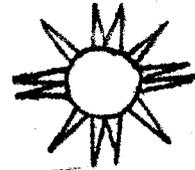


N° 0815

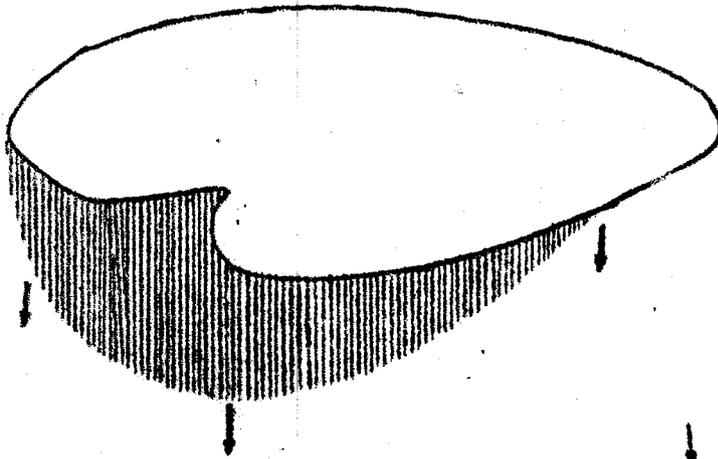
08737

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

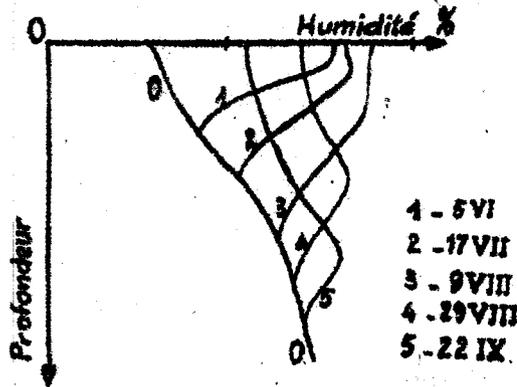
SECRETARIAT D'ETAT A LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET  
TECHNIQUE



Traité



Bilan hydrique



METHODE PRATIQUE D'ESTIMATION  
DES BESOINS EN EAU DES PRINCIPALES CULTURES PLUVIALES  
DU SENEGAL

Par C. Dancette

Janvier 1981

Centre National de Recherches Agronomiques  
de Bambey

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

08737

X

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

SECRETARIAT D'ETAT  
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE.

METHODE PRATIQUE D'ESTIMATION  
DES BESOINS EN EAU DES PRINCIPALES CULTURES PLUVIALES  
AU SENEGAL

Par  
C. DANCETTE

Ingénieur Agronome (INRA-IRAT) mis à la disposition de l'ISRA

Décembre 1980

Centre National de Recherches Agronomiques  
de BAMBEY

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

## R E S U M E

Le but poursuivi par l'auteur est de fournir au lecteur une méthode relativement simple et suffisamment précise, pour déterminer à toute fin utile, les besoins en eau des principales cultures sénégalaises, dans leurs diverses localisations géographiques. Les étapes essentielles de cette détermination sont les suivantes :

- caractérisation de la demande évaporative (d'ordre climatique) dans le temps et dans l'espace, pour chaque localité étudiée ; cette demande est représentée par l'évaporation d'une nappe d'eau libre en bac normalisé classe A.

- choix des coefficients de végétation  $k' = \frac{\text{Besoins en eau}}{Ev \text{ "Bac"}}$  lesquels sont variables selon les espèces et selon les variétés, et tout au long du cycle végétatif.

- calcul des besoins en eau par périodes de 10 jours, couvrant toute la durée de la culture.

Les espèces ~~abordées~~ sont le mil, (3 variétés), l'arachide (3 variétés), le niébé, le riz pluvial, le soja, le maïs, le sorgho, le coton et la jachère d'herbe. Quelques applications relatives à la connaissance des besoins en eau sont ensuite énumérées rapidement, le but ultime étant de parvenir à établir un bilan hydrique complet, faisant intervenir le climat, le sol et la plante, en vue d'une meilleure économie de l'eau.

Mots clé : Demande évaporative, évapotranspiration, besoins en eau, pluviométrie, bilan hydrique, simulation, adaptation.

METHODE PRATIQUE D'ESTIMATION  
DES BESOINS EN EAU DES PRINCIPALES CULTURES PLUVIALES  
AU SENEGAL

-\*\*\*\*\*-

S O M M A I R E

Pages

I - <u>AVERTISSEMENT AU LECTEUR</u> .....	5
II - <u>METHODE D'ESTIMATION DES BESOINS EN EAU</u> .....	7
II-1 - Préciser les conditions de demande évaporative	
II-2 - Estimer les coefficients de végétation de chaque culture, tout au long de son cycle	
II-3 - Exemple de calcul des besoins en eau	
III - <u>QUELQUES APPLICATIONS POSSIBLES</u> .....	15
III-1 - Suivi agropluviométrique de la campagne agricole	
III-2 - Chances de réussite des cultures	
III-3 - Simulation du bilan hydrique des cultures et conclusion	
IV - <u>BIBLIOGRAPHIE</u> .....	21
IV-1 - Agroclimatologie - pluviométrie	
IV-2 - Demande évaporative, besoins en eau et adaptation des cultures	
IV-3 - Sols - extraction racinaire.	

METHODE PRATIQUE D'ESTIMATION  
DES BESOINS EN EAU DES PRINCIPALES CULTURES PLUVIALES  
AU SENEGAL

-----

I- AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Ce document est rédigé à l'intention des nombreux agronomes de la Recherche et du Développement qui sont intéressés par une estimation simple et rapide des besoins en eau des principales cultures pluviales sénégalaises. Cette connaissance pourra être utilisée à plusieurs fins telles que :

- Le contrôle tout au long de la saison des pluies, de l'alimentation hydrique des cultures soumises aux aléas pluviométriques, à des fins de compréhension et d'évaluation des rendements;
- La satisfaction des besoins en eau de chaque culture, lorsqu'il est possible de pratiquer l'irrigation en complément des pluies (doses et fréquence des apports) ;
- Les choix concernant l'adaptation aux conditions pédoclimatiques des diverses zones sénégalaises, des principales espèces et variétés créées localement ou introduites, en vue de l'élaboration de cartes de répartition variétale.

Il ne suffit pas, pour bien appréhender les modalités d'alimentation hydrique des cultures, de se baser sur la seule pluviométrie et sur la connaissance des besoins en eau, mais il faut aussi faire intervenir les caractéristiques du réservoir-sol ; il est nécessaire d'avoir une idée correcte par exemple de la capacité de rétention (pratiquement, la quantité d'eau en mm qui peut être stockée dans une tranche de sol d'épaisseur donnée, et utilisée avec profit par la culture). La profondeur du "réservoir utile" pour les plantes est sous la dépendance de la dynamique de l'enracinement, mais ce dernier peut par ailleurs être limité par certaines contraintes de sol. On sait ainsi qu'un mil peut utiliser l'eau du sol sur une profondeur allant jusqu'à 180 cm et l'arachide sur une profondeur pouvant atteindre 125 cm. La quantité d'eau utile pour les cultures, sur une épaisseur de sol d'un mètre, est voisine de :

../..

- 45 à 60 mm, pour les sols très sableux (diéri de NDIOL et sables dunaires de Louga)
- 70 à 120 mm, pour des sols allant des diors aux decks,
- un peu plus de 120 mm, pour des sols beige ou rouge de plateau casamançais.

Lorsque la pluviométrie excède brutalement ces capacités de stockage, il y a percolation profonde, si le sol est perméable (sols très sableux) ou ruissellement lorsque la perméabilité est faible (sols plus argileux ou mêmes sableux mais à sables fins très dominants) : cette eau est alors perdue pour la culture bien qu'on puisse la retrouver dans les couches profondes (alimentation hydrique des arbres), dans les nappes ou dans les dépressions, ce qui n'est pas sans intérêt, au contraire.

Ces quelques remarques étant faites, notre but n'est pas de détailler les problèmes d'alimentation hydrique: nous renvoyons les lecteurs intéressés à la liste bibliographique ci-jointe. En effet, cette note se veut concise, facile à utiliser et diffusable à un grand nombre d'exemplaires. Il convient à chacun de l'adapter avec bon sens à ses préoccupations particulières.

## II - METHODE D'ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Pour déterminer les besoins en eau de façon pratique, simple, mais relativement rigoureuse, il est nécessaire de suivre les étapes suivantes :

### II-1 - Préciser les conditions de demande évaporative

La demande évaporative traduit l'ensemble des facteurs climatiques qui influent sur les pertes d'eau par évaporation au niveau du sol ou d'une nappe d'eau libre et par transpiration au niveau des plantes. On peut l'appréhender à partir des calculs ou des mesures d'ETP (évapotranspiration potentielle d'un couvert végétal homogène et dense, de type herbacé, bien approvisionné en eau et soumis aux seules contraintes d'ordre climatique régional). Plusieurs procédés de mesure d'évaporation peuvent donner aussi une idée de cette demande évaporative, en s'affranchissant des contraintes de sol et de matériel végétal : citons entre autres, les mesures d'évaporation Piche, d'évaporation d'eau libre en bacs : bac normalisé classe "A", bac enterré, bac flottant etc... Pour diverses raisons nous avons retenu au Sénégal, la mesure de l'évaporation d'eau libre en bac normalisé classe "A" installé sur un sol nu non arrosé. Des corrélations simples ou multiples peuvent être établies pour calculer cette évaporation bac" dans les postes où elle n'est pas directement mesurée, mais où l'on dispose des données climatiques essentielles : pluviométrie, insolation ou rayonnement, vitesse du vent, température, humidité relative etc...

Le lecteur pour plus de précisions, peut se reporter aux documents de synthèse, parus dans la revue de l'Agronomie Tropicale (réf. bibl. n°s 18, 28, 36)

La demande évaporative varie donc dans un même lieu, en fonction du temps : variations en cours d'année et d'une année sur l'autre ; elle varie aussi avec les zones climatiques, d'une station à l'autre. La carte du graphique N° I traduit le gradient décroissant Nord-Sud de demande évaporative que l'on observe au Sénégal (l'évaporation en bac normalisé classe A est chiffrée à partir de corrélation avec la pluviométrie, pendant l'hivernage).

Ce gradient est exprimé pour chaque station étudiée, par un coefficient se rapportant à la station agronomique centrale de Bambey. Ainsi 1,4 à Podor veut dire que l'évaporation moyenne d'hivernage y est, en gros 1.4 fois plus élevée qu'à Bambey.

Il faut noter que, par rapport à notre étude de 1979, nous avons apporté une modification concernant la frange côtière, soumise sur 20 à 25 km à une influence océanique très marquée. On s'aperçoit ainsi que les mesures d'évaporation "bac" sont, à latitude égale, environ 0.8 fois plus faibles sur la côte qu'à l'intérieur des terres. Ceci ressort par exemple très bien de la comparaison des stations de Bambey et de Sangalkam ou Cambérène sur la côte. Il faudrait faire le même travail dans la région du Fleuve et y chiffrer le gradient de continentalité entre Saint Louis et les stations de plus en plus éloignées de l'Océan : par exemple NDIOL, ROSS-BETHIO, RICHARD-TOLL, FANAYE, PODOR, GUEDE etc... Ce travail est en projet, mais pour cela il faudrait installer un bac normalisé à Saint Louis. En attendant, nous avons réduit de 20 %, l'évaporation (et le coefficient donc) des stations côtières comme Saint Louis, Dakar et MBour (tableau n°II et graphique N° I), par rapport à l'intérieur.

Les besoins en eau des différentes cultures retenues, le plus souvent mesurés à Bambey seront bien sûr sous la dépendance de ce gradient de demande évaporative.

La première étape consistera, à partir de la date de la première pluie utile, pour des semis en sec ou en humide, à estimer l'évaporation en bac normalisé classe A. Le tableau n° I indique cette évaporation en mm par jour (moyenne décadaire sur 11 ans) à Bambey.

Juin	1	9.4	Août	1	6.2	Octobre	1	6.4
	2	8.9		2	6.1		2	6.4
	3	8.9		3	5.7		3	6.9
Juil.	1	8.1	Sept.	1	5.7	Nov.	1	7.2
	2	7.3		2	5.4		2	7.8
	3	6.7		3	5.6		3	7.5

Tableau N° I

Dans la seconde phase, l'évaporation est chiffrée pour chaque localité par rapport à Bambey, à partir des coefficients indiqués dans le tableau n° II.

Podor	1.41	Bakel	0.96	Koungheul	0.84
Guédé	1.40	Kidira	0.92	Sinthiou M.	0.82
Dagana	1.30	Dakar *	0.80	Tambacounda	0.78
Richard-Toll	1.30	Mbour *	0.77	Maka	0.80
Saint-Louis*	1.05	Thiès	0.98	Missirah	0.73
Louga	1.16	Thiénaba	0.99	Vélingara	0.78
Linguère	1.14	Bandia	0.98	Kédougou	0.66
Dahra	1.15	Fatick	0.96	Séfa	0.67
Kaédi (Mauritanie)	1.19	Kaolack	0.92	Bignona	0.67
Matam	1.15	Gossas	0.95	Ziguinchor	0.64
Tivaouane	1.05	Kaffrine	0.93	Kolda	0.66
Bambey	1.00	Darou	0.88	Oussouye	0.62
Diourbel	0.97	Nioro	0.85	Cap Skiring	0.60

\* Stations côtières corrigées

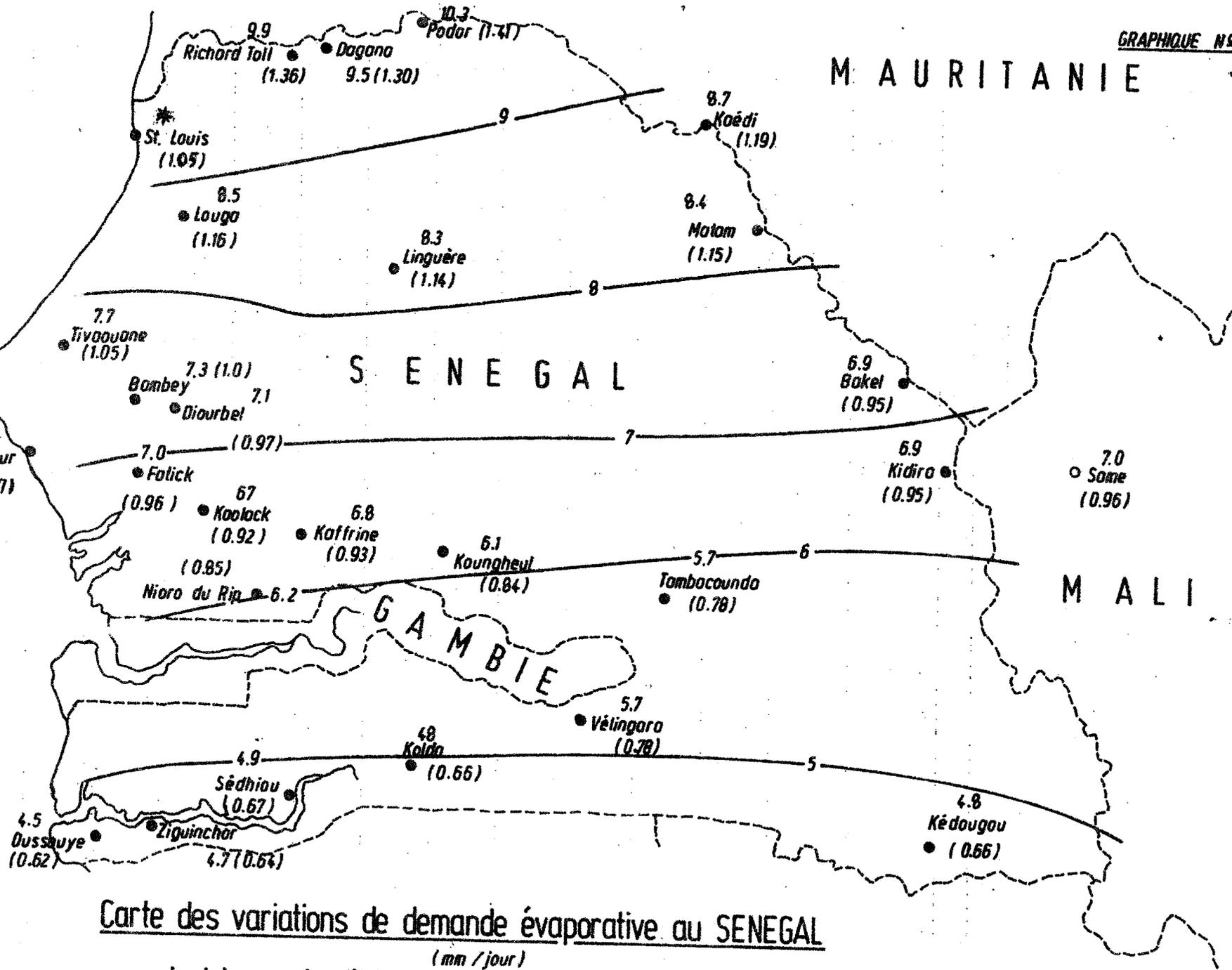
Tableau n° II : Coefficients traduisant la demande évaporative par rapport à Bambey, au cours de la saison des pluies.

OCEAN ATLANTIQUE

MAURITANIE

SENEGAL

MALI



\* Correction côtière

Carte des variations de demande évaporative au SENEGAL  
(mm / jour)  
pendant les mois d'hivernage (Juin à Octobre compris)

Il convient de préciser que la demande évaporative peut varier d'une année sur l'autre. L'expérience montre qu'au Nord du Pays (à Richard-Toll et à Guédé), dans le Centre (à Bambey ou à Niobro du Rip), au Sud du Pays (à Séfa ou à Djibélor), l'évaporation en bac normalisé classe A, ne dépasse pratiquement jamais plus ou moins 10 % par rapport aux valeurs moyennes des stations. Le tableau n° III donne une idée des variations constatées au cours des dernières années dans 3 stations échelonnées du Nord au Sud du Sénégal ; pour des travaux fins, on peut utiliser la demande évaporative de l'année même que l'on veut étudier, mais pour des travaux plus généraux, on peut se baser sur une demande moyenne, sachant que l'on risque de s'en écarter quelque peu ( $\pm 10\%$ ) selon les années. Il en sera donc de même en ce qui concerne les besoins en eau des cultures que nous allons maintenant essayer de déterminer.

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	Moyenne
Guédé ca- sier (FAO-OMVS)	-	9.9 (1.06)	10.0 (1.08)	8.6 (0.92)	8.9 (0.96)	9.0 (0.97)	9.3 (1.00)	-	9.3 (1.00)
Bambey (ISRA)	7.2 (1.01)	6.8 (0.96)	7.2 (1.01)	7.3 (1.03)	6.9 (0.97)	7.3 (1.03)	7.5 (1.09)	6.7 (0.94)	7.1 (1.80)
Séfa (ISRA)	4.9 (0.98)	5.2 (1.04)	4.7 (0.94)	4.7 (0.94)	4.9 (0.98)	5.2 (1.04)	5.4 (1.08)	5.1 (1.02)	5.0 (1.00)

Tableau n° III

Evaporation en bac normalisé classe A, en mm/jour à Guédé à Bambey et à Séfa. Variations interannuelles (1971 - 1978 sur les valeurs moyennes d'hivernage (juin à octobre compris))

L'idéal serait certes de déterminer chaque année l'"évaporation bac", mais les données sont rarement disponibles à temps et, pour les besoins immédiats des utilisateurs, des moyennes peuvent suffire.

II-2 - Estimer les coefficients de végétation de chaque culture tout au long de son cycle

Le coefficient de végétation  $K'$  d'une culture est pour nous le rapport entre les besoins en eau mesurés "au champ" et l'évaporation en bac normalisé classe A pendant la même période (la décade en l'occurrence). On pourrait tout aussi bien se rapporter à l'ETP (coefficients  $K$  = besoins en eau sur ETP), sachant qu'au Sénégal, l'ETP mesurée sur gazon est égale à 0.78 fois l'évaporation en bac normalisé classe A, pendant la saison des pluies (contre 0.65 pendant la saison sèche...) réf. biblio. n° 28.

Les besoins en eau sont maintenant assez bien connus au Sénégal sur mil, arachide, niébé, riz pluvial, gazon et jachère d'herbe. (n°s 21, 27, 31, 35 et 36). Pour le maïs, le sorgho, le coton, le soja etc... il reste encore beaucoup à faire car il faudrait pour ces dernières cultures, un dispositif de mesure des besoins en eau, situé dans le Sine Saloum, dans des conditions de sol et de climat favorables.

Pour les cultures que nous connaissons mal, nous avons retenu les résultats obtenus au Niger (n°s 19 et 25) en particulier dans la station expérimentale d'hydraulique agricole (SEHA) de Tarna, près de Maradi, dans des conditions climatiques assez proches de celles de Bambey.

Nous n'avons pas voulu utiliser les résultats obtenus par D. Rijks, dans la vallée du Fleuve Sénégal, à Guédé plus précisément (n° 29). Ces résultats de grande valeur concernent la zone climatique sahélienne, pour ne pas dire même, au vu des 12 dernières années, la zone sub-saharienne ; il serait risqué d'étendre les coefficients  $K'$  à toute la zone située au Sud de la frontière séparant le Sénégal et la Mauritanie (zones sahéliennes pour la partie Nord du pays, mais soudaniennes Nord et Sud pour le reste du Sénégal, sans oublier la partie côtière sous influence canarienne). Ainsi, pendant les hivernages de 1972 et de 1973, à Guédé, les hauteurs de pluie ont été quasi nulles (respectivement 66 mm et 124 mm) lorsque les mesures de besoins en eau ont été faites sur maïs, niébé, coton ; les conditions d'aridité étaient donc particulièrement sévères, avec une demande évaporative exceptionnellement élevée.

Pour le cas particulier du Fleuve Sénégal, et surtout pour les hivernages exceptionnellement secs, le lecteur aura intérêt à s'appuyer sur les travaux de D. Rijks, plutôt qu'à notre étude.

En fin de compte, nous retiendrons pour les coefficients  $K' = \frac{\text{besoins en eau de la culture}}{\text{Ev bac normalisé classe A}}$  (ou encore évapotranspiration maximale ETM)

Le tableau suivant (tableau n° IV). Les coefficients  $K'$  y figurent pour toutes les décades du cycle habituel de chaque culture mentionnée, du semis à la récolte.

Décade N° d'ordre semis-récolte)	M	I	L	ARACHIDE			NIÈBE	MAIS	RIZ	SOJA	SORGHO	COTON	JACHÈRE
	Sanic	Soung	GAM	28-20	65-42	55-43	75 j	BDS	PLUVIAL	ISRA	137-62	BJA	-RE
	120j	90j	75j	120j	105j	90j		110j	4 variétés	44A73	NK 300	SM67	D'HER
									110 j	110j	140j	110j	-BE
													BAMBEY
1	0.21	0.31	0.45	0.26	0.23	0.41	0.38	0.37	0.60	0.66	0.50	0.42	0.58
2	0.30	0.42	0.55	0.38	0.41	0.57	0.60	0.74	0.80	1.00	0.60	0.48	0.72
3	0.45	0.68	0.75	0.48	0.65	0.67	0.95	0.53	1.02	1.28	0.84	0.58	0.80
4	0.68	1.02	0.95	0.64	0.93	0.90	1.00	0.67	1.10	1.40	1.05	0.70	0.87
5	0.90	1.10	0.95	0.83	1.06	0.83	1.00	0.80	1.20	1.44	1.15	0.82	0.93
6	1.05	1.08	0.80	0.97	1.04	0.78	0.80	0.90	1.20	1.20	1.20	0.92	0.95
7	1.16	0.92	0.70	1.07	0.93	0.77	0.75	0.96	1.13	0.75	1.18	1.02	0.95
8	1.19	0.84	0.68	1.00	0.93	0.65	0.72	0.99	1.12	0.52	1.10	1.10	0.93
9	1.18	0.78	(5j)	0.93	0.92	0.65	(5j)	0.98	0.90	0.45	0.95	1.15	0.84
10	1.06			0.78	0.90			0.88	0.80	0.42	0.84	1.20	0.68
11	0.90			0.74	0.90			0.70	0.76	0.40	0.76	1.20	
12	0.75			0.65				*NB3	*NB2	*NB1	*NB4	1.13	*NB4

Tableau n° IV : Variation des coefficients  $K' = \frac{\text{Besoins en eau}}{\text{Ev bac}}$  au cours du cycle, pour diverses cultures pratiquées au Sénégal

- NB1- Il y a eu pour le soja, une seule année de mesure à Djibélor (près de Ziguinchor) ; les valeurs données nécessiteraient une confirmation.
- NB2- Les mesures sur riz pluvial furent effectuées à Djibélor, sur V. 63-83, IKP, 302G, 144B9, de 1973 à 1976.
- NB3- Pour le maïs et le coton, nous avons retenu les résultats obtenus par T.M. DUC à la ferme irriguée de Bambey en hivernage. Il faudrait confirmer ces résultats sur sol plus argileux, au Sine Saloum ou au Sénégal Oriental.
- NB4- Pour le sorgho, nous avons retenu les résultats du NIGER (TARNA)
- NB5- Pour la jachère d'herbe, excepté en début et fin de cycle,  $K'$  est supérieur à  $K' = \frac{\text{ETP gazon digitaria}}{\text{Ev Bac}}$

Cette jachère comprenant de très nombreuses espèces reste verte aussi longtemps qu'il y a des apports d'eau ; la durée du cycle pourrait être prolongée.

### II-3 - Exemple de calcul des besoins en eau

Nous sommes maintenant en mesure de pouvoir déterminer pour toutes les cultures retenues, les besoins en eau approchés à partir d'une date de semis en humide, ou d'une date de début de végétation, dans le cas d'un semis en sec.

Prenons par exemple le cas d'une arachide de 105 jours, type 57-422, semée à Thiénaba le 9 Août 1980 :

a) On chiffre la demande évaporative à Thiénaba, et plus précisément l'évaporation en bac normalisé classe A, à partir du 9 Août donc. Pour cela il faut appliquer aux valeurs de Bambey, le coefficient 0.99 que l'on trouve dans le tableau n° II

b) On connaît le coefficient

$K' = \frac{\text{besoins en eau pour l'arachide de 105 jours}}{\text{EV bac normalisé}}$  (tableau n°IV)

c) Il est alors facile de chiffrer les besoins en eau en mm/j et en mm pour chaque décade ou période considérée. Les différentes étapes du calcul sont présentées dans le tableau n° V.

PERIODE	8-20/8 13 j	21-31/8 11 j	1-10/9 10 j	11-20/9 10 j	21-30/9 10 j	1-10/10 10 j	11-20/10 10 j	21-31/10 11 j	1-10/11 10 j	11-20/11 10 j
EV BAMBEY	6.1	5.7	5.7	5.4	5.6	6.4	6.4	6.9	7.2	7.8
EV Thiénaba	6.0	5.6	5.6	5.3	5.5	6.3	6.3	6.8	7.1	7.7
$K'$ arachide de 105 j	0.23	0.41	0.65	0.93	1.06	1.04	0.93	0.93	0.92	0.90
Besoins en eau mm/j	1.4	2.3	3.6	4.9	5.8	6.6	5.9	6.3	6.5	6.9
Besoins en eau de la décade ou période retenue	10.2	25.3	36.0	49.0	58.0	66.0	59.0	69.3	65.0	69.0

Total 514.8 mm en 105 j

Tableau n° V : Besoins en eau de l'arachide 57-422 à THIENABA en 1980

### III - QUELQUES APPLICATIONS POSSIBLES

#### III-1 - Suivi agro-pluviométrique de la campagne agricole

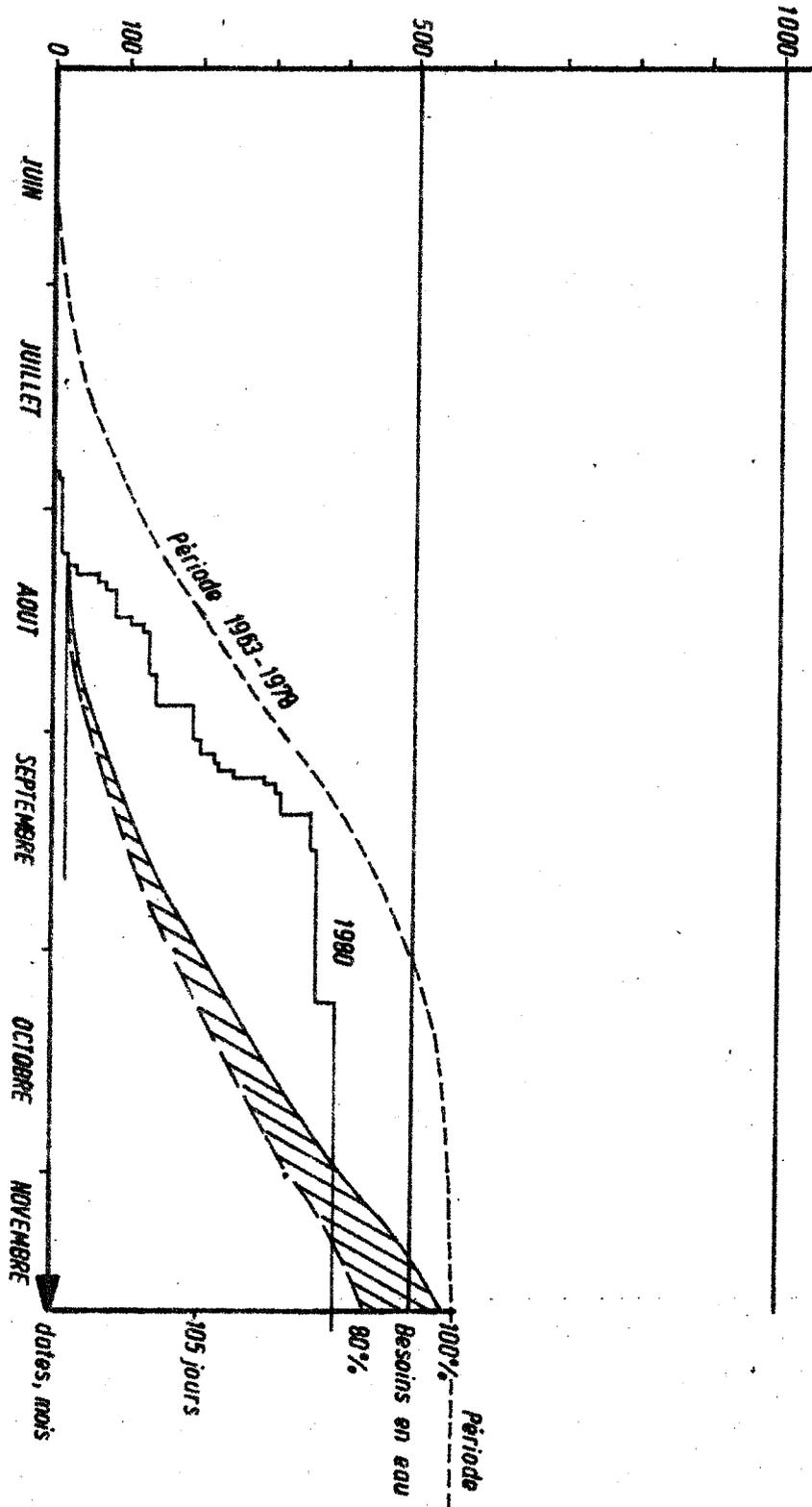
Si l'on veut comprendre mieux les mécanismes de production, ou estimer les chances de réussite d'une spéculation agricole, il est intéressant d'assurer un suivi, entre autres facteurs, des conditions d'alimentation hydrique des cultures. Pour cela, dans un premier stade, il suffira de confronter les besoins en eau de la culture retenue, à la distribution des pluies de la saison. Le plus simple est d'exprimer les précipitations sous forme graphique, en cumul quotidien au cours du temps : ceci donne une bonne idée des jours de pluie (dates de semis et de dernière pluie entre autres), de l'importance quantitative de chacune, de leur répartition (les périodes de sécheresse ressortent très bien sous forme de palier...), de la durée de la saison, du total atteint etc... Les besoins en eau sont de même cumulés à partir de la date de semis en humide ou de départ de la culture (quand cette dernière avait été semée en sec) à un niveau optimal (100% des besoins) ou à un niveau de repêchage (80% des besoins); on constate en effet que les rendements d'une culture ne chutent pratiquement pas, tant que les besoins en eau sont satisfaits à un taux compris entre 80 et 100%. Enfin, il est toujours recommandé de faire figurer sur le graphique la pluviométrie moyenne de la station (graphique n°II). Un gros progrès consisterait d'ailleurs à donner non plus la pluviométrie moyenne, mais celle que l'on pourrait espérer atteindre ou dépasser un nombre d'années suffisant pour garantir une certaine sécurité agricole, au moins d'un point de vue hydrique : on retient souvent les seuils de 75% ou 80% des années (réf. biblio. n°s 13, 27, 37...)

#### III-2 - Chances de réussite des cultures

La connaissance des besoins en eau d'une culture permet donc, au moins globalement et quantitativement, d'estimer les chances de satisfaction, au vu de la pluviométrie (n°s 26, 31, 32...). C'est pourquoi, à titre indicatif, nous donnons dans les graphiques III et IV, les pluviométries moyennes et celles que l'on peut espérer atteindre ou dépasser dans 80% des cas. On s'aperçoit alors que

..//..

Besoins en eau  
pluviométrie cumulée en mm

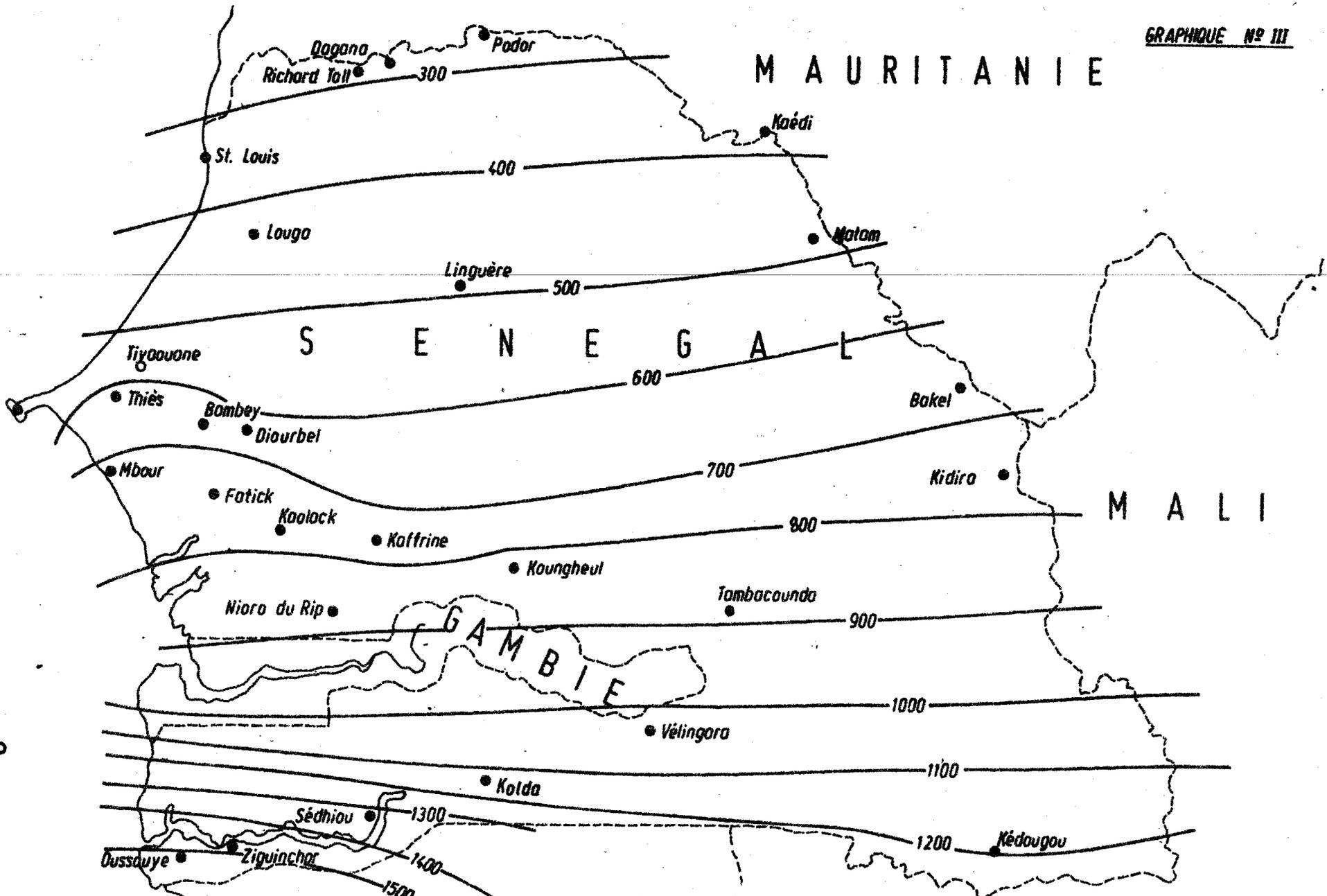


GRAPHIQUE N° II

SATISFACTION DES BESOINS EN EAU DE L'ARACHIDE DE 105 JOURS ( V. 57-422 ) A THIENABA

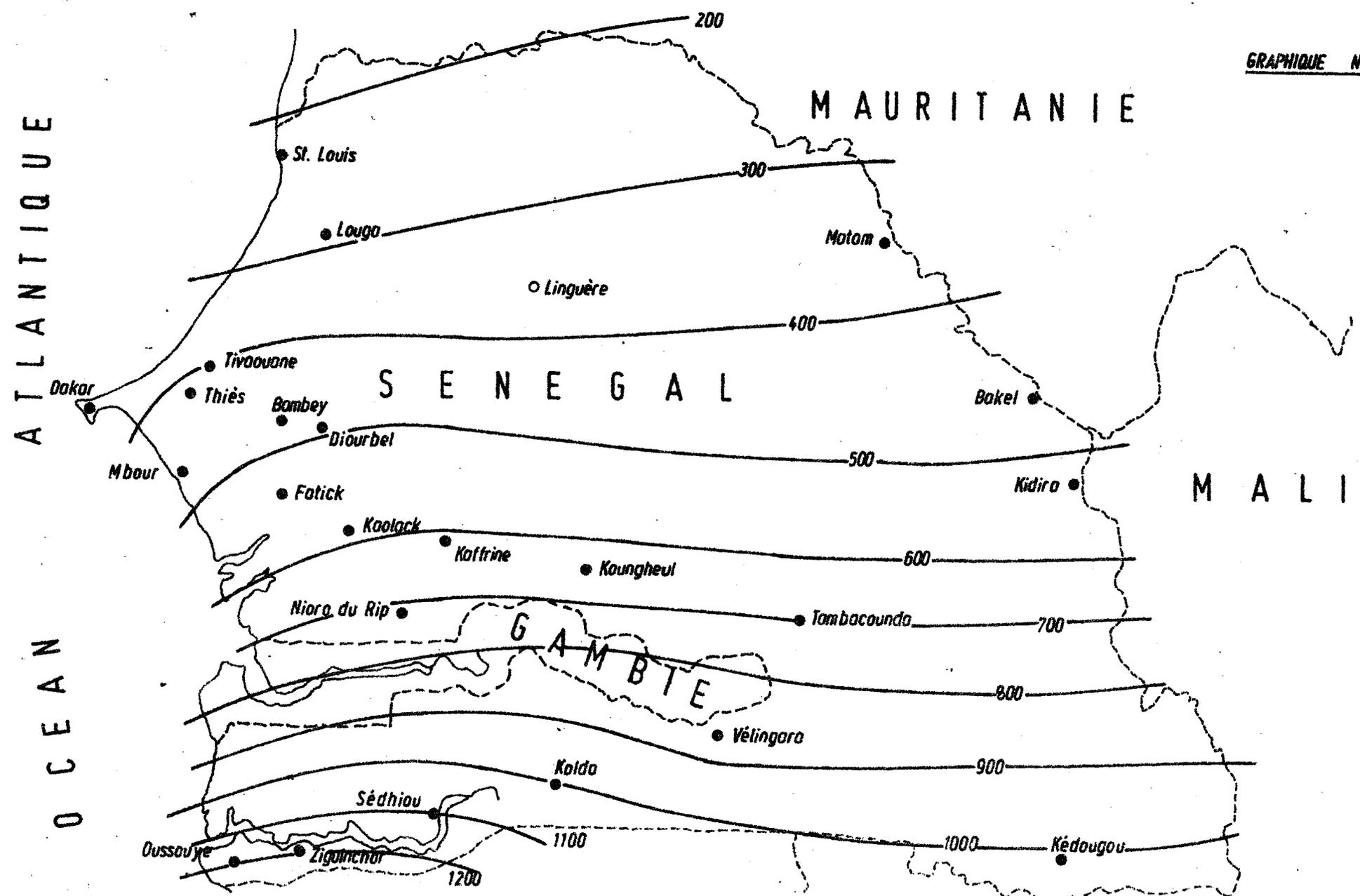
EN 1980

O C E A N A T L A N T I Q U E



Pluviométrie moyenne en mm, de Juin à Octobre compris, au Sénégal (période 1931 - 1975 )

-Calculs effectués à partir des données brutes de la météorologie nationale=listing "Hydrologie ORSTOM"



Pluviométrie en mm, de Juin à Octobre compris, atteinte ou dépassée dans 80% des cas au Sénégal période 1931-1975

- Calculs effectués à partir des données brutes de la météorologie nationale = listing "Hydrologie ORSTOM"

raisonner sur des quantités de pluie moyennes est trompeur et que retenir un seuil de 80 % de chances incite à être beaucoup plus prudent. Sachant qu'une arachide de 105 jours a en général besoin de plus de 500 mm d'eau dans les régions de Thiès et de Diourbel, on voit sur la carte que le seuil que l'on peut atteindre ou dépasser dans 80 % des années, se situe plutôt autour de 450 mm. Ceci veut dire que l'on aura des difficultés d'alimentation hydrique dans plus de 20 % des cas, et d'autant plus que, sur la quantité de pluie indiquée, une part non négligeable peut soit ruisseler, soit percoler plus bas que la limite d'extraction racinaire de la culture. Très souvent, en effet, toute la pluviométrie reçue n'est pas entièrement stockée dans le sol, ni utilisable avec profit par la culture. Inversement, pour une variété d'arachide de 90 jours, dont les besoins sont limités à 400 mm, si le seuil de 450 mm dans 80 % des années assure une bonne sécurité hydrique, il ne faut pas oublier que, dans 80 % des années, on bénéficiera de plus de 450 mm : il y aura donc des risques non négligeables de lessivage, de récolte sous pluie, de moisissure des fanes d'arachide, de germination des semences non dormantes etc...

### III-3 - Simulation du bilan hydrique des cultures et conclusion

Nous avons vu par les exemples précédents que s'il existe des procédés plus rationnels que par le passé, pour mieux appréhender les problèmes d'alimentation hydrique des cultures, ce n'est pas encore la panacée, loin de là. C'est pourquoi, nous nous acheminons vers la simulation complète du bilan hydrique des cultures, à partir des connaissances de milieu suivantes : pluviométrie, demande évaporative et besoins en eau des plantes, caractéristiques hydrodynamiques d'infiltration, de ressuyage, et percolation, de rétention de l'eau, d'évaporation et d'utilisation de l'eau (modalités d'enracinement et extraction hydrique) pour les principaux types de sol du Sénégal. (n°s 38 à 55). Sans vouloir détailler trop la méthode de simulation utilisée (réf. n°s 23, 30, 33...), et qui pourra faire l'objet prochainement d'une publication, nous pouvons d'ores et déjà préciser les points suivants :

../..

Par l'analyse d'un grand nombre de stations sénégalaises, sur 30 à 40 années au minimum, en faisant intervenir donc la pluviométrie, le stock d'eau utile en fonction du type de sol, les besoins en eau de la culture, la consommation réduite en cas de stress, on pourra déduire : le taux de satisfaction des besoins (de 5 jours en 5 jours, tout au long du cycle de végétation) et donc les périodes de déficit ou d'excédent hydrique (lesquels seront chiffrés avec précision), le drainage en dessous d'une profondeur donnée et les durées totales d'alimentation hydrique bonne ou défectueuse.

Cette analyse est de la plus grande importance pour déterminer sur un grand nombre d'années, les probabilités de réussite des diverses variétés, en tenant compte non seulement de l'aspect quantitatif des besoins, mais encore des durées de cycle compatibles avec les durées d'alimentation hydrique correcte entre la date de semis et la fin de l'utilisation par la plante des réserves hydriques du sol.

Ce travail est bien sûr grandement facilité par l'utilisation d'un ordinateur performant - type IBM 360. Il existe actuellement un projet portant sur l'adaptation de diverses variétés d'arachide aux conditions pédoclimatiques (surtout pluviométriques) du Sénégal, en collaboration entre l'ISRA et le GERDAT (IRAT Montpellier-division d'Hydraulique Agricole); l'étude, qui pourrait être entreprise aussi pour de nombreuses autres espèces cultivées, pourra conduire à des choix de variétés et de dates d'intervention culturale plus rationnels et notamment à l'esquisse de cartes d'adaptabilité des principales variétés disponibles.

Les applications de la simulation du bilan hydrique sont très nombreuses, tant dans le domaine de l'agriculture pluviale stricte : explication du rendement, chances de réussite et cartes d'adaptation culturale etc..., que dans celui de l'agriculture irriguée en totalité ou en complément des pluies : modalités d'irrigation, doses et fréquences, mise au point de systèmes de culture etc..

Cependant, la simulation du bilan est un travail long et minutieux qui demande des moyens assez conséquents pour la compilation des données, leur traitement informatique et surtout l'interprétation et la valorisation des résultats, sous une forme facilement utilisable au niveau du développement rural.

## IV - BIBLIOGRAPHIE

### IV-1 - Agroclimatologie, pluviométrie

- 1 - IRAT et ISRA Rapports annuels d'activité "météorologie des stations ISRA" CNRA BAMBEY - 1964 compris à 1979 compris
- 2 - AMENAGEMENT DU TERRITOIRE "Quelques données agropluviométriques de 16 stations du Sénégal. Période 1932-1965" Ministère du plan et du Développement. Dakar-Avril 1967.
- 3 - SECK M. "Les orages dans la région occidentale de l'Afrique". Thèse Faculté de sciences de l'Université de Paris - Octobre 1969
- 4 - SECK M. "Etude des principaux facteurs agrométéorologiques au Sénégal" Météo Nationale - TP.U.T Sénégal - AGRO. TROP. Vol XXV n°3 - Mars 1970
- 5 - RIJKS D. "Données météorologiques recueillies à Richard-toll,, Guédé, Samé, Kaédi-FAO-OMVS DAKAR-rapports annuels 1970 à 1975.
- 6 - WILLIOT P. "Quelques résultats sur la pluviométrie des stations de Vélingara, Kolda et Sédhiou-Séfa. Application à l'agriculture" - IRAT Sénégal-CNRA de Bambey - 1971.
- 7 - RIJKS D. "Etudes portant sur l'analyse de la régularité des pluies, dans le bassin du Fleuve Sénégal" FAO-OMVS - Mars 1972.
- 8 - 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
- 9 - De LANNOY "Données météorologiques recueillies au Centre pour le Développement de l'horticulture à Cambérène" CDH-DGPA-MDR puis ISRA - rapports annuels de 1973 à 1977.
- 10 - CORNET A. "Données météorologiques dans les différents points d'étude" - Documents techniques ORSTOM-Dakar rapports annuels de 1975 à 1978.

- 14 - DANCETTE C. SOW C.S. "Analyse agroclimatique de la saison des pluies en vue de faciliter les choix de la recherche et du développement agricoles. Le cas de Niore du Rip" - CNRA Bambey - ISRA Septembre 1976.
- 12 - MADAME 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.
- 13 - 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.
- 14 - Météorologie Nationale (Direction de) "Rapport sur la campagne des pluies provoquées au Sénégal" Ministère de l'Équipement-Dakar 1978
- IV-2 - Demande évaporative, besoins en eau et adaptation des cultures au Sénégal
- 15 - IRAT SENEGAL Rapport d'activité 1965 - "Comparaison de quelques formules d'évapotranspiration potentielle au Sénégal" bioclimatologie CNRA BAMBEY - par PG. SCHOCH 1966
- 16 - COCHEME J., FRANQUIN P. "Une étude d'agroclimatologie de l'Afrique sèche au Sud du Sahara en Afrique Occidentale" FAO-UNESCO WMO Rome 1967
- 17 - BERNARD E.A. "La détermination des pertes d'eau par évapotranspiration dans les projets d'aménagement intégré du Fleuve Sénégal" Rapport de mission Avril 1967.
- 18 - SCHOCH P.G., DANCETTE C. "Utilisation de l'évaporomètre Piche pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle" - AGRO. TROP. N° 9 Septembre 1968
- 19 - 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.
- 20 - RIOU C. "Etude de l'évaporation en Afrique Centrale. Contribution à la connaissance des climats" Thèse de doctorat ORSTOM-Paris 1972.

- 21 - 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.
- 22 - Roche M et Cie "Etude méthodologique pour l'utilisation des données climatologiques de l'Afrique Tropicale" Livre III notamment : "évapotranspiration et déficits hydriques" CIEH - Ministère de la Coopération-ORSTOM-Paris 1974
- 23 - 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.
- 24 - DOORENBOS J. and PRUITT W.O. "Crop water requirements" irrigation and drainage paper n° 24 - FAO Rome 1975
- 25 - KALMS J.M. et VALET S. "Détermination des besoins en eau de différentes cultures vivrières et industrielles, dans les conditions pédoclimatiques des terrasses du Niger à Tillabéry" Rapport INRAN - Niamey Juillet 1975.
- 26 - DANCETTE C. "Cartes d'adaptation à la saison des pluies des mils à cycle court dans la moitié Nord du Sénégal" Comité consultatif AIEA. Bambeï 10-14 Novembre 1975-FAO-AIEA Techn. doc n° 192 - Vienna 1976
- 27 - 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.
- 28 - 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 in AGRO. TROP. N° 4 - Octobre, Décembre 1976.
- 29 - RIJKS D.A. "Agrométéorologie" chapitres 2, 3 et 4 notamment PNUD, FAO, OMVS-AGP/REG 114 Rapport technique n° 2 - Rome 1976.
- 30 - 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

- 31 - DANCETTE C. "Besoins en eau et adaptation du mil à la saison des pluies au Sénégal" ISRA-CNRA BAMBEY  
Colloque AAASA-IBADAN-Février 1978.
- 32 - 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 (GRSTOM) le cas de Bambeï" - ISRA-CNRA BAMBEY-Juillet 1978.
- 33 - CHAROY J. FOREST F. LEGOUPIL J.C. "Evaluation fréquentielle des besoins d'irrigation pour l'optimisation d'un projet d'aménagement hydroagricole. Périmètre de Sona-Niger" INRA-IRAT-Août 1978.
- 34 - HALL A.E. et DANCETTE C. "Analysis of fallow farming systems in semi arid tropics using a model to simulate the hydrologic budget" Agronomy Journ. 70-816-823-1978.
- 35 - 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.
- 36 - 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.
- 37 - VIRMANI S.M., REDDY S.L. and BOSE M.N.S. "A Handbook on the Rainfall Climatology of West Africa :  
Data for Selected Locations" - ICRISAT - bulletin d'information n° 6 - 1980
- IV-3 - Sols-extraction racinaire
- 38 - CHARREAU C. "Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal" AGRO. TROP. XIX (N° II) 1963.
- 39 - IRAT - Collectif (DANCETTE, GILLET, BARAN, DUC, DURAND, CORNET)  
"Etude in situ des caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des principaux types de sol du casier sucrier des 120 hectares de Richard-Toll" Rapport du 31 Mars - IRAT-SENEGAL 1969.

- 40 - DANCETTE C. "Détermination au champ de la capacité de rétention après irrigation, dans un sol sableux du Sénégal. Intérêt agronomique de cette mesure et application à une culture d'arachide" AGRO. TROP XXV n°3 Mars 1970
- 41 - NICOU R., SEGUY L., HADDAD G. "Comparaison de l'enracinement de 4 variétés de riz pluvial en présence ou absence de travail du sol" IRAT-Sénégal - AGRO. TROP. XXV n°8-1970
- 42 - DANCETTE C. "Principales études de l'IRAT au Sénégal, portant sur les caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des sols et sur leur aptitude à l'irrigation" AGRO TROP XXVI n°9 Septembre 1973
- 43 - DANCETTE C. et MAERTENS C. "Méthode d'estimation de la capacité au champ pour l'eau, à partir du PF3" Sciences du sol, bulletin A.F.E.S. n°3 - 1974
- 44 - DANCETTE C. et NICOU R. "Économie de l'eau dans les sols sableux du Sénégal" IRAT-CNRA Bambey Juin 1974.
- 45 - PIERI C. "Minéralogie et propriétés de surface de deux sols sableux du Sénégal" ISRA-CNRA de Bambey - AGRO. TROP. XXXII 1977.
- 46 - VACHAUD G., DANCETTE C., SONKO S. et THONY J.L "Méthode de caractérisation hydrodynamique in situ d'un sol non saturé - Application à deux types de sol du Sénégal en vue de la détermination des termes du bilan hydrique " (sols dior et diéri) Ann. Agron. 29 (1) 1978.
- 47 - HAMON G. "Caractérisation hydrodynamique in situ de 2 sols de culture de la région Centre-Nord du Sénégal" (sols dior et dek) ISRA-CNRA BAMBEY - Septembre 1978
- 48 - HAMON G. "Caractérisation hydrodynamique in situ d'un sol de culture en moyenne Casamance" (sol beige de plateau) ISRA CNRA de BAMBEY Septembre 1978
- 49 - IMBERNON J. "Caractérisation hydrodynamique in situ d'un sol de la région de Louga" (sol dunaire très sableux) ISRA CNRA de Bambey Août 1979

- 50 - IMBERNON J. "Dynamique de l'eau et variabilité spatiale du sol" (sol dior) ISRA CNRA Bambey - Août 1979
- 51 - DANCETTE C., HAMON G et VACHAUD G. "Etude comparée de la dynamique de l'eau en sol sableux nu et cultivé - modalités d'alimentation hydrique du mil et de l'arachide en conditions pluviales déficitaires, au Sénégal" ISRA CNRA BAMBEY (sols dior) IAEA-SM. 235/17 Vienna 1979.
- 52 - HAMON G. "Mise en oeuvre et critique de méthodes de caractérisation hydrodynamique de la zone non saturée du sol - Application aux sols de culture du Sénégal" Thèse - Université scientifique et Institut National Polytechnique de Grenoble Janvier 1980.
- 53 - BARET F., et BEYE M. "Caractérisation hydrodynamique d'un sol de la région de Bambey" - (sol dior-deck particulier de la ferme irriguée du CNRA de BAMBEY) - ISRA-CNRA-Bambey Avril 1980.
- 54 - CHOPART J.L. "Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide, mil, sorgho, riz pluvial)" Thèse - Institut National Polytechnique de Toulouse - Juin 1980
- 55 - BARET F. "Caractérisation hydrodynamique d'un sol de la région de Nioko du Rip" (sol rouge colluvial) ISRA-CNRA de Bambey - Septembre 1980.