

AG. 0596

TMD/NMB
REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

CN0100545
FO84
DUC

1980 (2)

COLLOQUE CIEH - CEFIGRE
BAMAKO 19-25 FEVRIER 1980

SYSTEME DE CULTURES IRRIGUEES
A PARTIR DES EAUX SOUTERRAINES

Par
TRAN MINH DUC
Ingénieur de Recherches IRAT mis à la disposition de l'ISRA

Avec la Collaboration de M. Joseph SENE
Technicien Supérieur ISRA

JANVIER 1980

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

(I S R A)

SYSTEME DE CULTURES IRRIGUEES A PARTIR DES EAUX SOUTERRAINES

-***-

I - INTRODUCTION

Au Sénégal, l'eau d'irrigation d'origine souterraine est relativement peu abondante et coûteuse. En effet, sans compter les aquifères encore inconnus ou mal connus, les disponibilités totales des eaux souterraines, évaluées par la Direction Générale de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural selon des critères bien définis (réalimentation annuelle, qualité, profondeur et débit "économiques...") sont de l'ordre de 700 millions de m³ par an. Une partie de ces ressources est réservée en priorité à l'alimentation en eau des grandes villes et des villages. La part qui revient à l'agriculture permettrait d'irriguer approximativement 270 000 hectares de cultures de saison de pluie (irrigation d'appoint) ou 35 000 hectares de cultures de saison sèche (irrigation totale durant tout le cycle).

Le prix de revient du m³ d'eau souterraine livré au champ varie bien entendu avec le type de l'ouvrage de captage, le mode d'exhaure, le débit et la hauteur de pompage, le transport et la distribution de l'eau à la parcelle. D'une manière générale, on peut estimer que le m³ d'eau revient entre 20 F* et 60 F*, ce qui est très élevé car les dépenses en irrigation d'un hectare de culture de saison sèche coûtent entre 200 000 F et 600 000 F.

Face à ces deux contraintes, pour développer les cultures irriguées et augmenter la superficie irrigable, la Recherche Agronomique mène depuis 6 ans, les actions de recherche suivantes :

- mise au point d'un système de production techniquement fiable et capable de rentabiliser l'irrigation
- évaluation des besoins optima en eau des cultures irriguées, courbes de réponse à l'eau et rationnement.
- étude des techniques d'irrigation permettant une économie en eau : aspersion, micro-irrigation (goutte à goutte), irrigation par pulsation.
- recherche des espèces, variétés et techniques culturales hautement productives et adaptées à l'irrigation
- utilisation agricole des eaux sodiques et saumâtres.

Cette communication concerne uniquement le système de cultures irriguées et fait le bilan des résultats obtenus en cinq années d'expérimentation à la Ferme Expérimentale des Cultures Irriguées.

II - DESCRIPTION DE LA FERME EXPERIMENTALE (fig. 1) est destinée

La Ferme Expérimentale installée en 1973/à étudier la fiabilité technique et la rentabilité économique d'un système de production basé sur l'irrigation, sur sol sableux, des cultures avec l'eau calcaire de la nappe du Lutétien (Eocène). La Ferme Expérimentale se compose en réalité de 2 fermes modèles de 3,2 hectares nets chacune,

* - Ces coûts sont estimés en francs CFA (100 F CFA correspond à 2 francs français).

irriguées par un même réseau d'aspersion moyenne pression avec un maillage de 18 m x 12 m. Les 2 fermes sont exploitées par 7 personnes actives et les travaux culturaux sont effectués par une paire de boeufs. Les sous produits de récolte et les fourrages irrigués permettent d'engraisser 5 boeufs d'embouche ; ceux-ci fournissent ensuite du fumier nécessaire aux cultures légumières. Chaque exploitation est subdivisée en 4 soles égales de 0,8 ha. Les bâtiments de ferme, le verger, les cultures fourragères pérennes, la pépinière occupent la 1ère sole. (fig. 1). Les 3 autres soles reçoivent les cultures suivantes :

- Sole II : Mil souna, Patate douce, Mil fourrager en hivernage, Jachère nue en saison sèche
- Sole III : Gombo, Piment, Aubergine, Diakhatou en hivernage, Jachère nue en saison sèche.
- Sole IV : 3 variétés (précoces, semi précocce, tardive) d'arachide en hivernage
3 dates de mise en place de légumes en saison sèche.

L'eau d'irrigation, de qualité acceptable (classe C3S1 selon les normes américaines) provient d'un forage de 49 m de profondeur, tubé en 12 pouces. Une électropompe immergée tire l'eau à 19 m et remplit un bassin d'irrigation avec un débit de 50 m³/H. Une électropompe de reprise de 25 m³/H et 55m HMT envoie l'eau du bassin dans un réseau semi-mobile (primaire fixe; secondaire, rampes et asperseurs déplaçables) d'asperseur Rain-bird 70 ETNT. Un groupe électrogène central de 62 CH fournit l'électricité aux groupes de pompage.

III - RESULTATS TECHNIQUES

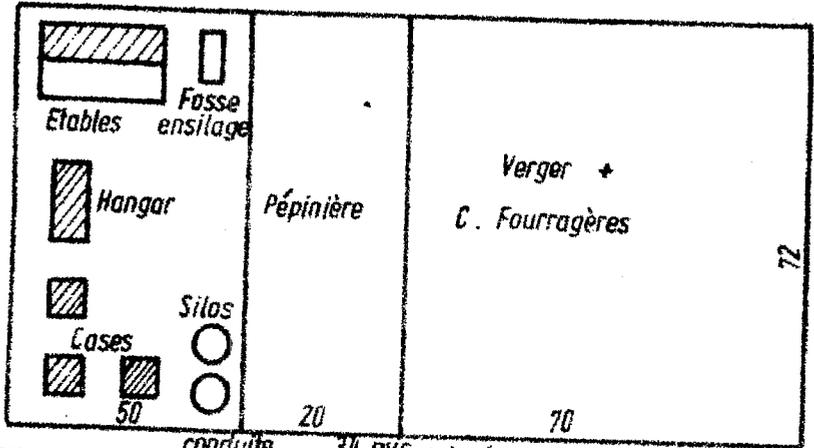
- Irrigation

Le groupe électrogène fonctionne en moyenne 2500 heures par an, sans problème. Il consomme à l'heure 0,15 à 0,18 litre de gasoil par ch ; 0,245l d'huile et 0,031 g de graisse. L'irrigation par aspersion se pratique de nuit, l'irrigateur, muni d'une lampe torche, surveille le pompage et déplace les asperseurs sur la rampe. Toute la ferme qui comprend 2,4 ha de cultures d'hivernage, 0,8 ha de cultures de saison sèche et 0,6 ha de cultures pérennes et brise-vent, consomme en moyenne 22.000 m³ d'eau d'irrigation par an. La consommation en eau d'irrigation (besoins + pertes) varie entre 80 mm et 300 mm pour une culture d'hivernage (pluviométrie 431 mm en 31 jours), 1350 mm pour une culture de saison sèche.

- Rotation culturale

Les résultats obtenus en 5 ans montrent l'intérêt de la culture et de la jachère nue dans la succession culturale. L'arachide est un excellent précédent pour les légumes car elle réduit l'infestation du sol par les nématodes et par ailleurs, enrichit le sol en azote. La jachère nue combinée avec l'emploi des engrais acides permet de contrôler le pH du sol dont l'élévation est provoquée par l'irrigation intensive avec l'eau calcaire. Par ailleurs, l'extension des cultures de saison sèche est incompatible avec la disponibilité en main d'oeuvre et en eau.

Fig.1 : FERME IRRIGUEE - SCHEMA DU MODELE FINAL

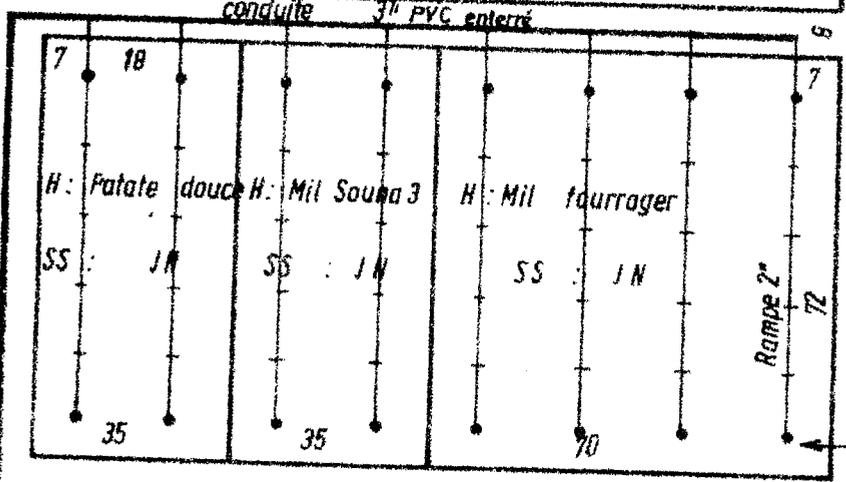


SOLE 1

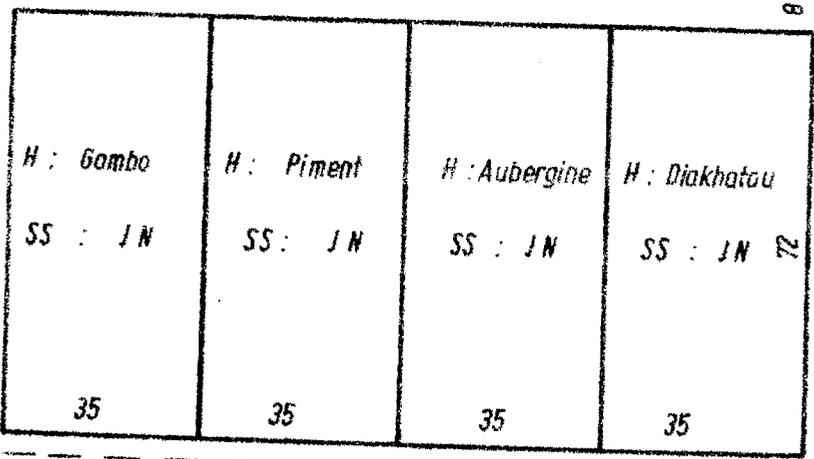
SOLE 2

SOLE 3

SOLE 4

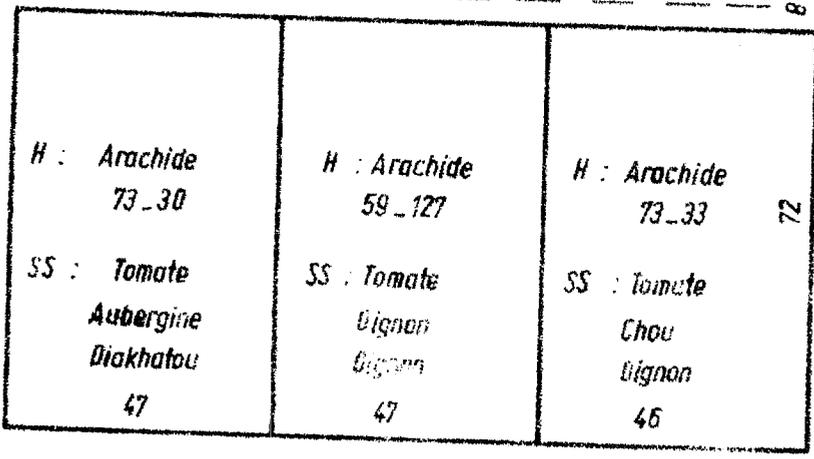


Conduite plastique 4" enterrée



LEGENDE

- H : hivernage
- SS : saison sèche
- JN : jachère nue
- Irrigation : aspersion
- maille 10m x 12m



- Choix des espèces et variétés culturales

Comme céréale, le mil Souna 3 est le mieux adapté au sol sableux. Toutefois, son potentiel de production reste limité (2,6 T/ha) et de plus, sa culture en irrigation d'appoint pose des problèmes de défense contre les oiseaux et les insectes actuellement non résolus (parcelles isolées, culture décyclée). La patate douce, par contre avec un cycle de 4 mois et un potentiel de production élevé (20 T/ha en hivernage, 60 T/ha en saison sèche) pourra suppléer avantageusement le mil, sans compter son intérêt dans la lutte contre les nématodes. Le cotonnier prévu initialement sur la sole 3, peu rentable et qui demande cependant beaucoup de travail (traitements phytosanitaires, récolte) est remplacé par les légumes locaux d'hivernage plus profitables. De plus, leurs récoltes peuvent être planifiées en fonction des périodes creuses d'hivernage.

Les légumes de saison sèche sont choisis pour l'autoconsommation et la satisfaction des marchés intérieurs. Il s'agit de la tomate ROSSOL VNF, de l'aubergine INDIENNE, du diakhatou SONKORONG, du chou ACRE D'OR, de l'oignon IRAT 1 et TEXAS EARLY GRAND. Leur mise en place a lieu à 3 dates en fonction de leur adaptation climatique.

Début Octobre : Tomate, aubergine, diakhatou
 Début Novembre : Tomate, chou, oignon
 Début Décembre : Tomate, oignon, oignon.

- Techniques culturales

Pour les cultures d'hivernage, les techniques habituelles des cultures pluviales sont adoptées à l'exception de la fumure qui a été calculée en fonction de l'exportation minérale plus importante en condition irriguée.

Pour les cultures de saison sèche, on observe que la production de tomate est plus élevée avec la mise en place précoce :

- plantation début octobre :	rendements tomate	55.105 kg/ha	(Moy. 5ans)
- plantation début novembre:	"-"	"-"	33.395 kg/ha
- plantation début décembre:	"-"	"-"	23.662 kg/ha

Pour l'oignon, on observe peu de différence entre le semis direct et le repiquage :

	<u>Repiquage</u>	<u>Semis direct</u>
Oignon IRAT 1 (violet)	37 465 kg/ha	35.639 kg/ha
Oignon TEXAS GRAND (blanc)	45 800 kg/ha	43.327 kg/ha

Il faut noter que l'oignon violet IRAT 1 est plus apprécié, se vend plus cher (80 F contre 40 F le kg) et se conserve mieux que la variété TEXAS GRAND

- Rendements agricoles

Les rendements des cultures irriguées sont en général assez stables, à l'exception de celui de la tomate qui est soumis à une maladie encore peu connue, la "Tomato Yellow leaf curl". Les rendements moyens obtenus en 5 ans sont les suivants :

../..

Cultures d'hivernage	Rendements kg/ha	Cultures de saison sèche	Rendements kg/ha
Mil Souna 3	2 091	Tomate ROSSOL VNF	38.552
Arachide 55-437 (90 j)	1 698	Aubergine INDIENNE	74.830
Arachide 57-422 (105 j)	2 418	Diakhatou SONKORONG	39.493
Arachide 59-127 (120 j)	2 558	Chou ACRE D'OR	33.365
Coton BJA SM 67	2 718	Oignon IRAT 1	37.465
Gombo POP 12	7 526	Oigon TEXAS GRAND	45.058
Piment TP 20-61	1 936		
Aubergine INDIENNE	20 599		
Diakhatou SONKORONG	9 142		

On notera les productions très élevées d'aubergine et d'oignon de saison sèche qui réussissent plus facilement que les autres cultures.

- Elevage

La ferme produit chaque année 5 T de paille de mil et 3 T de fanes d'arachide en plus des fourrages irrigués : Pennisetum purpureum, Panicum maximum, mil sanio et niébé 58-74

L'élevage d'embouche bovine par lots de 4 à 8 boeufs pendant 3 mois réalisé avec les sous produits de la Ferme uniquement, permet un gain journalier de 140 g à 270 g seulement. Si l'on incorpore à la ration alimentaire des concentrés dont certains sont achetés à l'extérieur, le gain de poids atteint 800 g/jour.

IV - RESULTATS ECONOMIQUES

Dans ce qui suit, les divers calculs économiques sont basés sur les résultats moyens de 5 années d'une part et sur une ferme de 4 **hectares** (conforme au projet de développement) exploités par 4 personnes actives, d'autre part.

- Coût de l'eau d'irrigation

L'équipement de la ferme (forage, bassin, pompes, réseau...) revient à 600 000 F CFA l'hectare en 1978 soit environ 720 000 F au prix actuel. C'est l'équipement le moins cher car l'hectare équipé revient entre 1 500 000 F et 2 000 000 F pour l'irrigation gravitaire et entre 1 500 000 F et 3 500 000 F pour la micro-irrigation (goutte à goutte).

Le coût de l'eau d'irrigation livré à la parcelle revient à 23,53 F le m³ en 1978, dans l'hypothèse du gasoil détaxé et du taux d'intérêts de 0 %. Sur ce coût, l'amortissement du matériel représente 32 %, le carburant 41,6 % et l'entretien-surveillance 26,4 %.

Les dépenses en irrigation reviennent à 133 416 F pour les 3 hectares de cultures d'hivernage, 322 344 F pour l'hectare de cultures de saison sèche et 209 784 F pour 0,7 ha de cultures pérennes soit une dépense totale de 665.544 F l'année.

- Compte d'exploitation (cf. tableau 1)

Dans le compte d'exploitation, les dépenses annuelles qui comprennent les charges fixes (amortissement des machines agricoles, petites constructions, petit matériel, vergers) de 77 002 F, les charges variables (semence, produits phytosanitaires, engrais, battage récolte, achat des boeufs d'embauche, divers) de 711 092 F et les dépenses en irrigation de 665.544 F soit une totalité de 1 453.638 F. On notera l'importance des dépenses en irrigation par rapport aux autres postes.

Les revenus bruts d'un montant de 3.079.392 F se décomposent en produits de vente des récoltes d'hivernage de 879.297 F, des récoltes de saison sèche de 1 721 470 F et produit de vente des boeufs de 478.625 F. On notera l'intérêt économique des cultures légumières dont les prix de vente unitaires correspondent en moyenne à 85 % des prix pratiqués au marché de Bambeï. A ces revenus, il conviendrait d'ajouter la vente des fruits provenant du verger et des brise vent que l'Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes (IRFA) chiffre à 500 000 F l'hectare en période de production.

Dans les conditions économiques actuelles et en milieu expérimental, la ferme de 4 hectares permet un revenu net de 1 625.754 F soit 406.438 F par actif et par an. En tenant compte de la vente des fruits réalisable 4 ans environ après la plantation, le revenu net de la ferme atteint 1 972 000 F soit 493.000 F par personne active. Ce dernier chiffre correspond à 14 fois le revenu net obtenu par un paysan qui pratique les cultures pluviales. Il convient toutefois de noter qu'en milieu paysan, les conditions seront moins favorables (rendements plus bas, prix de vente des légumes plus faibles...).

- Rentabilité des cultures irriguées (cf tableau 2 et fig. 2)

A partir des données culturales et financières réelles de la Ferme Expérimentale, on a essayé de chiffrer l'intérêt de diverses cultures irriguées des points de vue :

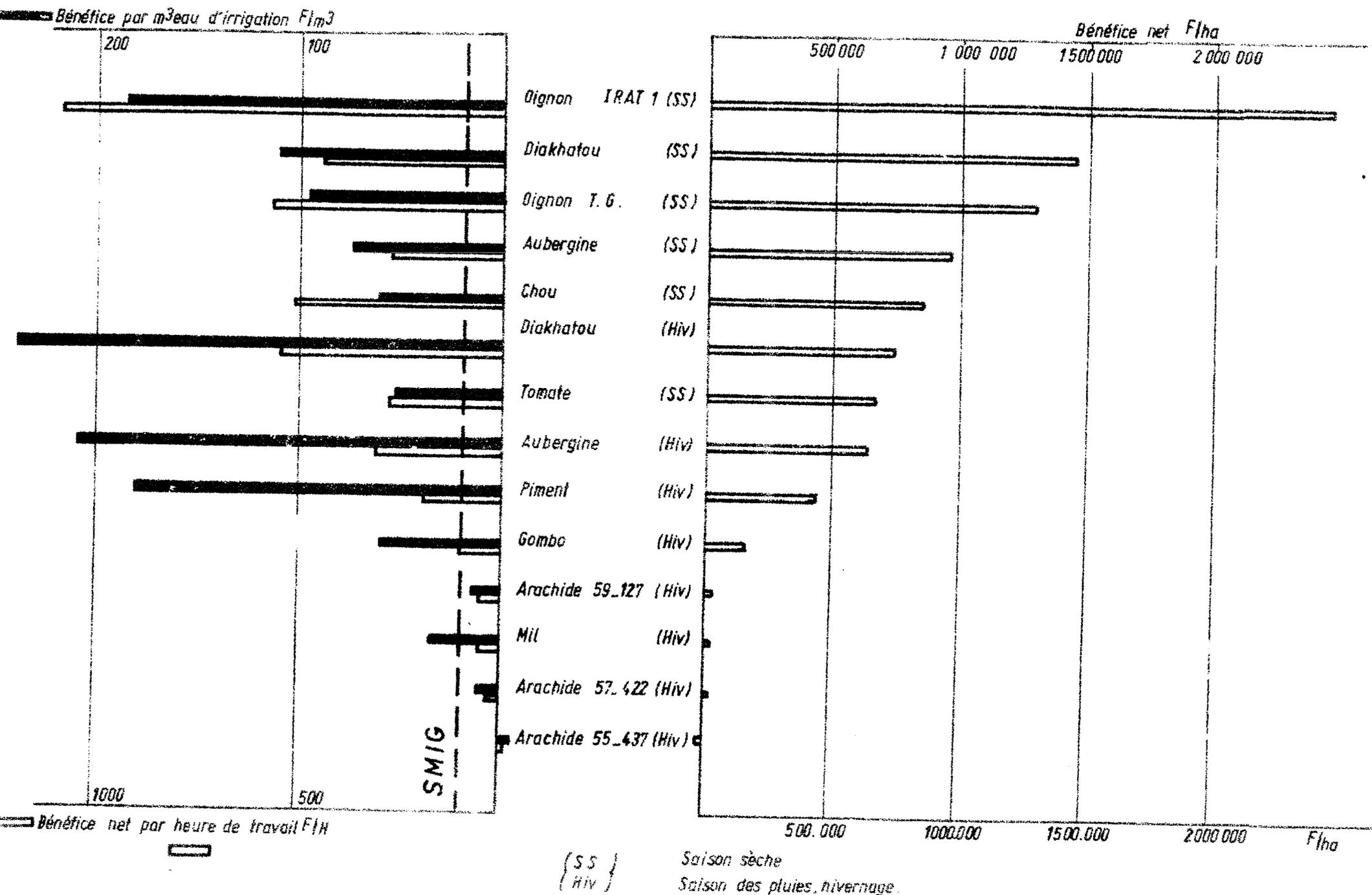
- rentabilité économique de la culture
- valorisation des ressources en eau d'irrigation
- valorisation de la main d'oeuvre

Les résultats obtenus montrent que, dans les conditions de Bambeï

- les légumes de saison sèche sont les plus rentables, suivis des légumes d'hivernage
- l'irrigation d'appoint de l'arachide 90 jours entraîne des pertes financières
- tous les légumes d'hivernage et l'oignon IRAT 1 de saison sèche valorisent bien l'irrigation
- tous les légumes d'hivernage et de saison sèche valorisent bien l'heure de travail et permettent des revenus supérieurs au S.M.I.G.

En se basant sur les 3 critères précités, l'oignon IRAT 1 est certainement la culture la plus intéressante en irrigué.

Fig. 2 : RENTABILITE DES CULTURES IRRIGUEES



V - CONCLUSION

La Ferme Expérimentale des cultures irriguées a permis de mettre au point les techniques de réalisation d'un système de production agricole en irrigué : les choix de rotations, d'espèces et de variétés culturales sont définis et les techniques culturales déterminées, pour assurer des rendements culturaux corrects tant en hivernage qu'en saison sèche.

Elle a également montré que, malgré un équipement coûteux et des dépenses élevées en irrigation, le système de production proposé est viable économiquement et peut permettre des revenus nets par personne active de 493 000 F par an soit nettement supérieurs au salaire minimum interprofessionnel de croissance (S.M.I.C.), ce qui est rare en agriculture.

Au point de vue des spéculations agricoles, la Ferme Expérimentale a montré le grand intérêt de cultiver les légumes en saison sèche en particulier l'oignon IRAT 1 et les légumes locaux (aubergine, diakhatou, gombo, piment) en hivernage.

La Ferme Expérimentale ne constitue qu'un des nombreux systèmes de cultures irriguées qu'on peut concevoir en fonction des conditions écologiques et hydrogéologiques très diverses de la zone Centre-Nord Sénégal. Et, malgré sa rentabilité élevée, ce n'est certainement pas le meilleur système au point de vue social à cause de sa grande consommation en eau. Cependant, les nombreuses données analytiques obtenues (niveau de production de différentes cultures, besoins en eau, temps et calendrier des travaux, rentabilité de chaque culture...) servent de bases aux projeteurs pour modéliser des systèmes de production en fonction des conditions écologiques, socioéconomiques locales et de l'option politique choisie. Par ailleurs, il convient de signaler que l'ISRA envisage de tester le système en milieu paysan pour étudier les problèmes suivants :

- implantation des formes irriguées dans la structure agraire actuelle
- adaptation de l'agriculteur à ce système intensif
- organisation et gestion des coopératives d'achat et de vente des produits
- impact socio économique du système sur le milieu traditionnel.

Tableau n° 1 : COMPTE D'EXPLOITATION

Ferme de 4 hectares exploitée par 4 actifs et cultivée à raison de 3 ha en hivernage et 1 ha en légumes de saison sèche. Verger de 0,5 ha + 2 lignes de brise-vent en limettiers 2 T Pépinière de 0,2 ha

NATURE	MONTANT F	%
<u>RECETTES R</u>		
Hivernage	879.297	28,6
Saison sèche	1.721.470	55,9
Elevage	478.625	15,5
=====		
<u>TOTAL "R"</u>	3.079.392	100,0
<u>DEPENSE D</u>		
Charges fixes	77.002	5,3
Charges variables	711.092	48,9
Irrigation	665.544	45,8
=====		
<u>TOTAL DEPENSES "D"</u>	1.453.638	100,0
<u>REVENUS NETS ANNUELS</u>		
de la ferme	1.625.754	
par actif	406.430	

En incluant les recettes de la vente des fruits, estimées à 346.250 F, les revenus nets annuels de la ferme sont portés à 1.972.004 F et ceux par actif à 493.001 F

Tableau n° 2 : BÉNÉFICES NETS D'UN HECTARE
DE CULTURES IRRIGUÉES

CULTURES IRRIGUÉES	Bénéfices nets/ha		Bénéfices par m ³ eau		Temps des travaux heures/ha	Bénéfice par heure de travail	
	en F CFA/ha	Rang	en F/m ³	Rang		en F/h	Rang
<u>HIVERNAGE</u>							
Mil souna 3	26.074	12	33,69	11	549	47,5	12
Arachide 55-437	-9.031	14	-4,60	14	746	-12,3	14
Arachide 57-422	20.849	13	10,63	13	635	32,8	13
Arachide 59-127	26.659	11	13,59	12	559	47,7	11
Piment TP 20-61	446.680	9	182,69	4	2 362	189,0	9
Aubergine Indienne	641.944	8	212,28	2	2 130	301,4	6
Diakhatou Sonkorong	732.592	6	243,60	1	1 336	548,3	3
Gombo Pop 12	168.416	10	59,81	9	1 691	99,6	10
<u>SAISON SECHE</u>							
Tomate ROSSOL	672.572	7	51,04	10	2 475	271,7	8
Aubergine Indienne	961.028	4	72,43	7	3 535	271,8	7
Diakhatou	1.439.078	2	108,46	5	2 948	488,1	5
Chou Acre d'or	856.528	5	60,14	8	1 683	508,9	4
Dignon IRAT 1	2.490.092	1	183,68	3	2 277	1093,6	1
Dignon Texas Grano	1.295.212	3	95,54	6	2 277	568,8	2

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

- 1 - CNRA BAMBEY "Esquisse d'une unité de production en culture irriguée pour le Centre Nord Sénégal. Projet de Ferme Irriguée au CNRA de Bambey". Janvier 1973.
- 2 - CDH-CAMBERENE "Evaluation du coût du m³ d'eau rendu culture suivant les moyens mis en oeuvre" par S. NAVEZ Décembre 1976.
- 3 - CDH-CAMBERENE "Etude économique des productions de légumes frais au Sénégal" par J. DELVAQUE. Août 1975.
- 4 - C. DANCETTE "Besoins en eau et adaptation du mil à la saison des pluies au Sénégal" Février 1978 - CNRA
A.A.A.S.A. IBADAN-3rd General conference and 10th Anniversary
- 5 - D.G.R.S.T. SENEGAL " Contribution à la détermination des tarifs de l'eau : quelques données de la recherche agronomique"
Juillet 1975. DGRST - DG ISRA.
- 6 - T.M. DUC "Rôle de la Recherche Agronomique dans la lutte contre la sécheresse" Novembre 1974 - CNRA
- 7 - T.M. DUC et H. DU TILLY "Ferme Expérimentale des cultures irriguées premiers résultats" Février 1975 - CNRA
- 8 - T.M. DUC "Exemple de recherche pour le développement des cultures irriguées dans une zone semi-aride du Sénégal" Mars 1976
Colloque CENECA. PARIS "L'eau et les activités agricoles"
- 9 - T.M. DUC "Irrigation de la zone Centre Nord du Sénégal. Résultats de recherches et perspectives" Novembre 1975 Bambey Séminaire FAO/AIEA "Efficiency of water and fertilisers use in semi-arid regions" Technical Report n° 192-AIEA Vienna-AUSTRIA-1976
- 10 - T.M. DUC et J. SENE "Ferme Expérimentale des cultures irriguées. Bilan de cinq années d'expérimentation" Juin 1978
- 11 - T.M. DUC "Irrigation à partir des eaux souterraines. Critères de choix du mode d'irrigation" Décembre 1977. Colloque sur l'agriculture et l'hydraulique en Afrique DAKAR.
- 12 - T.M. DUC "Irrigation d'appoint de l'arachide en zone Centre Nord Sénégal". Mai 1978 CNRA.
- 13 - IRAT - NIGER "Station Expérimentale d'hydraulique Agricole de TARNA - Bilan de sept années d'expérimentation 1963-1970"
Avril 1971 IRAT.
- 14 - MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL-SENEGAL
"Programme préliminaire de mise en valeur d'une zone semi-aride au Sénégal par irrigation à partir de forage" Mars 1973.
Conseil Interministériel du 12 Mars 1973.
- 15 - M.D.R.H.-SENEGAL "Observation sur la tarification de l'eau"
Juillet 1975 - M.D.R.H.
- 16 - Y. NOEL "Etude hydrogéologique des calcaires lutétiens de la région de Bambey" Février 1975 BRGM.
- 17 - SERTA-DAKAR
"Etude des Aménagements hydro-agricoles" Novembre 1969
- 18 - SATEC-BRGM "Utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation dans