANNEXES.

INTRODUCTION

La production agricole des pays de la zone soudano-sahélienne est, dans la quasi **totalité**, basée sur la pratique d'une agriculture pluviale aussi bien pour les cultures vivrières que pour les cultures d'exportation.

Ainsi, la production **arachidière** au Sénégal connaît, depuis **quelques années**, une baisse de volume imputable à juste raison à une **réduction** de la **pluviométrie** : raccourcissement de la durée de la saison des pluies utile et **apparition** de plus en plus **fréquente** de périodes de sécheresse au cours de la période de culture.

En effet, **malgré d'importants** efforts de développement qui ont, notamment **contribué** à l'intensification de la production : semences **sélectionnées**, fertilisation, culture **attelée**, il convient de s'interroger sur l'effet de la **pluviométrie** sur le rendement de la culture arachidière, comme le **suggère** le tableau 1 explicitant l'**évolution** de la production totale nationale et les **pluviométries** utiles survenues dans la **région** Nord, Centre et Sud, **représentées** spécifiquement par les stations de Lauga, Eambey et Nioro du Rip (cf carte).

Les productions maximales atteintes en 1975 **correspondant** à une alimentation hydrique satisfaisante pour les zones centre et Sud qui contribuent pour 80 % à la production **arachidière**. Inversement, la **sécheresse** de l'année 1972 a entraîné une chute de la production de près de 100 % par rapport à l'année précédente.

L'examen des **années** récentes met en **évidence** une persistance de la **sécheresse** qui tend, notamment, à **s'accentuer** dans les zones Centre et Nord en impliquant des productions de plus en plus faibles au niveau **national**.

TABLEAU 1

PRODUCTION TOTALE SENEGAL		PLUIE UTILE (mm)		
Années	Milliers de tonnes coque	Zone Nord	Centre	Sud
1964	1 000	432	536	835
1965	1100	400	548	711
1966	850	403	549	806
1967	1 000	336	820	1 017
1968	750	211	350	491
1969	800	505	635	984
1970	580	204	495	532
1971	980	262	567	782
1972	570	99	312	438
1973	650	343	401	560
1974	1 000	361	467	503
1975	1 450	299	457	1 010
1976	1 150	279	376	718
1977	600	154	371	474
1978	950	293	705	652
1979	500	189	447	771
1980	300	273	400	500
		LOUGA	BAMBEY	NIORO DU RIP
Besoins en eau de l'arachide				
Cycle		90 j	105 j	120 j
Besoins en eau		450 - 500 mm	500 - 560 mm	480 - 520 mm
Production par région		10 %	30 %	50 %
Autres régions : Casamance)		10 %		
Sénégal)				
Oriental)				

I - PRINCIPE DE LA SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE

I-1 - Les Hypothèses de travail

Dans cette perspective, un modèle de bilan hydrique analysant de 5 jours en 5 jours les diverses situations agronomiques, a été mis au point à partir de la prise en considération des principales conditions déterminantes du milieu.

- L'offre :
- . le régime pluviométrique détermine directement la qualité de la satisfaction des besoins en eau. La notion de temps est donc fondamentale. La pluie mesurée (P) sur 5 jours, constitue un critère apte à la résolution précise du bilan hydrique.
 - . Le rôle du sol apparaît aussi, mais à un degré moindre. Un effet tampon est largement mis en évidence. La connaissance de la réserve utile RU est donc nécessaire mais à condition qu'on lui associe la capacité d'enracinement de la plante.

La demande: La demande climatique, ETP ou évapotranspiration potentielle, bien que notion par trop générale, constitue le critère de base pour évaluer la potentialité de production d'une culture dans un milieu donné. Elle intègre, en effet, les facteurs thermiques et radiatifs qui interviennent dans le métabolisme de la plante.

quo
L'occupation de l'espace tant aérien/souterrain, constitue le critère de différenciation des espèces végétales. Ainsi, la respiration et la transpiration, ETR, d'une plante rampante sera différente de celle d'un végétal érigé.

Plus précisément, la géométrie du végétal variant dans le temps, du semis à la récolte, la demande en eau sera directement liée à l'état de la végétation.

Les besoins en eau de la plante, ETM, sont alors caractérisables par une formule qui tient compte des deux facteurs :

- . la plante dans son espace : le coefficient cultural
- . la capacité évaporative du milieu = l'ETP, Ev bac...

soit : $ETM = K \times ETP$, avec $\lim \max ETR = ETM$

I-2- L'Equation du Bilan Hydrique

Comparant l'offre et la demande, la modélisation du bilan hydrique permet de connaître à une date donnée le statut hydrique du complexe eau-sol-plante.

Fluie + Réserve en eau + irrigation

$P + RS + I$

Moins le ruissellement

La consommation de la plante	ETR
------------------------------	-----

La réserve résiduelle dans le profil racinaire	RS
--	----

Lame de drainage si le sol est poreux	DR
---------------------------------------	----

Accumulation hydromorphique ou ruissellement oblique souterrain	
--	--

Les critères essentiels à retenir dans l'optique de la connaissance du déterminisme du rendement, se réduisent à trois termes :

- 1 - La valeur maximale possible de la réserve RS, soit : $RU = \text{Lim MAX } (RS)$.
- 2 - Le taux de satisfaction des besoins en eau ETR/ETM :
Dans des conditions de demande climatique données, le rendement maximal d'un système de culture est directement dépendant de la distribution et de la valeur des taux de satisfaction des besoins en eau mesurés depuis le semis jusqu'à la récolte.
Rendement = f (série ETR/ETM).
- 3 - La quantité d'eau DR s'écoulant sous le système racinaire de la culture qui permet une redistribution de la ressource pour l'alimentation de l'écosystème : végétation arborée, recharge des nappes.

Pratiquement, le tableau annexé (A) montre dans leur succession logique les différents facteurs introduits et résultats obtenus dans l'exécution du modèle de bilan hydrique.

1-3- Les Critères de Situation

Au delà de la résolution propre de l'opération du bilan hydrique, l'originalité de la démarche proposée pour la culture arachidière tient à la prise en compte d'une gamme d'hypothèses agricoles conforme à la réalité agroeconomique.

- La pluie de semis

Pour une culture donnée, dans un contexte agricole particulier, la valeur de la pluie de semis constitue un critère décisionnel. Elle sera d'autant plus élevée que l'agriculteur considèrera semer précocement.

La modélisation tient compte de cette pratique en établissant une règle de décision :

$$\text{valeur (pluie semis)} = r \text{ (temps écoulé à partir du début)}$$
 possible de la saison des pluies.

- le décalage agrotechnique

Lorsqu'il y a deux cultures, l'une d'entre elles est, inévitablement, mise en place après la première. Le décalage technique exprimé en nombre de jours permet de décaler la seconde culture par rapport à l'événement "pluie de semis".

- Les jours disponibles

La répartition des pluies dans le temps entraîne une modification du statut hydrique du sol. Dans certaines conditions, l'état d'humectation est tel qu'il est pratiquement impossible d'opérer des travaux culturaux.

Dans cet esprit, le modèle quantifie, tous les 5 jours, le nombre de jours où l'on a pu effectivement travailler.

- Le découpage de la période de culture

L'idée que la culture est plus ou moins sensible au déficit hydrique à certaines phases de son développement, est largement répandue. Toutefois, l'expérience montre que les avis des agriculteurs et des physiologistes ne sont pas toujours convergents.

Pour essayer de sélectionner cette question, le modèle de bilan permet de créer le découpage désiré et, par suite, de détecter les périodes où le déficit hydrique est le plus important.

II - APPLICATION DE LA MODELISATION DU BILAN HYDRIQUE A LA CULTURE DE L'ARACHIDE AU SENEGAL

II-1- Paramètres du bilan

Pour chiffrer les paramètres intervenant dans le bilan, la démarche mise en oeuvre par la recherche agronomique au Sénégal a été scrupuleusement respectée. C'est ainsi que l'estimation de la demande climatique ETP pour les sites de Louga et Niaro du Rio a été obtenue en utilisant les gradients (latitude et continentalité) mis au point au CNRA de Bamby, à partir de mesures d'évaporation d'eau libre en bac normalisé classe A : tableau 2

EVAPORATION D'UN BAC CLASSE A (mm/jour)*

Site	Bamby	Louga	Niaro du Rio
Fondération	1	1,16	0,65
Juin	1	9,4	10,2
	2	8,9	10,3
	3	8,9	10,3
Juillet	1	8,1	9,4
	2	7,3	8,5
	3	6,7	7,7
Août	1	6,2	7,2
	2	5,1	7,1
	3	5,7	6,6
Septembre	1	5,7	6,6
	2	5,4	6,3
	3	5,6	6,5
Octobre	1	6,4	7,4
	2	6,4	7,4
	3	6,9	8,0

tiré de "méthode pratique d'estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales du Sénégal".

C. DANCETTE ISRA-CNRA Bamby.

- La caractérisation du comportement hydrique des sols supportant la culture d'arachide sur chaque site s'est appuyée sur les résultats obtenus par la recherche :

Site	Réserve utile pour l'enracinement	
	RU	Type de sol
Louga	50 mm	très sableux (dunes)
	80 mm	sableux (interdunaires)
Bambey	50 mm	très sableux (dior)
	80 mm	à tendance plus argileuse (dek-dior)
Niéro du Rip	80 mm	± sableux
	150 mm	Brun argileux

- L'inventaire des types de variétés d'arachide cultivés s'est limité au choix de trois longueurs de cycle possible :

Variétés	Durée cycle	Site de culture
55-437 et 73-30	90 j	Louga - Bambey
57-422 et 73-30	105 j	Bambey - Niéro
28-206 *	120 j	Niéro

- Les besoins en eau ETM ont été obtenus in situ par la technique de mesure neutronique.
Dans le modèle, ils sont exprimés par la série des coefficients culturaux K^1 (stage) calée à partir de la date d'arrivée de l'événement "pluie de semis". Le tableau (3) présente les valeurs retenues pour la simulation sur le site de Bambey, à partir d'une date quelconque 11 Juillet à titre d'exemple.
- Le stock d'eau résiduel à la récolte : la pratique du cycle court contre, dans le cas des sites de Louga et Bambey, qu'il est possible de compter sur un stock hydrique résiduel favorable à l'implantation d'une culture dérobée ou à un labour de fin de cycle :

II-2- Critères agroclimatologiques

a) pluies de semis

Site	pluie de semis	Période de semis
Louga	≥ 60 mm	1-15/06
	≥ 50 mm	16-30/06
	≥ 20 mm	1-20/07
	≥ 15 mm	après le 20/07
Bambey	≥ 40 mm	1-15/06
	≥ 20 mm	16/06-15/07
	≥ 15 mm	après le 15/07
Nioro du Rip	≥ 40 mm	1-10/06
	≥ 20 mm	11/06-10/07
	≥ 15 mm	après le 10/07

En conséquence, la modélisation du bilan hydrique est déclenchée chaque année à partir du 1er Juin. Toutefois, dans certains cas (raisons sociologiques et techniques) le déclenchement pourra intervenir le 1er Juillet pour prendre en compte un décalage systématique des interventions culturales.

DATE AU PLUS TOT D'ARRIVEE DE L'EVENEMENT "PLUIE DE SEMIS"

site	50 % des cas	80 % des cas
Nioro	22 Juin	5 Juillet
Bambey	7 Juillet	13 Juillet
Louga	22 Juillet	1er Août
Décalage Nioro-Louga	30 jours	26 jours

TABLEAU 3
BESOINS EN EAU DE L'ARACHIDE A BAMBEY

Demande :

évaporation bac formule = $ETM = K' \cdot Ev \text{ Bac}$ (bac normalisé classe A)

A partir du 11 Juillet	V. 90 jours semée à 45x15 cm		V. 105 jours semée à 60 x 15cm		V. 120 jours semée à 60 x 15cm	
	K'	ETM mm/j	K'	ETM mm/j	K'	ETM mm/j
Ev Bac						
7.7 mm	0.41	3.2	0.23	1.8	0.26	2.0
7.1	0.57	4.0	0.41	2.9	0.38	2.7
6.7	0.67	4.5	0.65	4.4	0.48	3.2
6.1	<u>0.90</u>	5.5	0.93	5.7	0.64	3.9
5.3	0.83	4.8	<u>1.06</u>	6.2	0.83	4.8
5.7	0.78	4.4	1.04	5.9	0.97	5.5
5.3	0.77	4.4	0.93	4.9	1.07	5.7
5.6	0.65	4.4	0.95	5.3	1.00	5.6
6.5	0.67	4.4	0.92	6.0	0.93	6.1
6.6	0.50	3.3	0.90	5.9	0.78	5.2
7.1	0.50	3.3	0.90	6.4	0.74	5.3
7.6	0.50	3.8			0.65	4.9

b) enracinement utile, drainage et réserves stockées

On a considéré que les arachides exploitaient l'eau du sol dans le 1er mètre (tableau 4) ; l'eau drainant en dessous d'un mètre (apport dépassant la capacité de rétention adoptée pour le 1er mètre) est comptabilisée (Dr en mm dans le tableau 4). La somme de drainage est intéressante pour chiffrer les excès hydriques et les possibilités de recharge des nappes et des réserves souterraines (alimentation en eau des arbres). Les réserves en eau stockées au moment de la récolte dans le premier mètre sont de même importantes car elles permettent d'envisager des travaux de préparation du sol en fin de cycle, des reports de réserve hydrique d'une année sur l'autre, des cultures "dérobées" utilisant ces réserves et les dernières pluies éventuelles. Elles sont indiquées dans le tableau 4, avec l'abréviation RSR (en mm sur un mètre).

TABLEAU 4
EVALUATION DU DRAINAGE SOUS L'ENRACINEMENT (Moyenne 1940-79)

Station	Variété Réserve uti- -le sur 0-1 m	90 JOURS		105 JOURS		120 JOURS	
		Σ DR	RSR	Σ DR	RSR	Σ DR	RSR
Louga	50 mm	108 $\pm$ 93	20	-	-	-	-
	80 mm	74 $\pm$ 84	33	74 $\pm$ 82	18	85 $\pm$ 86	8
Bamby	50 mm	240 $\pm$ 144	50	-	-	-	-
	80 mm	201 $\pm$ 143	72	183 $\pm$ 135	32	202 $\pm$ 139	12
Nioro du Rip	80 mm	-	-	341 $\pm$ 183	72	362 $\pm$ 185	39
	150 mm	-	-	341 $\pm$ 184	131	286 $\pm$ 186	-

La perte en eau par percolation, importante dans les régions de Bamby et Nioro du Rip, met en évidence l'intérêt des techniques permettant une meilleure utilisation de l'eau = enfouissement de matière organique et cultures associées ou décalées ;

L'examen détaillé des tableaux (cf annexe 1) montre que l'essentiel du drainage se passe en début de cycle, tout particulièrement pour les variétés à cycle long (les besoins en eau restent modérés au cours de la phase végétative car le cycle s'étale dans le temps).

II-3- Principaux résultats (période 1940-79) :

Pour chaque site, les résultats sont présentés en annexe sous forme de tableaux comparatifs. (Tableaux B à I). Nous avons choisi les tableaux les plus intéressants, pour ne pas surcharger notre communication. On y trouve les indications suivantes :

- 1 - La date de semis correspondant au milieu de la pentade identifiée par l'ordinateur,
- 2 - La pluviométrie utile tombée durant le cycle détermine le niveau de ressource en eau transitant dans le système sol-plante,
- 3 - La pluviométrie (P) "après récolte" constitue un événement plus ou moins favorable à la réalisation de travaux culturaux, elle contribue de toute manière à la reconstitution d'un stock hydrique susceptible de se reporter l'année suivante,
- 4 - La réserve résiduelle (RSR) au moment de la récolte, indique l'aptitude du parcellaire à supporter un cycle de plus long-

- 5 - La lame de drainage (DR2) intervenant après la récolte, met en évidence l'aptitude à la recharge en eau du sous-sol pour l'alimentation des arbres et des nappes perchées,
- 6 - Le potentiel hydrique exprimé en mm d'eau disponible pour une plus longue occupation du sol : culture dérobée, travail du sol, report de réserve. Il se compose de la sommation de 3 et 4,
- 7 - La quantité d'eau (DRI) ayant percolé sous le système racinaire indique la fraction de ressources perdue pour la culture mais redistribuée dans l'écosystème,
- 8 - Valeur du besoin maximal en eau (ETM) lié au calage de la variété et correspondant au niveau du potentiel de production attendu,
- 9 - Expression caractérisant le déficit hydrique (ETM-ETR) dont la valeur peut expliquer la baisse du rendement réellement observé,
- 10 - Taux de satisfaction des besoins en eau (ETR/ETM) au cours de la phase d'installation de la culture (phase de développement végétatif).

Cycle	Durée phase végétative
90 j	30 j
105 j	35 j
120 j	40 j

- 11 et 12 - Taux de satisfaction (ETR/ETM) durant la première partie de la floraison (la plus efficace) et la fin de floraison (rattrapage éventuel)

Cycle	Durée floraison	
	1	2
90 j	15	15
105 j	20	20
120 j	25	25

- 13 - Taux de satisfaction (ETR/ETM) durant la phase de maturation de la culture, soit, 30 jours pour les 3 variétés.
- 14 - Durée en jours nécessaire pour épuiser la réserve en eau résiduelle après la période de culture, au cours de laquelle le labour de fin de cycle est réalisable,
- 15 - Note d'appréciation générale de la campagne.

Dans le tableau 5, les résultats de tous les tableaux annexés et de ceux qui ne figurent que dans le rapport détaillé, ont été résumés, afin de montrer comment dans chaque station, les besoins en eau étaient satisfaits.

TABLEAU 5

TAUX MOYEN DE SATISFACTION DES BESOINS EN EAU ($\frac{ETR}{ETM} \%$) PENDANT LES

PRINCIPALES PHASES DU CYCLE DE L'ARACHIDE (Sur 40 années)

Station	Variété	Réserve utile (en mm)	D	F1	F2	M	Total cycle
LOUGA	Arachide de 105 jours	80	84 (80)	63 (55)	43 (30)	21 (7)	55 (45)
	Arachide de 90 jours	80	73 (70)	65 (54)	70 (64)	49 (28)	55 (52)
	Arachide de 90 jours semée après le 1er Juin	50	71 (68)	59 (48)	66 (60)	42 (21)	59 (48)
BAMBEY	Arachide de 120 jours	80	89 (94)	84 (84)	66 (48)	39 (25)	71 (65)
	Arachide de 105 jours	80	87 (91)	77 (76)	78 (70)	54 (36)	74 (68)
	Arachide de 90 jours semée après le 1er Juin	80	77 (82)	74 (74)	83 (88)	85 (75)	81 (80)
	Arachide de 90 jours semée après le 1er Juillet	80	84 (82)	81 (72)	91 (90)	83 (78)	84 (80)
	Arachide de 90 jours semée après le 1er Juin	50	75 (80)	70 (69)	85 (84)	77 (64)	77 (73)
Niéro du Rip	Arachide de 123 Jours	80	95 (93)	89 (90)	86 (81)	73 (57)	86 (81)
	Arachide de 123 Jours	150	95 (94)	92 (93)	92 (88)	84 (76)	91 (88)
	Arachide de 90 jours semée après le 25 Juin	80	96 (97)	89 (92)	95 (91)	96 (90)	95 (93)
	Arachide de 90 jours semée après le 25 Juin	150	96 (97)	91 (94)	97 (96)	98 (96)	96 (96)

NB - entre parenthèses : péjoration des conditions pluviométriques au cours des 12 dernières années (1968-1979)

D = phase de développement végétatif F1 = 1ère moitié de la phase de floraison

Le graphique n° 1 p 26 met en évidence les risques de sécheresse encourus au cours des 3 phases du cycle (développement végétatif, floraison subdivisée en 2 parties et maturation). A Louga les risques sont toujours très grands (mais moindres bien sûr pour la variété de 90 jours) = ils s'expriment surtout, et de façon croissante vers la fin du cycle cultural. A Bamboy, les risques sont très faibles pour la variété de 90 jours semée à partir du 1er Juillet ; ils deviennent sérieux en fin de cycle pour les variétés de 105 et 120 jours. A Nierno du Rip, ils sont faibles pour les 3 variétés, avec une hausse de risque toutefois pour la variété de 120 jours.

Le graphique n° 2 p 27 montre la dégradation des taux de satisfaction des besoins en eau (traits fins) apparue à partir de 1968, en comparant les chiffres obtenus pendant la période 1940-1979 à ceux obtenus pendant la période 1968-1979.

Le graphique n° 3 P 28 met en évidence la baisse considérable du drainage en dessous d'un mètre, sous des cultures d'arachide de 120 jours. Nierno se trouve maintenant au niveau où se trouvait Bamboy avant les années 60, Bamboy au niveau où se trouvait autrefois Louga. Il ne faut pas s'étonner si le niveau des nappes a nettement baissé au cours de ces douze dernières années.

II -4- Adaptation variétale

A partir du tableau 5 et des graphiques n° 1, 2 et 3 on peut résumer ainsi la situation des 3 zones.

Site de Louga :

Seul le début du cycle de la variété (90 j) est correctement assuré. En passant à un sol de meilleure capacité de mise en réserve (80 mm), une plus grande sécurité est obtenue.

Site de Bamboy :

Si le début de saison se passe bien pour les arachides de 120 et 105 jours, en revanche, la satisfaction des besoins en eau devient nettement moins bonne pour la floraison et la maturation. (graphique n°1)

Seule la variété de 90 jours paraît bien adaptée à l'agroclimat local. Par ailleurs, observant que la contrainte hydrique est importante en début de cycle, la modélisation a été appliquée à une alternative agronomique plus réaliste : pas de semis de la variété de 90 jours avant le 1er Juillet

L'examen des résultats montre que l'espérance de satisfaction des besoins en eau est sensiblement accrue en passant de 74 % à 84 % pour la phase végétative. Le gain est aussi significatif pour la première partie de la floraison (74 à 81 %).

Site de Nioro du Rip :

Les trois durées de cycle paraissent convenablement adaptées du point de vue de la consommation hydrique. Toutefois, on constate un fléchissement de l'adaptation de la variété de 120 jours en phase de maturation.

En sélectionnant les meilleurs sols (RU = 150 mm), la sécurité de l'alimentation hydrique des variétés de cycle long apparaît, en définitive, correctement assurée.

II-5- Adaptation à la sécheresse 1968-79, en cas de prolongation

Dans le graphique n° 2, nous avons montré la dégradation des taux de satisfaction des besoins en eau (traits fins) qui est apparue depuis l'année 1968. Il semble, au regard des résultats, que la situation se soit considérablement aggravée dans la région centre Nord du pays :

- Louga : En dehors du recours à l'irrigation de complément, il y a peu à espérer d'une politique d'amélioration du système de culture actuellement pratiqué.
- Bambey : Les conditions pluviométriques sont devenues préjudiciables aux variétés de 105 et 120 jours en particulier à compter de la seconde partie de la floraison. La variété dormante 75-30 de 96 jours, reste bien adaptée mais la marge de liberté qui lui était associée est en régression.
- Nioro du Rip : Partant d'une disponibilité largement excédentaire, la situation s'est profondément dégradée jusqu'à devenir défavorable à la pratique des cycles longs.
La sécurité et la raison militent pour que soit conseillée une variété dormante de 105 j.

III - BILAN HYDRIQUE ET COMPREHENSION DE L'ELABORATION DU RENDEMENT DE L'ARACHIDE

A partir des informations chiffrées sur le taux de satisfaction des besoins en eau, connus par période de 5 jours, il est nécessaire de passer à l'épreuve de vérité et de vérifier la cohérence de la liaison production-alimentation hydrique.

La recherche des séries de production sur une période de longue durée, n'est pas aisée. Il convient en effet d'identifier, non seulement, le rendement, mais encore les conditions d'obtention, les facteurs de production et, en particulier, les dates exactes de semis, de récolte de la variété concernée.

Les résultats sont présentés sous la forme graphique de la traditionnelle courbe de réponse. Toutefois, la particularité de cette présentation tient essentiellement au fait que l'élément de référence est un terme qui représente la consommation réelle de la culture, ou son déficit, et qui prend donc en considération l'ensemble du complexe pluie-sol-plant.

III-1- Déficit Hydrique, Facteur Limitant des Rendements à LOUGA

L'étroite dépendance démontrée par la courbe n° 4 P29, confirme le caractère aléatoire de la production d'arachide dans cette zone.

L'examen détaillé des calculs du bilan, montre que c'est la conjonction régime pluviométrique-sol très perméable qui est contraignante.

Une meilleure adaptation devrait donc amener dans cette zone deux axes d'intervention :

- 1°) améliorer la capacité de rétention des sols par l'apport de fumier et de compost,
- 2°) recourir à l'irrigation de complément pour compenser les déficits d'alimentation hydrique

III-2- Le Bilan Hydrique et l'exploitation des rendements à Bamboey

L'analyse des rendements obtenus en station est complexe et pas tout à fait achevée. Nous ne ferons que résumer les principales constatations :

a) Pour l'arachide de 120 jours (V. 28206 et V. 59.127), en analysant les rendements sur 21 ans (1959-1979), on trouve une courbe mettant en évidence un double déterminisme :

- influence du déficit hydrique dans l'intervalle $0.44 < \frac{ETR}{ETM} < 0.75$

- influence de l'excès hydrique dans l'intervalle $0.82 < \frac{ETR}{ETM} < 1$

Cet excès se traduit par du lessivage et probablement par des conditions d'insolation et donc de photosynthèse moins bonnes, en période trop pluvieuse et nuageuse.

b) Pour les variétés de 105 jours, on dispose d'une série homogène de 20 ans (1961-1980) sur la variété 57.422 érigée et dormante. Cette variété est très sensible aux conditions d'alimentation hydrique et d'insolation. Pour des taux de satisfaction supérieurs à 0.70, des rendements de 3 à 4 T/ha peuvent être obtenus en station, mais inversement, pour des taux inférieurs à 0.60 on peut descendre en dessous de 1T/ha. Cette variété exigeante en eau (autour de 540 mm) répond bien aux apports hydriques, ce qui peut limiter en faveur de l'irrigation d'appoint.

c) Pour les variétés de 90 jours, on dispose d'une série plus courte, amorcée en 1960, interrompue entre 1965 et 1971, reprenant ensuite jusqu'en 1980. On a pu constater graphiquement une relation entre les rendements et les **taux** de satisfaction des besoins en eau corrigés par un indice d'insolation, selon 2 familles de points correspondant à des drainages différents :

- 1ère famille avec 64 mm de drainage en moyenne

- 2ème famille avec 107 mm de drainage en moyenne

En général l'amplitude des rendements est plus faible que pour la 57-422 (de 914 à 3082 kg/ha au lieu de 687 à 3841) et on note une concentration des rendements autour de 2 T/ha, ce qui confirme une bonne adaptation aux conditions pédoclimatiques.

On pourrait donc hésiter entre ces 2 variétés comparées sur 14 années de culture

	V. 57.422 105 jours dormante	V. 55.437 90 jours non dormante
Rendements gousse K/ha	2033	2007
Rendements fanes K/ha	3810	3659
ETR simulée en mm	450	350
ETM ou besoin en eau simulés en mm	540	400

Dans le cadre de l'amélioration générale du bilan hydrique : économiser l'eau consommée par les cultures et améliorer la réalimentation des couches profondes en faveur des arbres et des nappes, il est évident que la sagesse milite en faveur de la variété de 90 jours. Le handicap certain représenté par la non dormance de la 55 437 doit faire adopter à sa place la variété 73-36.

III-3- Bilan Hydrique et Rendement d'arachide à Nioro du Rip

Comme le montre le graphique n° 5^{p29}, le taux de satisfaction des besoins en eau ne suffit pas à expliquer totalement la série des rendements observés. Les excès hydriques, plus importants qu'à Bambo, sont néfastes à la floraison de l'arachide, ils se couplent d'ailleurs avec un lessivage important des sols. C'est pourquoi à Nioro, une relation a été recherchée entre une note moyenne combinant les taux de satisfaction des besoins en eau à des stades cruciaux et le drainage qui traduit les excès pluviométriques. (tableau n° 6)

NOTATION DES CONDITIONS HYDRIQUES SUPPORTÉES PAR UNE ARACHIDE
DE 120 JOURS (V. 28306) A NIORO, ET RENDEMENTS OBSERVÉS

TABEAU N° 6

Années	Rendement (en qx/ha)	% satisf minimal pendant florai- son	Note sur 10	Drainage cumulé (mm)	note sur 10	% satisf moyen matura- tion	note sur 10	Note finale
1963	- 17	92	10	229	6	93	10	8.7
1964	- 17	93	10	346	4	83	10	8.0
1965	- 26	89	10	178	8	93	10	9.3
1966	- 21	31	4	314	4	98	10	6.0
1967	- 16	91	10	451	1	97	10	7.0
1968	- 22	53	7	0	10	89	10	9.0
1969	- - -	93	10	492	1	83	10	7.0
1970	- 17	50	7	162	8	34	4	6.5
1971	- 23	94	10	215	6	92	10	8.7
1972	- 23	63	8	0	10	87	10	9.3
1973	- 22	69	8	34	10	94	10	9.3
1974	- 28	83	10	91	10	51	7	9.0
1975	- 15	94	10	509	0	83	10	6.7
1976	- 25	89	10	206	6	90	10	8.7
1977	- 11	40	5	138	9	18	1	5.0
1978	-26	89	10	160	8	94	10	9.3

La liaison entre cette note finale et les rendements obtenus en station est illustrée par le graphique n° 5.

IV - PREMIERES CONCLUSIONS PRATIQUES

IV-1- Adaptation variétale

Nous ne reviendrons pas sur les observations déjà faites. A Louga, les variétés de 90 jours étant mal adaptées, on ne peut que souhaiter la création ou la sélection des variétés de cycle plus court, si possible de 75 à 80 jours, tout en ayant des potentiels de rendement correct. La tâche est ardue.

A Bambey, nous avons vu que seules des considérations relevant d'une gestion de l'eau, peuvent faire pencher en faveur d'une variété dormante de 90 jours (V. 75-30). Enfin à Niore du Rip, le problème n'est pas trop crucial : si la période de sécheresse se prolonge et si on tient compte des retards de semis fréquents en milieu paysan (moyens de semis insuffisants, mauvaise préparation et obstacles divers) on pourrait conseiller l'adoption de variétés de 105 jours ; ceci est d'autant plus souhaitable si l'on recherche une très bonne qualité des semences et des graines d'arachide de bouche.

IV-2- Irrigation de complément

On peut bien sûr la préconiser à Louga, dans la mesure des ressources disponibles. Sur 40 ans on peut voir qu'à Louga il aurait fallu en moyenne apporter sur une arachide de 90 jours : $195 \text{ mm} \pm 65$. A titre indicatif, sur une variété de 90 jours semée à Bambey après le 1er Juillet il aurait fallu $64 \text{ mm} \pm 34$ (au lieu de 86 ± 55 si on la sème à partir du 1er Juin). A Bambey toujours, une variété de 105 jours aurait eu besoin de $163 \text{ mm} \pm 66$. Enfin à Niore du Rip, un complément de $50 \text{ mm} \pm 36$ aurait suffi pour une arachide de 120 jours. Il faut noter que des irrigations intempestives (par exemple la veille d'une grosse pluie) peuvent être préjudiciables à la culture.

Dans le cadre de l'économie de l'eau, on peut se demander à quelle date on aurait intérêt à commencer une culture irriguée, compte tenu des espérances de pluie, pour apporter la dose minimale et obtenir les meilleures conditions de satisfaction des besoins. Le modèle a donc été appliqué dans l'exemple de Bambey, en ne déclanchant le semis et donc le calcul du bilan, qu'à partir de dates successives, décalées de 5 jours. Le graphique n° 6 p30 montre très clairement, l'avantage que l'on aurait en commençant la culture d'arachide de

Comme on peut le voir sur le graphique n° 7, ~~7,831~~ cette date optimale correspond assez bien à la date moyenne de semis observée sur 40 ans à Bambey.

En conclusion, nous espérons avoir montré tout le parti que l'on pouvait tirer de la simulation du bilan hydrique d'une culture et en particulier de celle de l'arachide. Ce travail encore récent doit être poursuivi et étendu aux principales stations et cultures du Pays. Les choix de la recherche et du développement en seront probablement facilités.

GRAPHIQUE N° 1

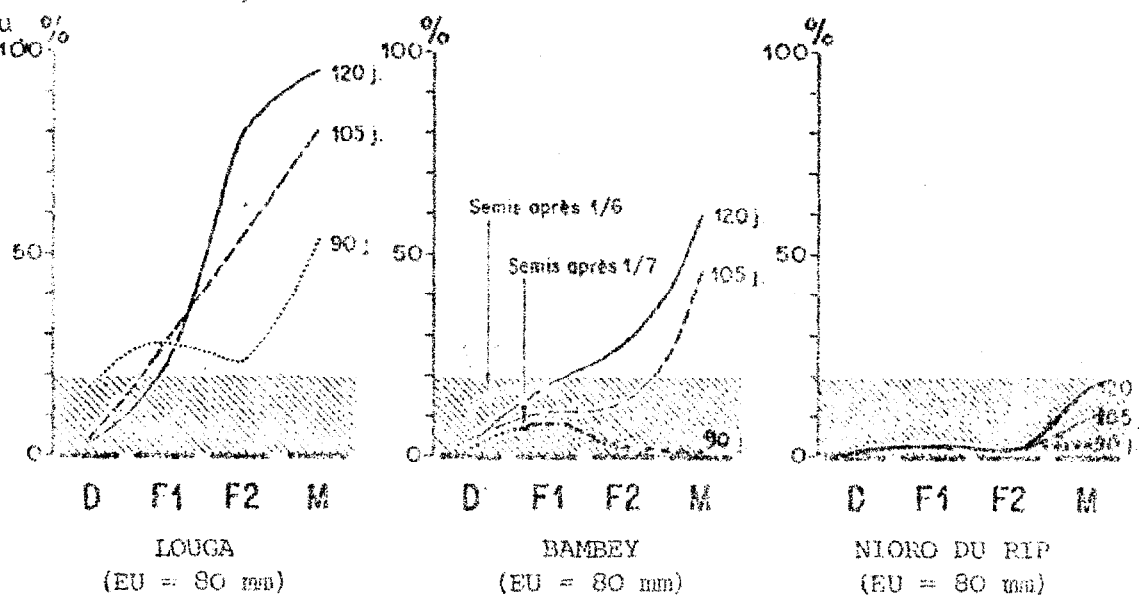
26

EVALUATION DES RISQUES DE SECHERESSE GRAVE ($\frac{\text{Consommation réelle ou ETR}}{\text{Besoins en eau ou ETM}} < 50 \%$)

POUR L'ARACHIDE AU COURS DE SON CYCLE, (variétés de 120, 105 et 90 jours)

A LOUGA, BAMBEY et NIORO DU RIP, AU SENEGAL (Période 1940-1979)

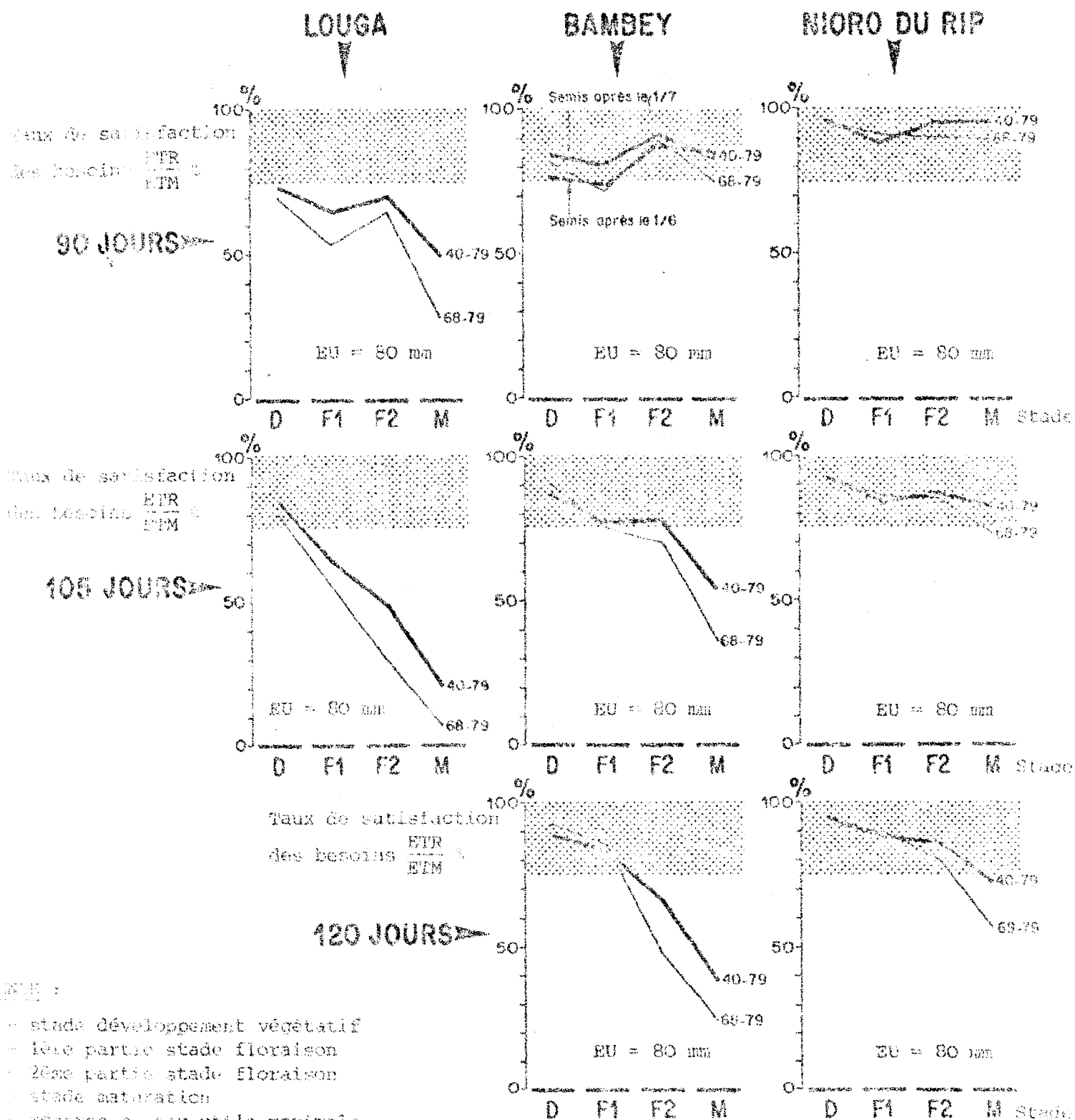
Fréquences cumulées (%) des
années pendant lesquelles la
satisfaction des besoins en
eau est inférieure ou égale
à 50 % au
cours du cycle



- D - Phase de développement
- F1 - 1ère partie de la floraison
- F2 - 2ème partie de la floraison
- M - Phase de maturation
- EU - Réserve en eau utile maximale

SIMULATION DU TAUX DE SATISFACTION DES BESOINS EN EAU ($\frac{ETR}{ETM} \%$)

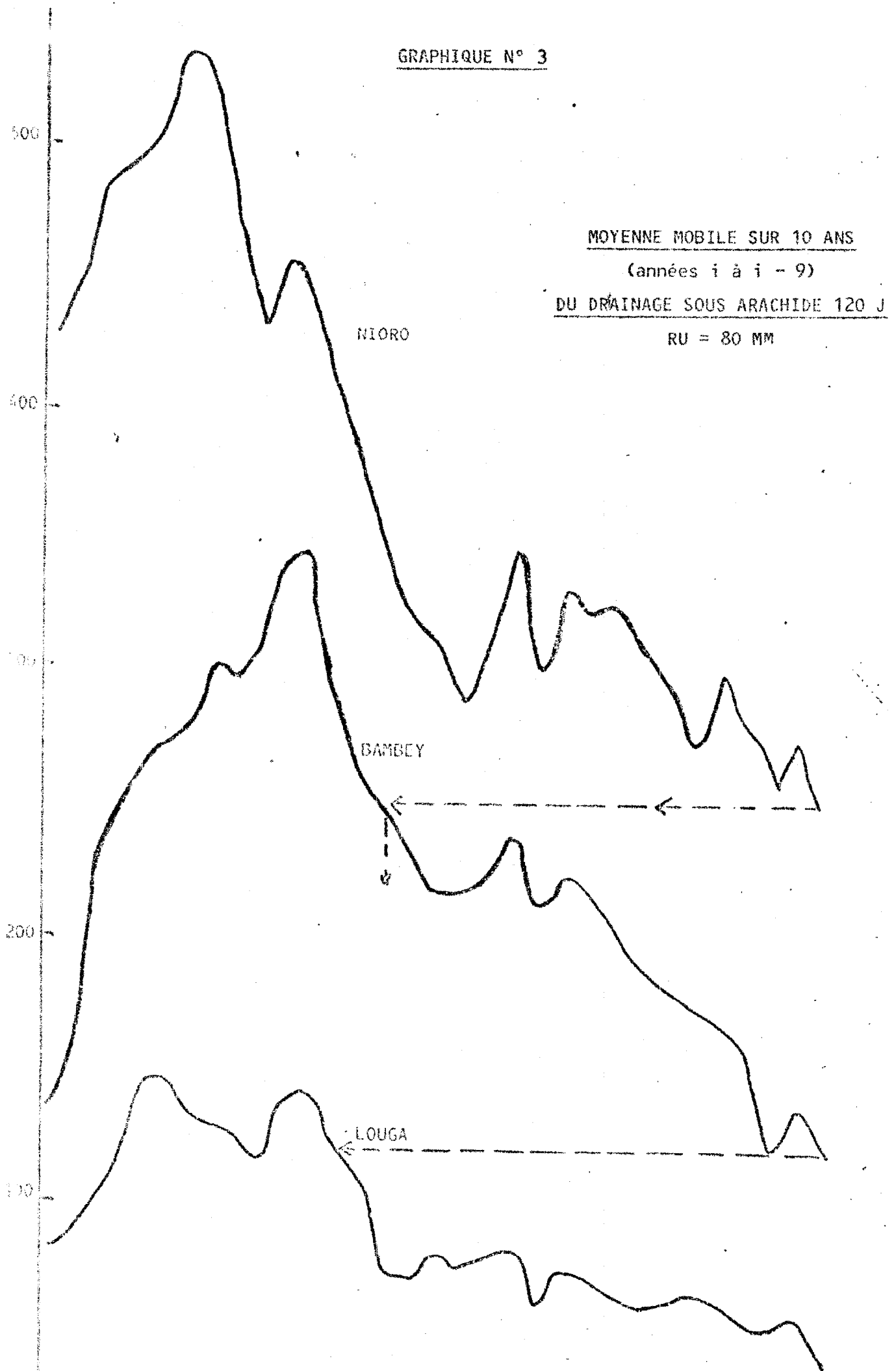
AU COURS DU CYCLE DE L'ARACHIDE (Période 1940-1979)



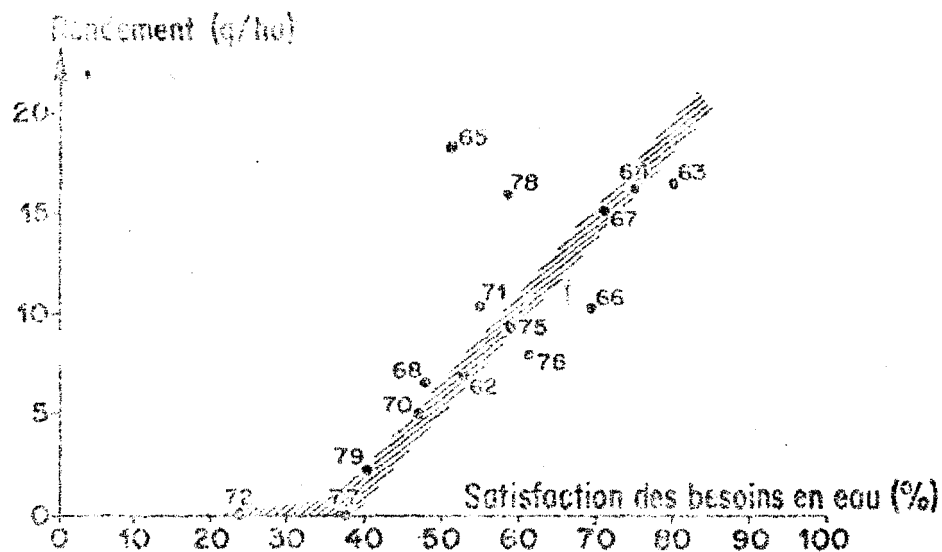
LEGÈNDE :

- D - stade développement végétatif
- F1 - 1ère partie stade floraison
- F2 - 2ème partie stade floraison
- M - stade maturation
- EU - réserve en eau utile maximale

En pointillés, la péjoration des conditions au cours
G. 12 dernières années (1968-1979)



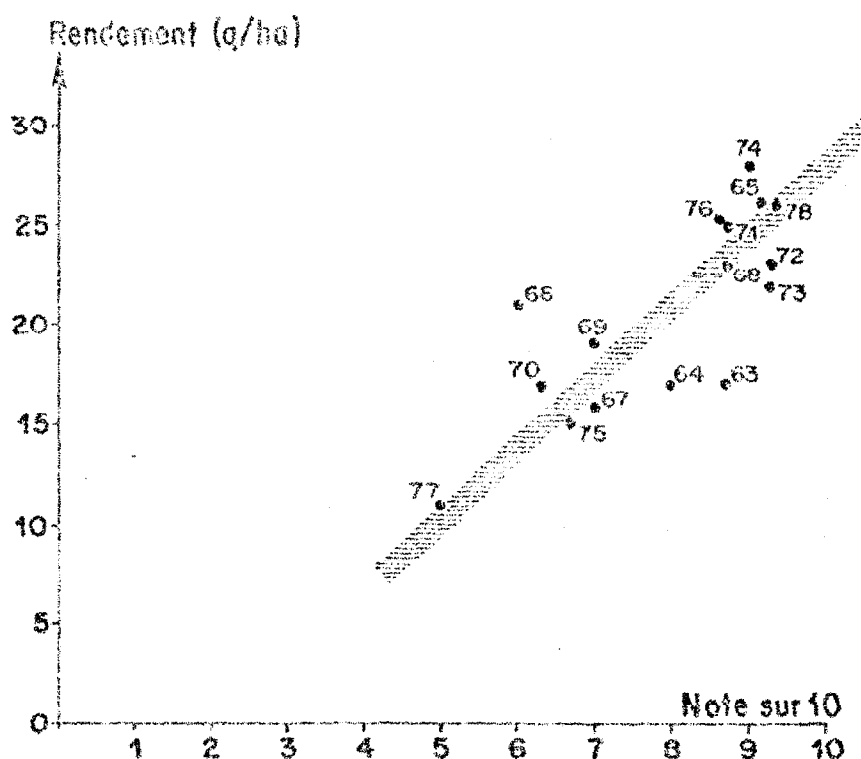
GRAPHIQUE N° 4



RENDEMENTS DE L'ARACHIDE NATIVE ET TAUX DE SATISFACTION GLOBALE

BESOINS EN EAU ($\frac{ETR}{ETM}$ %) A LOUGA

GRAPHIQUE N° 5



RENDEMENTS DE L'ARACHIDE DE 120 JOURS A NIORO DU RIP ET NOTE COMBINANT

LES TAUX DE SATISFACTION DES BESOINS EN EAU EN PHASES DE FLORAISON

ET DE MATURATION, ET DU DRAINAGE CUMULE

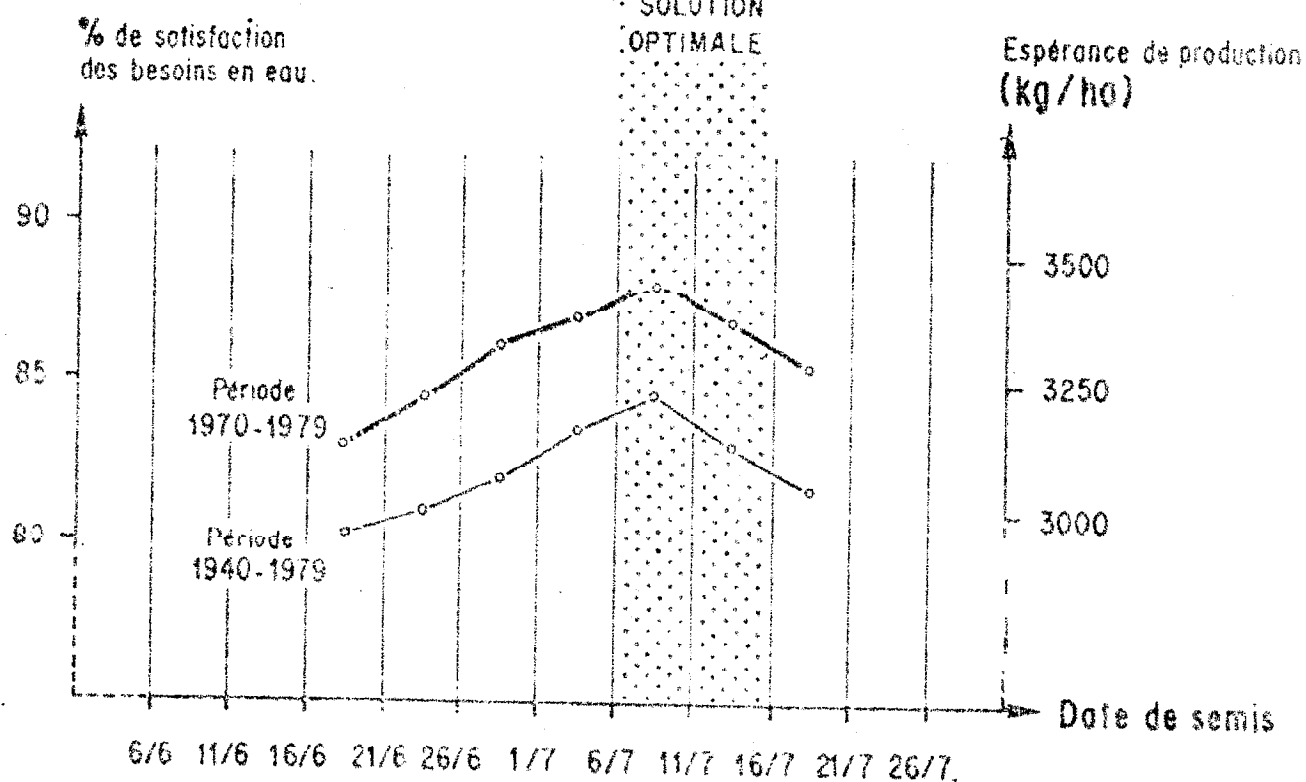
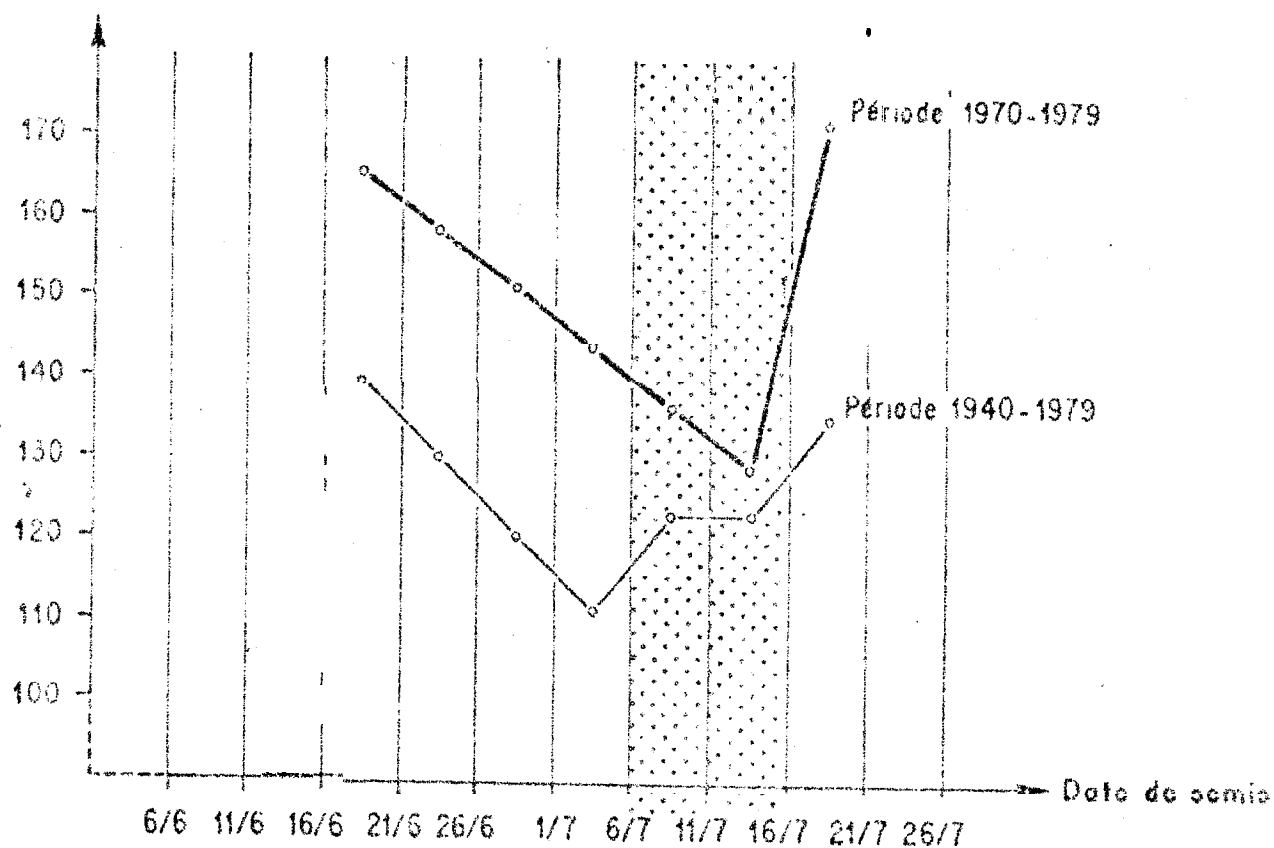
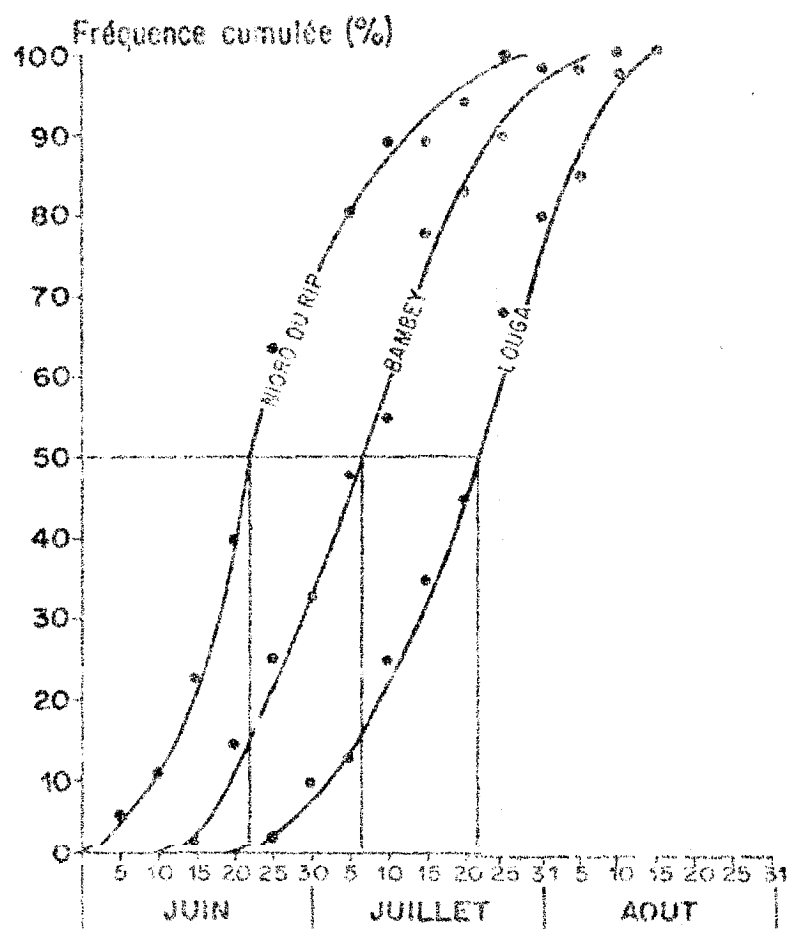


Figure n° 6. ETUDE DU RECOURS A L'IRRIGATION DE COMPLEMENT.
VARIETE D'ARACHIDE DE 105 JOURS. C.N.R.A. DE BAMBEY

GRAPHIQUE N° 7



FREQUENCE CUMULEE DES DATES DE SEMIS SUR 40 ANNEES (1940-1979)

A NIIORO DU RIP, BAMBEY et LOUGA

V - B I B L I O G R A P H I E

- AMENAGEMENT DU TERRITOIRE : "Quelques données agropluviométriques de 16 stations du Sénégal. Période 1932-1965"
Ministère du plan et du développement. Dakar. Avril 1967.
- BERNARD EA : "La détermination des pertes d'eau par évapotranspiration dans les projets d'aménagement intégré du Fleuve Sénégal".
Rapport de mission Avril 1967.
- BIRIE HABAS J et DANCETTE C : "Projet d'études pluviométriques appliquées à l'agriculture sénégalaise.
A - Analyse fréquentielle des pluies,
B - Application possible : station d'avertissements agrométéorologiques" IRAT Sénégal-CNRA Bambey - Avril 1973.
- CHAROY J : "Les cultures irriguées au Niger -- Résultats de 7 années de mesures et d'expérimentations (1963-1970)" SEHA TARNA in Agro. Trop. vol. XXVI N° 9 Septembre 1971.
- CHAROY J, FOREST F, LEGOUPIE JC : "Evaluation fréquentielle des besoins d'irrigation pour l'optimisation d'un projet d'aménagement hydroagricole. Périmètre de Sona Niger" INRA-IRAT - Août 1978.
- CHARREAU C : "Dynamique de l'eau dans doux sols du Sénégal"
Agro. Trop, XIX N° 2 1963.
- COCHENE J, FRANQUIN P : "Une étude d'agroclimatologie de l'Afrique sèche au Sud du Sahara en Afrique occidentale" - FAO UNESCO WMO
ROME 1967.
- CORNET A : "Données météorologiques dans les différents points d'étude" Documents techniques ORSTOM-Dakar - rapports annuels de 1975 à 1978.
- DANCETTE C : "Cartes d'adaptation à la saison des pluies des mils à cycle court dans la moitié Nord du Sénégal" Comité consultatif AIEA. Bambey 10-14 Novembre 1975 - FAO-AIEA Techn. doc n° 192 -
Vienna 1976.
- DANCETTE C : "Principales contraintes hydriques et pédoclimatiques concernant l'adaptation des cultures pluviales dans la moitié Sud du Sénégal" ISRA CNRA Bambey. Conférence IITA-IBADAN 15-19 Octobre 1979.
Sénégal

- DANCETTE C : "Mesures d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau libre au Sénégal. Orientation des travaux portant sur les besoins en eau des cultures" IRAT-CNRA Bambey 1973. Agro. Trop. n° 4 - Octobre-Décembre 1976.
- DANCETTE C : "Les besoins en eau des plantes de grande culture au Sénégal" in isotopes and radiation techniques in soil physics and irrigation studies - AIEA SM. 1976/36 - Vienna 1973.
- DANCETTE C : "Agroclimatologie appliquée à l'économie de l'eau en zone soudano-sahélienne" ISRA-CNRA Bambey - Avril 1977. Agro. Trop. XXXIV-4 Octobre-Décembre 1979.
- DANCETTE C : "Besoins hydriques des cultures pluviales et politique agricole de l'eau, dans les zones Centre et Nord du Sénégal" - ISRA CNRA Bambey - Juillet 1976.
- DANCETTE C : "Estimation des chances de réussite de 3 types d'arachide (90, 105 et 120 jours) à partir de l'analyse pluviométrique. Programme Brunet Moret (ORSTOM) - Le cas de Bambey" ISRA-CNRA Bambey - Juillet 1978.
- DANCETTE C, SOW CS : "Analyse agroclimatique de la saison des pluies en vue de faciliter les choix de la recherche et du développement agricole. Le cas de Koro du Rip" - CNRA Bambey-ISRA - Septembre 1976.
- DOORENBOS J, PRUITT WO : "Crop Water Requirements" irrigation and drainage paper n° 24 - FAO Rome 1975.
- FOREST F : "Bilan hydrique et prospective décadaire des besoins en eau des cultures pluviales en zone soudano-sahélienne". Cahiers pédagogiques et opérationnels - Ministère de la Coopération - Paris 1974.
- FRANQUIN C et FOREST F : "Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique". Agro. Trop. XXXII n° 1 - 1977.
- ISRA - Météo Nat. : "Points sur la pluviométrie et la campagne agricole au Sénégal" - Divers rapports ronéotypés, en cours de campagne et après la campagne ISRA - DMN de 1977 à 1980.

- RIJKS D : "Etudes portant sur l'analyse de la régularité des pluies, dans le bassin du Fleuve Sénégal" - FAO OMVS - Mars 1972.
- Mme SAGNA née BASSE A : "Le bilan des pluies au Sénégal de 1944 à 1973" Université de Dakar - Faculté des lettres et sciences humaines - Département de géographie Dakar - Octobre 1976.
- SECK M : "Etude des principaux facteurs agrométéorologiques au Sénégal" Météo Nationale - TP UT Sénégal. Agro. Trop. Vol. XXV n° 3 - Mars 1970.
- * - VIRMANI SM, REDDY SL, BOSE MNS : "A handbook on the rainfall climatology of West Africa : data for selected locations" - ICRISAT - Bulletin d'information n° 6 - 1980.

RESULTATS AGRONOMIQUES

- DUC TM : "Irrigation d'appoint de l'arachide en zone Centre Nord Sénégal" ISRA - Mai 1978.
- CHOPART JL : "Prolongation de la période des labours de fin de cycle grâce à des techniques d'économie de l'eau. Application aux sols sableux (Dior) de la zone Centre Nord du Sénégal - ISRA - Mai 1978.
- ISRA/IRAT : "Série de rendements - essai de longue durée" "Travail du sol" (JF POULIN, C. CHARREAU, R. NICOU, JL CHOPART).
- * - TOURTE (R), FAUCHE (J) et SCHACH (PG) : Vers une évaluation des rendements de l'arachide par la pluviométrie annuelle (nb^x tableaux, 5 graph.) 7.P mult. CNRA Bambey + Ann. 1965.

A N N E X E S

1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 26

2000

Journal of Management Education 30(6)p.789-804

TOTAL	400.0	100.0	2107.8	100.0	447.2	141.8	21.0	0.0	77.0
-------	-------	-------	--------	-------	-------	-------	------	-----	------

Tableau annexe A

CULTURE : Arachide de 90 jours

ANNEE	Date Semis		Pluviométrie Période Culturelle (mm)	Pluie après récolte (mm)	Réserve à la récolte (mm)	Drainage après récolte (mm)	Total utile 3+4+5 (mm)	Drainage cumulé (mm)	ETM cumulée (mm)	ETM-ETR (déficit) (mm)
	Jour	Mois								
1940	23	7	520	0	3	0	3	109	446	128
1941	23	7	223	0	0	0	0	62	446	236
1942	6	8	230	14	0	0	14	54	451	299
1943	8	7	529	81	10	0	91	176	463	120
1944	13	7	477	17	3	0	20	137	450	115
1945	4	8	415	0	0	0	0	172	446	210
1946	18	7	393	1	1	0	2	215	450	173
1947	22	7	380	5	1	0	6	95	446	176
1948	23	7	254	1	0	0	1	6	446	205
1949	23	7	240	33	1	0	34	18	446	228
1950	28	6	706	102	34	13	123	393	486	77
1951	13	7	538	149	31	83	97	226	450	96
1952	8	7	842	10	23	0	33	424	463	71
1953	8	7	609	4	32	0	36	157	463	68
1954	23	7	317	10	5	0	15	27	446	166
1955	23	6	597	31	34	0	65	197	486	121
1956	23	7	366	34	0	0	34	64	446	205
1957	8	7	387	66	32	32	66	103	446	179
1958	3	8	498	0	1	0	1	257	446	201
1959	28	7	262	0	0	0	0	22	455	223
1960	23	7	348	0	0	0	0	68	446	184
1961	13	7	351	0	5	0	5	103	446	184
1962	28	7	361	0	5	0	5	77	455	227
1963	23	7	439	0	10	0	10	93	500	110
1964	13	7	432	0	1	0	1	117	451	149
1965	23	6	460	23	35	0	60	131	446	228
1966	8	8	493	0	0	0	0	141	450	188
1967	23	7	336	0	0	0	0	57	443	166
1968	1	7	211	7	7	7	7	16	446	223
1969	8	7	505	56	0	0	56	176	472	134
1970	28	7	204	0	0	0	0	5	446	247
1971	3	7	262	0	6	0	6	16	472	252
1972	23	6	99	0	0	0	0	0	446	346
1973	8	8	343	0	0	0	0	109	451	215
1974	6	8	351	0	0	0	0	141	451	231
1975	13	7	299	4	8	0	12	49	455	214
1976	28	7	275	14	5	0	14	53	446	220
1977	13	6	154	0	0	0	0	34	455	335
1978	6	8	293	0	0	0	0	61	451	221
1979	13	7	189	10	0	0	10	26	450	287

Tableau annexe B

STATION : LOUGA

CULTURE : Arachide de 90 jours

Récolte utile maximale : 50 mm

	10	11	12	13	14	15
ANNÉE	% moyen satisfaction 1ère phase (végétative)	% moyen satisfaction 1ère moitié floraison	% moyen satisfaction 2ème moitié floraison	% moyen satisfaction maturation	Prolongation jours L.F.C.**	Observations
1940	52	62	39	51	1	pertes par drainage
1941	56	35	91	29	0	sécheresses graves
1942	77	63	74	4	0	sécheresse très grave
1943	67	58	94	84	12	année correcte, mais
1944	75	75	94	62	7	drainage
1945	83	80	65	10	0	
1946	73	59	55	46	1	
1947	84	78	66	24	3	
1948	92	69	32	15	0	
1949	69	25	61	33	11	+
1950	58	39	67	95	49	+
1951	75	89	89	71	35	+
1952	80	94	69	95	11	+
1953	74	59	96	92	12	+
1954	62	92	65	44	5	
1955	76	84	90	88	22	+
1956	76	63	76	73	10	+
1957	43	28	94	94	22	+
1958	76	73	26	39	0	
1959	71	91	75	17	0	
1960	72	85	53	37	0	
1961	75	35	64	55	2	
1962	70	73	17	72	4	
1963	80	83	93	53	3	
1964	84	52	87	41	0	
1965	76	35	40	78	20	+
1966	77	60	71	31	0	
1967	76	61	95	32	1	
1968	52	40	57	36	1	
1969	93	72	76	33	19	+
1970	74	65	47	6	0	
1971	32	56	44	49	2	
1972	70	11	37	1	0	Production nulle
1973	77	62	63	9	0	
1974	91	59	53	6	0	
1975	67	27	65	50	4	
1976	92	7	25	19	5	très médiocre
1977	75	39	13	2	0	Production nulle
1978	66	86	73	16	0	correcte sauf en
1979	78	63	51	25	0	fin de cycle
1980						sécheresses graves
1981	71	59	66	42		
1982	11,58	22,85	24,66	28,02		
1983	26,7	38,7	37,4	66,7		
1984						
1985						
1986						
1987						
1988						
1989						
1990						
1991						
1992						
1993						
1994						
1995						
1996						
1997						
1998						
1999						
2000						

Unité : mm

Année de fin de cycle

ANNEXES - Tableau C

STATION: BANGSEY

CULTURE : Arachide de 90 jours

Reserve utile maximale = 80 msh

ANNEE	1 Date Semis		2 Pluviométrie Période Cultivale (mm)	3 Pluie après récolte (mm)	4 Réserve à la récolte (mm)	5 Drainage après récolte (mm)	6 Total eau 31-5 (m)	7 Drainage cumulé (cm)	8 ETM cumulée (mm)	9 ETM-ETR (déficit) (mm)
	Jour	Mois								
1940	23	6	404	144	54	47	19	104	432	139
1941	15	7	483	0	34	0	4	163	393	138
1942	13	7	431	18	8	0	3	103	393	21
1943	3	7	672	23	63	0	13	159	407	45
1944	13	7	703	16	40	0	8	293	323	24
1945	8	7	374	25	37	0	2	26	329	311
1946	23	7	501	0	23	0	2	149	365	57
1947	3	7	520	9	64	0	7	86	407	66
1948	26	7	577	67	41	0	10	233	446	142
1949	8	7	418	34	16	0	7	71	407	90
1950	15	7	1205	49	64	37	9	747	395	21
1951	13	7	822	127	64	81	11	441	393	30
1952	23	7	755	141	66	64	14	400	420	70
1953	2	7	697	36	66	46	8	292	407	59
1954	20	8	698	2	19	0	2	301	393	32
1955	15	8	710	44	66	16	9	277	420	27
1956	15	8	523	119	49	26	14	204	446	183
1957	15	8	520	91	67	24	13	254	446	183
1958	18	8	692	240	37	37	14	418	446	187
1959	18	8	385	69	67	42	9	151	436	235
1960	15	8	623	87	67	50	10	299	436	56
1961	13	8	638	0	28	0	25	239	423	33
1962	28	8	615	24	63	0	85	254	432	125
1963	13	7	595	83	44	0	13	111	420	61
1964	23	7	536	0	23	0	23	150	403	36
1965	23	7	570	0	10	0	10	237	335	63
1966	8	3	549	0	11	0	11	212	252	21
1967	3	7	742	91	16	48	103	229	407	30
1968	15	7	350	0	16	0	20	74	389	139
1969	8	7	587	107	25	0	122	108	392	35
1970	28	7	485	0	8	0	8	184	385	83
1971	23	7	558	9	64	0	63	134	432	62
1972	28	7	312	0	20	0	26	17	325	108
1973	1	7	399	2	23	0	27	60	407	95
1974	15	7	460	7	17	0	24	121	393	71
1975	23	7	457	0	10	0	16	128	385	66
1976	23	7	366	10	10	0	26	37	385	82
1977	8	7	325	66	23	0	69	32	359	121
1978	26	7	704	1	37	0	36	248	389	27
1979	15	6	327	130	47	46	137	73	459	169
6	7							24	402	139
							12	291		88
							66.48	143		52.81
							15%	213		6.48

Print type

Tableau annexe D

CULTURE : Arachide de 90 jours

R. sieve utile maxinale = 80 mm'

	10	11	12	13	14	15
ANALIS	% moyen satisfaction 1ère phase (végétative)	% moyen satisfaction 1ère moitié floraison	% moyen satisfaction 2ème moitié floraison	% moyen satisfaction maturation	Prolongation jours L.F.C.**	Observations
1940	83	66	94	95	58	+
1941	75	56	81	96	19	+
1942	81	92	93	60	0	+
1943	77	94	95	97	40	+
1944	94	92	95	95	17	+
1945	73	35	77	95	25	+
1946	93	91	72	77	7	-
1947	91	94	93	94	27	+
1948	60	59	63	95	60	+
1949	80	69	95	77	25	+
1950	74	93	95	97	29	+
1951	69	94	95	96	33	+
1952	71	94	95	83	51	+
1953	92	60	84	97	30	+
1954	93	92	94	88	4	-
1955	85	94	95	95	34	-
1956	74	51	83	85	53	+
1957	69	56	73	68	53	+
1958	92	27	94	95	58	+
1959	92	13	34	80	36	+
1960	76	90	93	96	40	+
1961	85	81	94	95	9	-
1962	61	63	74	96	34	+
1963	72	70	83	97	46	+
1964	73	93	95	90	7	-
1965	88	91	96	61	3	-
1966	83	95	95	66	3	-
1967	91	85	92	97	38	+
1968	76	27	24	60	8	-
1969	88	83	93	92	38	+
1970	87	92	77	55	2	-
1971	82	80	92	96	24	+
1972	82	53	93	61	6	-
1973	77	89	95	91	10	-
1974	86	93	88	66	7	-
1975	83	94	95	59	3	-
1976	93	63	33	62	6	-
1977	50	65	27	91	21	+
1978	91	90	94	24	11	+
1979	70	49	63	73	68	+

Chart type

jour de fin de cycle

Tableau annexe E

STATION : GAMBAY

CULTURE : Arachide 105 jours

Réserve utile maximale = 80 mm

[illegible]

Ecart type

STATION : GANESY

CULTURE : ARACHIDE 105 jours

Reserve utile maximale = 80 ans

	10	11	12	13	14	15
ANNEE	% moyen satisfaction 1ère phase (végétative)	% moyen satisfaction 1ère moitié floraison	% moyen satisfaction 2ème moitié floraison	% moyen satisfaction maturation	Prolongation jours L.F.C.**	Observations
1960	50	93	82	82	18 +	
1961	7	62	93	64	0	
1962	92	90	74	8	3 +	
1963	92	96	92	73	7 +	
1964	59	94	93	65	4 +	
1965	87	51	72	56	4	
1966	71	66	68	39	2	
1967	69	90	70	60	3	
1968	77	48	94	66	8 +	
1969	13	91	73	23	10 +	
1970	76	94	96	91	4	
1971	97	94	84	86	6 +	
1972	92	94	65	94	17 +	
1973	47	88	94	82	4	
1974	92	75	89	25	2	
1975	16	94	92	90	4	
1976	56	54	62	87	17 +	
1977	67	57	66	85	15 +	
1978	50	63	94	89	12 +	
1979	66	67	73	93	6	
1980	94	69	89	92	4	
1981	94	94	92	33	2	
1982	56	85	91	56	6	
1983	95	68	87	68	17 +	
1984	48	94	92	30	7	
1985	37	91	66	13	7	
1986	93	94	90	6	0	
1987	97	84	93	85	7 +	
1988	89	57	65	27	2	
1989	97	92	91	53	12 +	
1990	98	65	76	7	0	
1991	57	60	81	69	5	
1992	97	74	59	25	0	
1993	30	82	83	35	2	
1994	57	89	65	28	2	
1995	68	94	86	10	7	
1996	97	71	77	10	0	
1997	34	87	91	43	4	
1998	97	93	92	36	2	
1999	86	47	43	87	14 +	

all type

July 26, 1968

Tableau annexe G

STATION : NIGRO

CULTURE : Arachide 120 jours

Reserve utile maximale = 150 mm

[illegible]

* Heart type

CULTURE : ARACHIDE 120 jours

CULTURE : ARACHIDE 120 jours

[illegible]

* team type

42 Labour de fin de cycle