

H0000018-18

EVALUATION DU COUT DU M³ D'EAU RENDU CULTURE SUIVANT
LES MOYENS MIS EN OEUVRE

par

S. Bavez
Expert F.A.O. en Horticulture

décembre 1976

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1 - Préambule et remarques.....	1
2 - Estimation des besoins en eau à apporter à la surface cultivée	2
3 - Exemple I : Irrigation d'un jardin traditionnel	4
4 - Exemple II : Irrigation par aspersion d'un jardin de moyenne importance	6
5 - Exemple III : Irrigation d'une exploitation de cinq hectares par aspersion.....	14
6 - Exemple Iv : Irrigation localisée au goutte à goutte sur une exploitation de 10 hectare.....	21

NOTE CONCERNANT L'EVALUATION DU COUT DU METRE CUBE D'EAU RENDU CULTURE
EN RAPPORT AVEC LES MOYENS MIS EN OEUVRE

Préambule :

Cette étude n'a qu'une valeur indicative et comparative d'un cas par rapport à un autre,

Il est évident que le nombre des facteurs à prendre en considération, lors de l'élaboration d'un projet d'irrigation pour une exploitation donnée, sont nombreux et souvent spécifiques au cas précis devant lequel on se trouve*

Nous n'avons donc pas ici la prétention de donner des formules toutes prêtes pour usage multiple.

Pour les différents systèmes et types d'aménagements étudiés, nous avons pensé qu'il était justifié de faire apparaître les temps de main-d'oeuvre intervenant obligatoirement lors de certaines manipulations de matériel, avant, pendant ou après l'irrigation; pour que l'eau soit effectivement rendue à la plante,

Un système sophistiqué, donc coûteux, nécessitera un personnel de surveillance ou d'intervention très réduit, et inversement, un aménagement représentant une faible dépense demandera une main-d'oeuvre importante,

Il serait donc erroné, à notre avis, de ne pas tenir compte du facteur humain dans ce genre de calcul.

Remarques :

- a) La valorisation du matériel pris en exemple pour les différents aménagements, s'entend toutes taxes comprises prix Dakar mai 1976.
- b) Afin d'exclure toute forme de publicité nous n'avons donné, pour le matériel choisi, que des caractéristiques générales.
- c) Toute main-d'oeuvre intervenant dans le coût des aménagements est calculée sur la base de 110 CFA/h. Le SMIG en vigueur au Sénégal est de 113,70 CFA/h. (congé inclus) pour tous les travaux autres qu'agricoles, et est de 98,60 CFA/h. (congé inclus) pour les agricoles.

.../

Estimation des besoins en eau à apporter à la surface cultivée

Pour être à même de déterminer le temps de fonctionnement par an des moteurs utilisés dans nos exemples, il était nécessaire d'évaluer, entre autres, les besoins en eau à apporter à la surface effectivement cultivée.

Pour établir ces besoins nous nous sommes basés sur :

- 1) les conditions climatiques de Cap-Vert et sur les valeurs moyennes maximales de l'évaporation au bac classe A (U.S.W.B.)
- 2) des cultures établies en sol Dior
- 3) des plantes en plein développement et ayant une occupation du sol à 100 %
- 4) un programme de culture établi pour les 12 mois de l'année.

Le tableau ci-dessous donne de façon très schématisée la hauteur d'eau moyenne maximale à apporter journalièrement aux plantes, en tenant compte des 4 mois pluvieux.

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9 M M												
8 " "												
7 " "												
6 " "												
5 " "												
4 " "												
3 " "												
2 " "												
1 " "												
PLUV. MOY./JOUR	0	0	0	0	0	0	3	8	5,5	1,6	0	0
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
IRRI. MOY./JOUR	6	6	6	6	6	6	3	0	0,5	4,4	6	6

Ceci nous donne un besoin global de 1696 mm/an

un besoin maximal mois de 186 mm

un besoin minimal mois de 0 mm (théorique).

.../...

3.

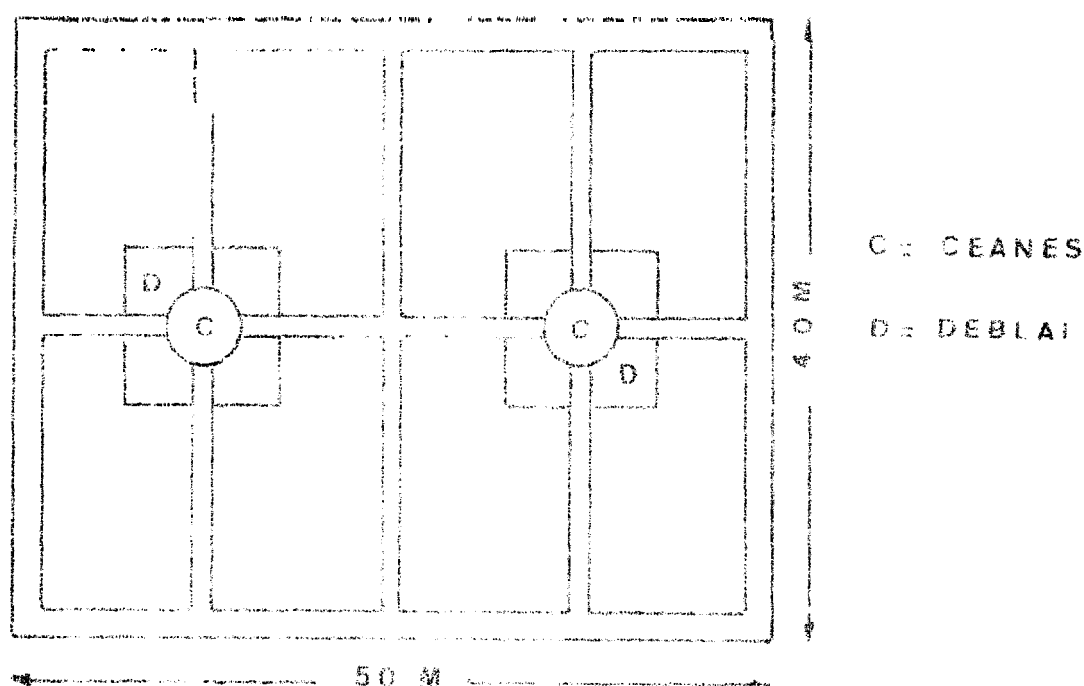
Il est certain que les 186mm maximaux/mois prévus, peuvent dans des cas accidentels (harmattan) être insuffisants à partir de la dose journalière prévue, mais il serait d'autre part, exceptionnel d'avoir la totalité de la surface en culture ou des plantes à un stade végétatif réclamant la dose totale prévue. Pendant la saison des pluies, la dose journalière indiquée représente une moyenne très relative, les irrigations complémentaires se feront en fonction de la fréquence et de l'importance des précipitations.

Ces quantités représentent des données de base, qui peuvent être sujettes à des modifications suivant le système d'irrigation utilisé (voir les différents exemples donnés.)

Exemple IIrrigation en jardin traditionnel : arrosoirs et "céanes" (trous d'eau)

Exemple d'une exploitation moyenne de 2.000 m² aménagée suivant les renseignements recueillis lors de l'enquête : voir document C.B.H.

"Résultats et considérations sur l'enquête "technico-sociale effectuée dans les zones maraîchères de la région du Cap-Vert".



Pour les 2.000 m² de jardin, la surface perdue par la présence des céanes et des déblais et par les principaux chemins destinés à l'irrigation représentent environ 34 % soit 680 m²; reste à arroser : 1320 m² (évaluation très large).

Besoins en eau :

Nous considérons dans ce cas que la totalité de l'eau est apportée à la surface effectivement cultivée soit : 6 mm x 1320 m² = 7920 l/jour

ou : 7920 l x 280 j = arrondi à 2220 m³/an.

.../...

Description du matériel et des aménagements effectués	Coût en Fr. CFA	Durée Amort/an	Charges annuelles	Charges au m ³
1- Céane nombre : deux; profondeur : 3m. Terrassement effectué par tâcherons, ce trou nécessite un entretien permanent (curage et une remise en état après la saison des pluies. Nous estimons la dépense de base amortie sur 2 ans.	8.000	2 ans	4.000	1,80
2- Arrosoirs, nombre : 2 - contenance : 10 l. avec pomme	6.000	2 ans	3.000	1,35
TOTAUX	14.000	-	7.000	3,15
3- La main-d'oeuvre - Le rendement moyen d'un homme est de 1300 l/heure (voir document C.D.H. = "Notes sur quelques problèmes du maraîchage traditionnel au Cap-Vert"). Besoins en main-d'oeuvre/an = 2,220 m ³ : 1,300 m ³ = arrondi à 1.708 h/an. Dépense main-d'oeuvre = 1.708 x 110 CFA =			187.880	84,63
TOTAL DES CHARGES			194.880	87,78

N.B. - Le coût de la main-d'oeuvre calculé sur la base de 110 CFA de l'heure n'est pas représentatif de la réalité.

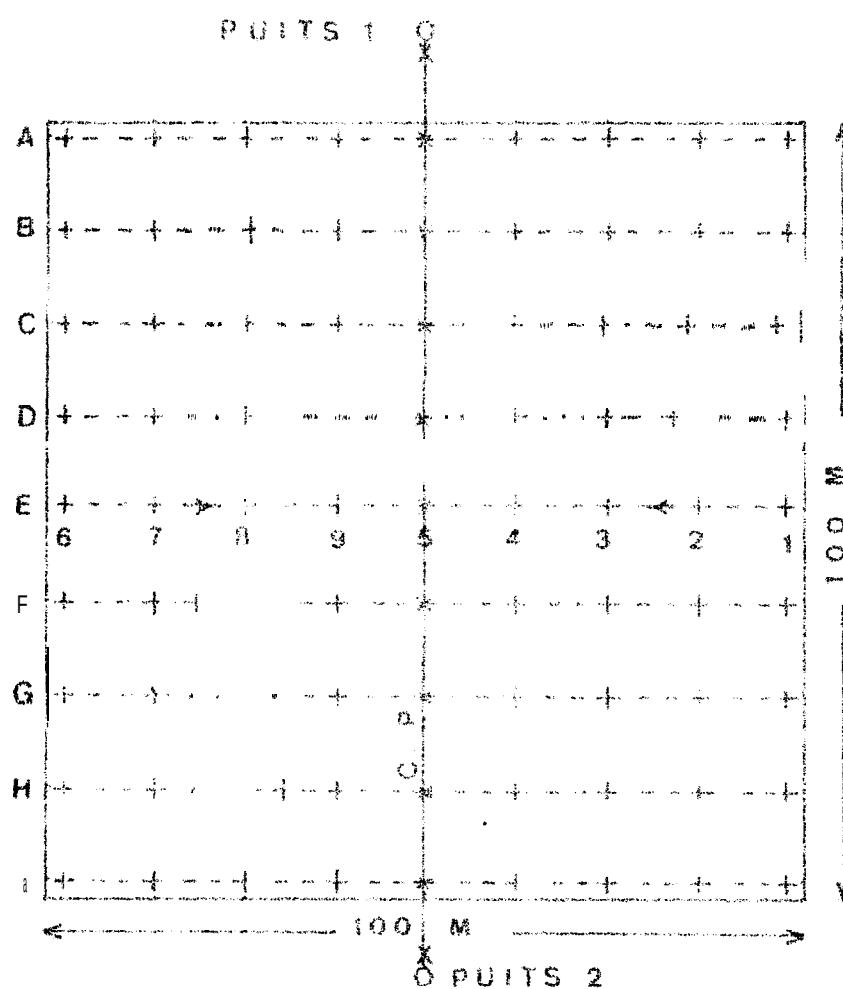
En général la M.O. louant ses services pendant la saison sèche (arachidiers) est payée sur la base de 3.000 à 4.000 CFA par mois, plus des avantages en nature (logement, nourriture) qui sont difficiles à valoriser. Le salaire total perçu, ne doit pas représenter la somme que nous faisons figurer, il est certain que le prix de revient du m³ d'eau à 87,78 CFA ne serait pas supportable par le maraîcher traditionnel.

.../

Exemple II

Irrigation par aspersion d'un jardin de moyenne importance :
puits busés - moto-pompes - asperseurs sur traineaux.

Surface aménagée = 1 hectare.



X : MOTO-POMPE

C.P. CONDUITE PRINCIPALE

1 A 9 POSITIONS ASPERSEURS

CALCUL DES BESOINS GLOBAUX EN EAU POUR DES CULTURES IRRIGUEES PAR ASPERSION ET PLUS SPECIALEMENT POUR NOTRE EXEMPLE D'EXPLOITATION D'UN HECTARE :

Nous avons estimé (voir page 2) que les besoins en eau au niveau des cultures étaient de 6mm/jour, soit 60 m³/hectare.

Lors d'irrigations par aspersion, et pour être à même d'apporter effectivement les 6mm/jour prévus, il faut tenir compte des pertes d'eau inhérentes à ce système d'arrosage.

L'origine de ces pertes sont :

- a) aspersion hors surface culturale ; les asperseurs placés en bordure des parcelles de culture, n'ont une efficacité que d'environ 50 % de leur débit, l'autre moitié se plaçant à l'extérieur de la surface exploitée (voir dessin page 6). Plus la surface totale arrosée par aspersion est petite, plus ces pertes seront proportionnellement élevées, exemple :
 - pour une exploitation d'un hectare (100 m x 100 m) la surface arrosée hors culture sera de 4,400 m² soit 44 % de la surface du jardin, ceci dans les conditions d'utilisation du matériel choisi dans notre exemple ;
 - dans les mêmes conditions et pour une exploitation de 100 hectares, la surface arrosée hors cultures sera de 40.400 m² soit 4,04 %.
- b) pertes d'eau dues au vent : l'importance de l'efficacité d'une irrigation par aspersion est directement proportionnelle à la vitesse du vent, Ces pertes sont extrêmement difficiles à calculer étant donné le nombre de facteurs qui interviennent : vitesse du vent au niveau des cultures - température - grosseur des goutte et pression de l'eau à la sortie de l'asperseur - portée du jet - hauteur du support sur lequel est monté l'arroseur - importance de la surface irriguée - etc...

Nous nous contenterons dans le cadre de ce document d'une estimation très générale de ces pertes estimées entre 15 et 25 % du total apporté, et en prenant dans ces limites une valeur en relation avec la surface de l'exploitation étudiée.

Total des besoins en eau pour 1 hectare pris en exemple

1- Volume destiné aux cultures 6 mm/jour sur 1 ha. $= \underline{60 \text{ m}^3/\text{j.}}$

2- Pertes dues au vent : 25 % du volume total apporté
 60 m^3 : correspond à 75 %, soit : $\frac{60 \text{ m}^3 \times 25}{75} = \underline{20 \text{ m}^3/\text{j.}}$

N.B.- En prenant le coefficient 25 nous nous plaçons dans des conditions extrêmes (vent à 4 m seconde, une température de 30°C, une surface réduite).

3- Pertes par aspersion hors surface culturale (4.400 m²)
 représente, dans le cas de notre exemple, 18 % du total apporté, soit : $\frac{(60 \text{ m}^3 + 20 \text{ m}^3) \times 18}{82} = \underline{17,5 \text{ m}^3/\text{j.}}$

Récapitulatif des besoins en eau par jour : pour notre hectare et pour un apport effectif de 6 mm au niveau des cultures :

1 - destiné à la surface cultivée :	60	m ³
2 - pertes dues au vent	: 20	m ³
3 - aspersion hors surface	: 17,5	m ³
Total	97,5	m ³ /jour ou 9,75 mm/jour

soit un besoin maximal mois de $97,5 \text{ m}^3 \times 31 \text{ j.} = 3,022 \text{ m}^3$
 un besoin maximal an de $97,5 \text{ m}^3 \times 282 \text{ j.} = 27.495 \text{ m}^3$.

Organisation de l'irrigation :

1- Le matériel

Nous disposons de 9 asperseurs, chacun est monté sur un traineau et raccordé à la conduite principale par un tuyau souple de 50 m.

.../

Cette conduite divise l'hectare en deux blocs de 5.000 m^2 , chacun des 9 asperseurs sera déplacé 4 fois au niveau de chacune des parcelles, plus une position centrale à la hauteur de la conduite principale (voir dessin page 6).

Suivant les caractéristiques données par le fabricant, l'asperseur utilisé dans notre exemple à un débit de 1.530 l/heure à 2 kg de pression et une pluviométrie de $10,60 \text{ mm/h}$ pour un dispositif de $12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$.

Pour les 9 asperseurs fonctionnant simultanément, la consommation d'eau sera de $1.530 \text{ l} \times 9 = \underline{13.770 \text{ l/heure}}$.

2- Fréquence et dose :

Si nous prévoyons une cadence d'irrigation tous les 2 jours, il faut apporter effectivement aux cultures 12 mm ou $19,5 \text{ mm}$ pertes comprises. Dans ces conditions et pour des questions de matériel et de main-d'œuvre nous arroserons chaque jour alternativement qu'un $1/2$ hectare,

L'irrigation de ce $1/2 \text{ ha}$ nécessitera : $19,5 \text{ mm} \times 5.000 (\text{m}^2) = \underline{97.500 \text{ l}}$

Temps d'irrigation pour un $1/2 \text{ ha} =$

$$13.770 \text{ l} : 60 = 229,5 \text{ l/minute},$$

$$97.500 \text{ l} : 229,5 = 424,8 \text{ minutes arrondi à } \underline{7 \text{ h } 00}.$$

Chacun des 9 asperseurs restera sur la même position $1 \text{ h } 34$ (arrondi à $1 \text{ h } 30$) à chaque irrigation sauf le long de la conduite centrale (position E) où il ne restera que la moitié du temps soit arrondi : à $0 \text{ h } 45$ étant donné que le complément sera apporté le Lendemain,

.../

Calcul du coût des aménagements et du prix de revient du m³ d'eau rendu culture

Description du matériel et des aménagements prévus pour l'irrigation d'une exploitation d'un ha. et pour une consommation maximale d'eau de 27.500 m ³ /an.	Coût en Fr. CFA T.T.C 1976	Durée Amortisse. en ans	Temps de Foict. en heures/an	Charges annu. des investisse.	Charges au m ³ d'eau rendu cult.
1- Puits - nombre prévu: 2- Profondeur 4 m ϕ 3m. Buses en béton armé en éléments de 1m. Le débit de ce type de puits est variable suivant: l'emplacement, l'importance de la pluviométrie annuelle, le mois dans la saison sèche. Prix 1 puits: 300.000 CFA =	600.000	20 ans	-	30.000	1,10
2- Moto-pompe - nombre prévu: 2- Puissance 5 CV à 2500 t/m - 15 m³ à 30 H.M.T. - Carburant : essence. Ces moto-pompes sont placées à poste fixe près de chacun des puits, mais fonctionnent alternativement (évite une trop grosse fatigue pour ce type de moteurs, supprime des déplacements d'un puits à l'autre, présente des garanties en cas de panne). Pour les 2 M.P. =	320.000	(5.000 h pour les 2 M.P.) 2 ans $\frac{1}{2}$	1964	128.000	4,65

3- Conduite fixe (de puits à puits, voir dessin page 6). a) Tuyaux d'aspiration en galvanisé avec crépine bronze et olapet de retenue dans chaque puits, b) Conduite principale en P.V.C. ϕ int. 55 longueur 110 m, enter-ré branchement sur pompes avec réductions en \$25 et vannes. Total a et b : matériel et main-d'oeuvre + 20 % pour pièces de rechange divers =	150.000	20 ans	-	7.500	0,27
4- <u>Réseau mobile d'arrosage</u> Asperseurs débit 1,5 m³/h à 2 kg nombre 9 montés sur traineaux- Tuyau souple 9 x 50 m plastique armé ϕ 24 int. + 20 % de pièces divers de rechange. =	180.000	3 ans	-	60.000	2,18
TOTAUX =	1.250.000	-		225.500	8,20

N.B. - Le prix des moto-pompes sur la place de Dakar, pour une même puissance, est extrêmement variable. Nous avons pris dans notre exemple une **dépense** minimale. Dans le cas d'un achat prix plafond 8 560.000 CFA (2 M.P.) soit 224.000 CFA de **charge** annuelle et 8,15 CFA de **charge** au m³ d'eau au lieu de 4,65 CFA.

Chargea de fonctionnement :

1- Coût d'entretien de réparation, révision, pièces et main d'oeuvre des deux moto-pompes :

$$\frac{320.000 \times 0,40}{5.000} = 25,60 \text{ CFA/heure} \times 2.000 \text{ h/an}$$

= 51.200 1,86

N.B. Suivant les indications données par les fournisseurs, nous avons calculé ces charges sur 40 % de la valeur du prix d'achat,

2- Consommation huile et carburant :

a) Essence : consommation 1,100 l/h A 78,80 CFA/l

$$\text{T.T.C.} = 86,68 \text{ CFA/h} \times 2.000 \text{ h/an}$$

3 173.360 6,30

b) Huile = (dans les conditions d'utilisation et de climat, vent de sable, nous prévoyons des vidanges plus fréquentes que normales) 40 à 45 vidanges/2000 h.
50 l/an à 345 CFA/l T.T.C.

= 17.250 0,63

Totaux = 241.810 8,79

Main-d'oeuvre

La main-d'oeuvre affectée à l'irrigation devra : déplacer les asperseurs, contrôler le carburant, mise en marche des moto-pompes. La présence d'un homme est obligatoire pendant 8 h. mais nous estimons que dans les conditions d'organisation de l'arrosage tel qu'il est prévu, il peut être affecté à des travaux annexes 50 % de son temps.

Soit 4 h/jour pendant 283 jours/an à 110 Frs CFA/h.

= 124.520 4,53

149.486

Récapitulatif :

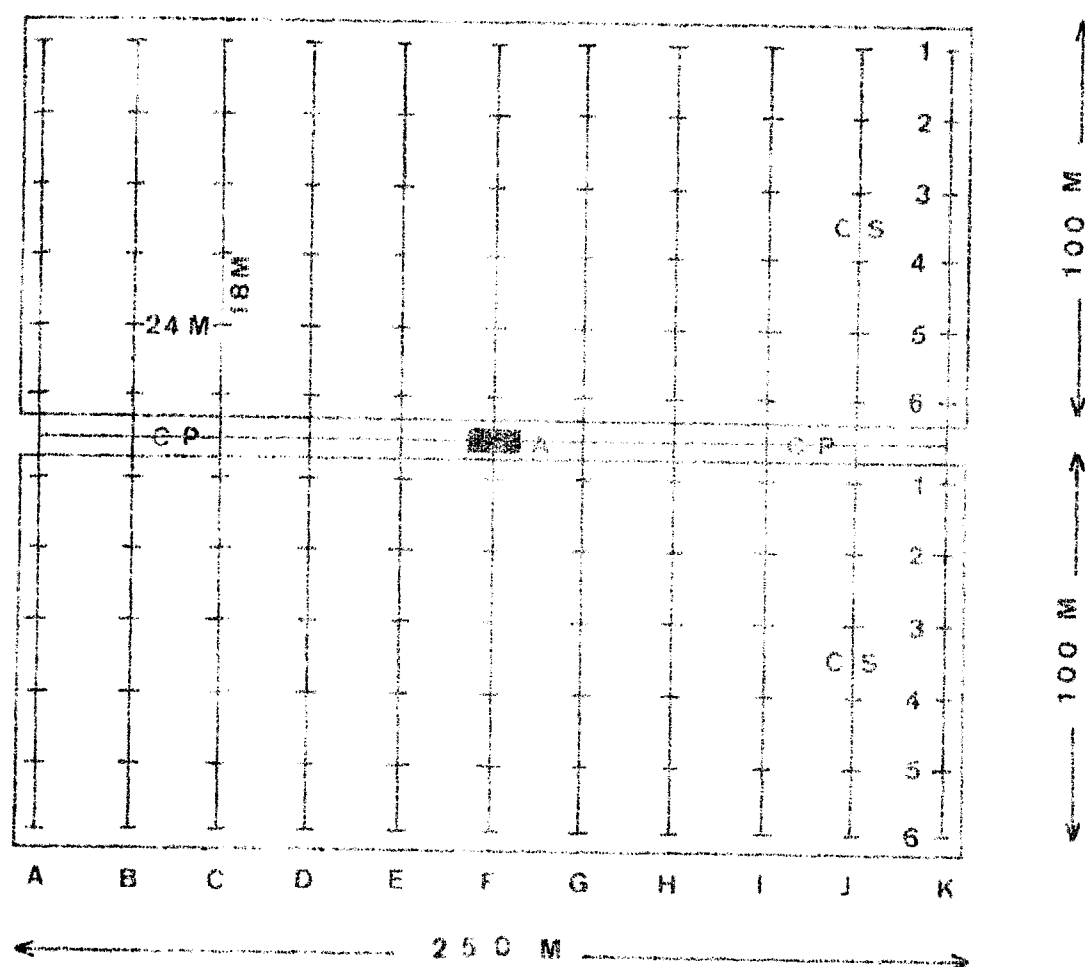
1. Charges annuelles des investissements	= 225.500 CFA = 8,20 CFA/m ³
2. Charges de fonctionnement	= 241,810 CFA = 8,79 CFA/m ³
3. Charge de main-d'oeuvre de surveillance	= 124.520 CFA = 4,53 CFA/m ³
TOTAUX	= <u>591.830 CFA/an</u> = <u>21.52 CFA/m³</u>

N.B. Si nous prenons en considération la remarque concernant le prix d'achat plafond des motos-pompe (page 11) le prix du m³ d'eau sera de 25,02 CFA au lieu de 21,52 CFA,

Exemple III

Irrigation par aspersion d'une exploitation de cinq hectares :
forage - moto-pompe diesel - tuyauteries fixes - asperseurs mobiles.

Surface aménagée = 5 hectares.



- A = abri pour : forage - pompe - moteur et réserves.
 CP = conduite primaire.
 CS = conduites secondaires de A à K.
 1 à 6 = emplacements asperseurs.

.../...

Calcul des besoins globaux en eau :

Voir page 7 considérations générales

1- Volume destiné aux cultures : 6 mm/jour

soit pour les 5 ha, $= 300 \text{ m}^3/\text{jour}$

2- Pertes d'eau dues au vent, coefficient de 20 %

du volume total apporté $= \frac{300 \text{ m}^3 \times 20}{80} = 75 \text{ m}^3/\text{jour}$

N.B. Dans ce cas nous avons pris 20 % du volume total par rapport à l'exemple II où nous avons pris 25 %, cette différence se justifie par une surface culturale plus importante,

3- Pertes d'eau par aspersion hors surface ;

estimation de ces surfaces : (voir dessin page 14)

- en bordure des 5 ha $= 13.400 \text{ m}^2 = 26,8 \%$ de la surface cultivée;- chemin central $= 2.000 \text{ m}^2$ Surface totale $= 15.400 \text{ m}^2$ soit 30,8 % de la surface cultivée.Cette surface reçoit 16,5 % du total apporté $\frac{750 + 16,5}{83,5} = 7,4 \text{ m}^3/\text{jour}$ Soit : un besoin maximal par jour de : $300 \text{ m}^3 + 75 \text{ m}^3 + 7,4 \text{ m}^3 = 449 \text{ m}^3/\text{jour}$ un besoin maximal par mois de $449 \text{ m}^3 \times 31 = 13.919 \text{ m}^3$ un besoin maximal par an de $449 \text{ m}^3 \times 282 \text{ jours} = 126.618 \text{ m}^3$ Organisation de l'irrigation1- Le matériel

L'ensemble des conduites, de la pompe aux asperseurs est fixe, Le réseau comprend une conduite primaire placée dans l'axe de l'exploitation et 22 conduites secondaires pour l'alimentation en eau des asperseurs. Sur chaque conduite secondaire il est prévu 12 prises montées avec un raccord à clapet et soupape à bille,

L'écartement des asperseurs est 18 m x 24 m (voir dessin page 14).

.../

Caractéristiques des asperseurs = $2 \text{ m}^3/\text{heure}$ à 3 kg de pression et une pluviométrie de 4,62 mm/heure pour le dispositif prévu.

Pour l'irrigation des 5 ha, nous disposons de 132 sorties pour le branchement d'asperseurs, l'irrigation est prévue par tranches de 24 asperseurs fonctionnant simultanément soit un débit horaire de 48 m^3 .

2- Fréquence et dose :

Nous prévoyons l'arrosage alternatif de la moitié de l'exploitation soit 2 ha 1/2 tous les jours, à raison de 12 mm soit 300 m^3 ou 449 m^3 avec les pertes calculées.

Durée de fonctionnement de chaque asperseur sur le même emplacement pour apporter la dose prévue : sur 2 ha 1/2 il y a 66 emplacements d'asperseurs qui doivent apporter 449 m^3 , soit 1 asperseur 449 m^3 : $66 = 6,803 \text{ m}^3$.

$$\text{Temps} = \frac{60 (\text{minutes}) \times 6,800 (1, \text{prévu})}{2,000 (1/\text{heure})} = 204 \text{ minutes arrondi à } 3 \text{ h } 25.$$

Nos 24 asperseurs devront fonctionner sur chaque tranche de terrain à arroser 3h 25 pour apporter aux cultures les 12 mm prévus.

Le temps total d'irrigation par jour et pour 2 ha.5 sera de 9h 20 arrondi à 9h 30.

.../

Calcul du coût des aménagements et du prix de revient du m³ d'eau rendu culture

Description du matériel et des aménagements prévus pour l'irrigation d'une exploitation de 5 ha et pour une consommation maximale d'eau de 126.600 m ³ /an.	Coût en Frs CFA TTC 1976	Durée amortisse. en ans	Temps de fonct. en heures/an	Charges ann. des investisse.	Charges au m ³ d'eau en CFA
1- Forage - nombre 1 - Profondeur 50 m - tube en 12 pouces de ϕ - niveau hydrostatique à 20 m. Débit d'exploitation préconisé : 50 m ³ /heure continu =	4.500.000	50	-	90.00	0,71
2- Pompe d'exhaure - nombre 1 - pompe à axe vertical. Débit 50 m ³ /h. - colonne de 30 m (12 éléments). Renvoi d'angle rapport 1/1. Amortissement prévu sur 20.000 h. =	1.450.000	8	2.600	182.00	1,44
3- Moteur - nombre 1 - exhaure et refoulement. 50 m ³ /h. à 2.200 tours/minute à 4 kg de pression - H.M.T. 75 m. Puissance du moteur Diesel 25 CV Embrayage et démarrage électrique. Amortissement prévu sur 10.000 h. =	1.160.000	4	2.600	290.000	2,29
4- Conduite fixe enterrée en P.V.C. a) Primaire = ϕ 90 - Longueur totale 340 m avec départs vers conduites secondaires. Raccords, réductions, vannes sur secondaires, colle, etc. + M.O. montage et tranchée = 340.000 FCFA.					

b) Secondaires = ϕ 50 - Longueur : 22 sections de 100 m + pièces et divers + M.O. pose et montage - (niveau jusqu'au sol). Pour divers et imprévus 20 % = 1.220.000 Total					
	1.560.000	25	-	62.400	0,49
5- Matériel d'irrigation mobile, pièces et appareils divers à amortir sur une période plus courte. a) Raccords à clapet et soupapes à bille à fixer sur conduites secondaires, nombre 132. b) 24 asperseurs mortés sur perche de 0,50 m. c) 1 fertiliseur doseur d'engrais d) 1 compteur d'eau + 20 % pour pièces de rechange divers =					
	1.080.000	6	-	180.000	1,42
6- Construction - 1 abri en dur de 10 m ² pour moteur, stockage carburant, et pièces divers de rechange. =					
	450.000	25	-	18.000	0,14
Totaux	10.200.000	-	-	822.400	6,49

<u>Charges de fonctionnement</u>		
1- Coût d'entretien, de réparation, révision pièces et main-d'oeuvre, du moteur Diesel = $\frac{1.160.000 \text{ (P.A.)} \times 0,65 \text{ (coef. 65 \% P.A.)}}{10.000 \text{ (Nbre h. amortis.)}} = 75,40 \text{ FCFA/h.} \times 2.600 \text{ h/an} =$	196.000	1,55
2- Consommation huile et carburant Gasoil moteur = 190 gr./ch/h pour 25 ch = 4.750 gr (1 l = 880 gr) soit arrondi à 5,5 l/h x 65 CFA/l/T.T.C. = 357,50 FCFA/h x 2.600 h/an =	929.000	7,34
Huile moteur = 1 % du gasoil consommé = 0,055 l/h x 245 FCFA/l/T.T.C. = 13.48 FCFA/h x 2.600 h/an = arrondi à =	35.000	0,28
Huile pompe = 0,01 l/h x 240 FCFA/l/T.T.C. = 2,40 FCFA/h x 2.600 h/an =	6.200	0,05
Totaux	1.166.200	9,22
<u>Charges main-d'oeuvre</u>		
1- Main-d'oeuvre de surveillance moteur et pompe. Nous estimons que la permanence d'une personne n'est pas obligatoire dans ce cas précis et que des travaux secondaires sur le centre de pompage peuvent lui être confiés. Nous comptabiliserons 2.260 h à 150 FCFA/h. =	339.000	2,68
2- Main-d'oeuvre pour la manipulation des asperseurs. Travail extrêmement simplifié ne nécessitant à notre avis pas plus de 2h/jour d'irrigation sur 2 ha $\frac{1}{2}$ - soit pour l'année 282 x 2 h = 564 h/an à 110 FCFA/h. =	62.000	0,49
Totaux	401.000	3,17

Récapitulatif :

1. Charges annuelles des investissements	= 822.400 CFA = 6,49 CFA/m ³
2. Charges de fonctionnement	= 1.166.200 CFA = 9,22 CFA/m ³
3. Charges de main-d'oeuvre	= 401.000 CFA = 3,17 CFA/m ³
TOTAUX	= <u>2.389.600 CFA/an</u> = <u>18,88 CFA/m³</u>

.../

Exemple IV :

Irrigation localisée par goutte à goutte pour une exploitation de 40 ha, à partir d'un forage ayant les mêmes caractéristiques que celui de l'exemple III, d'une moto--pompe diesel. utilisé pour l'exhaure et le refoulement et d'une conduite primaire fixe.

Surface aménagée 10 ha, voir dessin page 22,

Calcul des besoins globaux en eau1 - Volume d'eau destiné aux cultures

Les rampes portent goutteurs sont écartées de 1,50 m et les goutteurs de 0,40 m. Nous disposons de 16.700 goutteurs/ha soit 167.000 goutteurs pour les 10 ha.

La quantité d'eau prévue, débitée par goutteur est de 2 l/jour soit un total par hectare de 33.400 l/jour ce qui correspond à une hauteur d'eau moyenne répartie sur l'ensemble de la surface d 3,34 mm/jour.

Consommation totale d'eau à prévoir pour les 10 ha	= 334 m ³ /jour
soit un besoin maximale mois de 334 x 31	= 10.354 m ³
un besoin maximale an de 334 x 282 jours	= 94.188 m ³ .

2- Organisation de l'irrigation

Chaque hectare est arrosé indépendamment des 9 autres.

Une vanne manuelle placée en tête du réseau secondaire commande l'arrivée de l'eau pour chaque bloc d'un hectare.

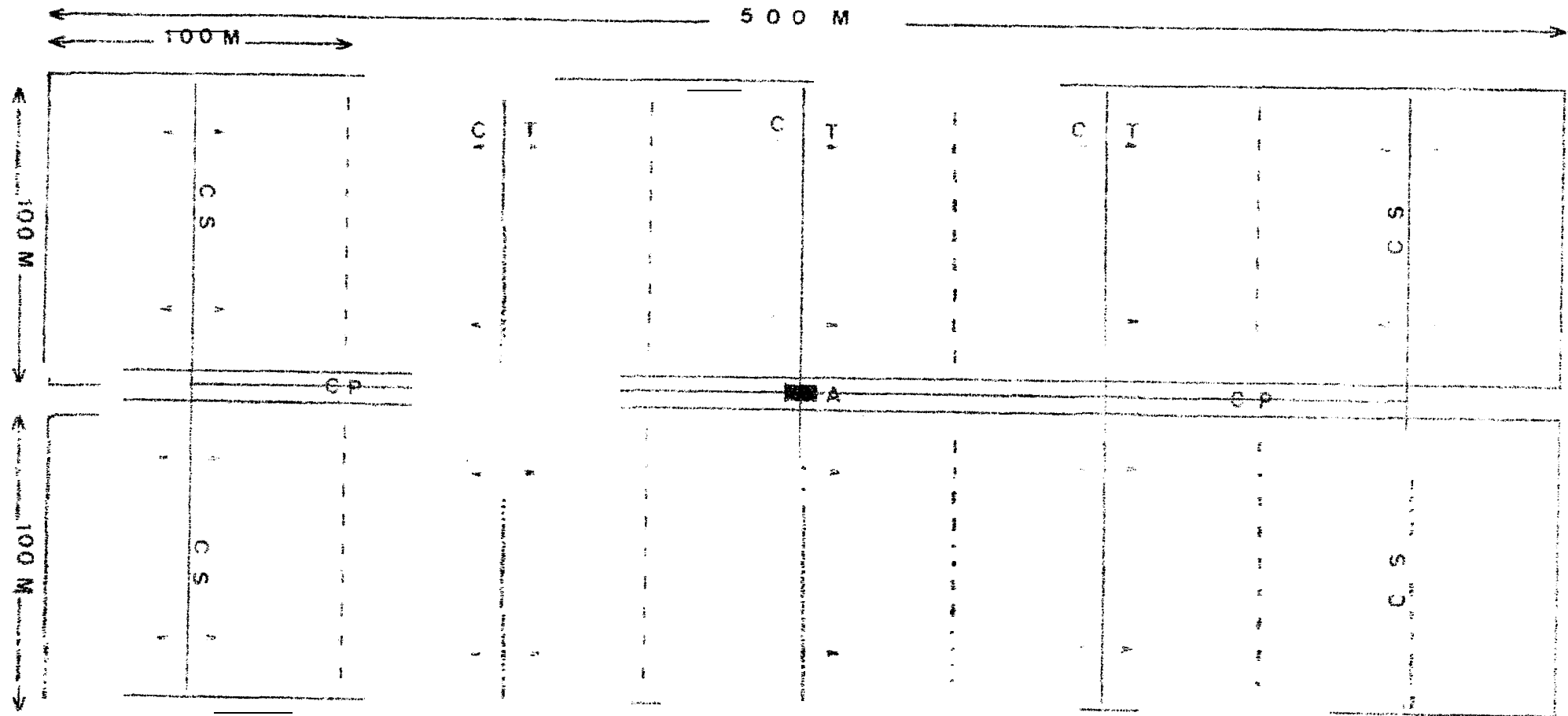
Suivant la quantité d'eau apportée par goutteur et par jour (2 l.) et le type de goutteur mis en place, l'arrosage des cultures sur un bloc nécessitera 1 h de temps, soit pour l'ensemble des 10 ha et par jour 10 heures d'arrosage.

Remarques : Le dispositif du réseau d'irrigation goutte à goutte correspond sensiblement à celui utilisé par la société BUD-Sénégal. La principale différence réside dans l'écartement des goutteurs sur les rampes; nous avons estimé que sur sol "Dior" où nous avons placé nos exploitations prises en exemples, il était nécessaire de disposer d'un plus grand nombre de goutteurs à la surface étant donné la percolation plus rapide de l'eau. C'est également pour cette même raison que nous prévoyons un arrosage journalier*

.../

Goutte à goutte -

S.T. 10 ha. - arrosés en 10 x 1 ha.



- A = abri pour : forage - pompe - moteur et réserves.
- CP = conduite primaire.
- CS = conduites secondaires.
- CT = départs conduites tertiaires espacées de 1m 50 avec goutteurs.

Calcul du coût des aménagements et du prix de revient du m³ d'eau rendu culture

Description du matériel et des aménagements prévus pour l'irrigation d'une exploitation de 10 ha et une consommation d'eau de 94.200 m ³ /an.	Coût en Frs.CFA TTC 1976	Durée Amortisse. en ans	Temps de fonct. en heures/an	Charges annu. des investis.	Charges au m ³ d'eau/CFA
1- Forage - nombre 1 - Profondeur 50m - tubé en 12 pouces de ϕ - niveau hydrostatique à 20 m - Débit d'exploitation préconisé : 50 m ³ /heure en continu =	4.500.000	50		90.000	0,96
2- Pompes d'exhaure -nombre 1 -Pompe à axe vertical - débit 40 m ³ /heure. Colonne de 30 m (12 éléments), Renvoi d'angle 1/1. Amortissement prévu sur 20.000 h. =	1.450.000	7	2.820	207.000	2,20
3- Moteur - nombre 1 - exhaure et refoulement 33m ³ /h à 18000 tours minute à 2kg 500de pression - H.M.T. = 75 m. Puissance utilisée 17 Ch. Amortissement prévu = 10.000 h. =	952.000	3 9	2.820	269.000	2,86
4-Conduite primaire fixe - enterrée - Longueur = 450m. avec retours en bordure champs. P.V.C. ϕ 110, montage par emboitement manchons caoutchouc. Accessoires = croix, T, coudes) réductions 1 10/63 M.O. = tranchée et montage =	450.000	25		18.000	0,19

Matériel divers posé sur conduite principale : vannes, réducteurs de pression compteurs d'eau, vannes anti-vides, manomètres. Ces appareils sont placés en double 1 x sur partie droite et 1 x sur partie gauche de la conduite, plus M.O. de montage =	350.000	5	-	70.000	0,74
5- Conduites secondaire et tertiaire, semi fixe posé sur le sol + accessoires.					
a) Conduite secondaire ϕ 63 en polyvinil semi rigide (couronnes) 10 x 100 m. Accessoires : bouchons, connections (tertiaire/secondaire); adaptateurs pour vannes 2 pouces. M.O. de montage et pose - Prévu 10 % pour pièces de rechange et M.O. = 640.000 CFA,					
b) Matériel placé sur secondaire : - 10 filtres à 2 éléments, 10 vannes, 2 injecteurs d'engrais mobiles pour les 10 ha, pièces pour branchement injecteurs. M.O. de pose et montage. Prévu 20 % pour pièces de rechange et M.O. = 588.000 CFA.					
c) Conduite tertiaire (porte goutteurs) - conduite ϕ 16/20 = 6.670 m/ha x 10 - goutteurs 2 à 4 l/heure, 16.700/ha x 10 - prévu 20 % pour pièces de rechange = 10.215.000 CFA TOTAL	11.443.000	5	-	2.288.600	24,30

6- Construction - 1 abri en dur de 20 m ² pour protection moteur et stockage carburant et pièces divers de rechange =	450.000	25	-	18.000	0,19
TOTAUX	19.595.000	-	-	2.960.000	31,44
<u>Charges de fonctionnement</u>					
1- Coût d'entretien, de réparations, de révisions, pièces et main-d'oeuvre pour le moteur Diesel : $\frac{(P.A.) 952.000 \times 0,65 \text{ (Coef. 65\% P.A.)}}{10.000 \text{ (Nbre h. amortiss.)}} = 61,88 \text{ CFA/h}$ soit une dépense an de : 61,88 CFA x 2.820 h. fonctionnement/an =				174.500	1,85
2- Consommation huile et carburant : Gasoil moteur = 175 gr/ch/h, pour 17 ch = 2.975 gr. (1 l = 880 gr) soit arrondi à 3,400 l/h x 65 CFA/l/TTC = 221 CFA x 2,820 h/an, arrondi à =				623.200	6,62
Huile moteur = 2 % du gasoil consommé = 0,034 l/h x 245 CFA/l/TTC = 8,33 CFA/h x 2.820 h/an = arrondi à =				23.500	0,35
Huile pompe = 0,01 l/h x 240 CFA/l/TTC = 2,40 CFA/h x 2.820 h/an arrondi à =				6.800	0,07
TOTAUX				828.000	8,79
<u>Charges main-d'oeuvre</u>					
1- Main-d'oeuvre de surveillance moteur et pompe, cet ouvrier qualifié assurera en plus les travaux d'entretien divers, le nettoyage périodique des filtres eau d'irrigation, etc.. • Salaire horaire = 150 CFA x 2.820 h. =				423.000	4,49
2- Main-d'oeuvre, contrôle permanent du bon fonctionnement des goutteurs - 110 CFA/h x 2,820 =				310.200	3,29

3- Main-d'oeuvre utilisée pour le montage et le démontage du réseau d'irrigation de surface (tertiaire et secondaire) afin de permettre un labour général. Par manipulation et par ha = 4 hommes/jour, soit par an 8 hommes jour/ha (1 démontage - 1 remontage) ou 64 h/ha soit 640 h pour 10 ha, Coût opération : 110 CFA/h x 640 h		
	=	70,600
	TOTAUX	803.600
		0,75
		8,53

Récapitulatif :

1. Charges annuelles des investissements = 2.960.000 CFA = 31,44 CFA/m³
2. Charges de fonctionnement = 828.000 CFA = 8,79 CFA/m³
3. Charges de main-d'oeuvre = 803,600 CFA = 8,53 CFA/m³

TOTAUX 4.591.600 CFA/an = 48,76 CFA/m³

Tableau comparatif des différents systèmes d'irrigation pris en exemples

Exemples	Total m ³ eau apporté par ha par an, et pour 282 jours d'irrigation. (1)	Moyenne de hauteur d'eau utilisée par jour. (1)	Total des inv investissements répartis à l'Ha.	Budget/an/ha amortissement et dépenses de fonctionnement.	Dépenses en M.O. par ha/an	Coût du m ³ d'eau rendu culture	Coût irrigation ramené au m ² de culture/an
Ex. No 1 Canes + arrosoirs (2.000 m ²)	16.800 m ³ /ha	6,00 mm	106.000 CFA	53.000 CFA	1.423.000 CFA	87,74 CFA	147,60 CFA
Ex. No 2 Puits + moto-pompe (1 ha)	27.495 m ³ /ha	9,75 mm	125.000 CFA	467.000 CFA	124.500 CFA	21,52 CFA	59,15 CFA
Ex. No 3	25.320 m ³ /ha	9,00 mm	2.040.000 CFA (Dépenses en mat.d'irriga- au niveau de 1'Ha=528.000) (2)	398.000 CFA	80.200 CFA	18,88 CFA	47,80 CFA
Ex. No 4 Forage + goutte à goutte (10 ha)	9.420 m ³ /ha	3,34	1.960.000 CFA (Dépenses en mat.d'irriga- au niveau de 1'Ha=1.180.000) (2)	379.000 CFA	80.400 CFA	48,76 CFA	45,93 CFA

- (1) Pour les colonnes 1 et 2 : volume total d'eau apporté et moyenne de hauteur d'eau utilisée par jour ont été calculés pour une surface d'un ha effectivement cultivé.
- (2) Pour les ex. 3 et 4 nous avons fait apparaître deux coût d'investissement à l'ha, le premier comprend l'ensemble des dépenses, le deuxième ne comporte que les aménagements effectués au niveau de la surface cultivée, soit pour ex. 3 = conduites secondaires + asperseurs et pour ex. 4 = conduites secondaires, tertiaires et goutteurs.

NOTE CONCERNING THE EVALUATION OF COST PER CUBIC METER OF WATER DELIVERED TO THE PLANT IN RELATION TO THE METHOD OF APPLICATION,

INTRODUCTION

This study compares various systems of irrigation and is intended to be of indicative value only.

It is evident that the factors to be taken into consideration in the course of elaborating an irrigation project for a given enterprise, are numerous and often specific to the particular case with which one is concerned. Thus we do not pretend here to give ready-made formulae applicable to a variety of situations.

For the different systems and types of layout studied, we considered that it was justified to take particular note of the labour requirements necessary to carry out the various operations before, during and after the irrigation, to ensure that the water is delivered effectively to the plants.

A sophisticated system, and thereby a costly one, will require a relatively small number of personnel for supervision and operation, and inversely, a cheaper system will require a larger work-force to operate it.

In our opinion it would, therefore, be a mistake to disregard the human factor in this type of calculation.

REMARKS

- a) The estimated costs of the materials used as examples for the different layouts are based on the price, tax paid at Dakar, May 1976.
- b) In order to avoid any form of publicity, we have given only the general characteristics of the selected material.
- c) The authorised basic minimum wage in force in Senegal is 98.60 FCFA* per hour for agricultural work, and 113.70 FCFA for work other than agricultural: thus all labour costs for operating the various systems are calculated on the basis of 110 FCFA/hour.

*250 FCFA = 1 US \$ (DEC. 1976)

.../

ESTIMATION OF WATER-REQUIREMENTS ON CULTIVATED SOIL

To be able to determine the total yearly working time of the motors used in our various systems, it was essential to evaluate, amongst other things, the quantity of water necessary to irrigate the area actually cultivated.

To establish these requirements we based our calculations on :

- 1) The climatic conditions of Cap-Vert and on the average maximum value for evaporation, as determined with class A evaporation pan (USWB)
- 2) Crops grown on sandy soil
- 3) Fully-developed plants giving a ground-cover of 100 %
- 4) A cropping-programme established for 12 months in the year.

The table below shows schematically the average maximum daily amount of water (expressed in millimetres) which must be applied to the plants, taking into consideration the four rainy months,

MONTH	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9 M M												
8 M M												
7 M M												
6 M M												
5 M M												
4 M M												
3 M M												
2 M M												
1 M M												
AV. RAIN/DAY	0	0	0	0	0	0	3	8	5.5	1.6	0	0
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
AV. IRRIG/DAY	6	6	6	6	6	6	3	0	0.5	4.4	6	6

This gives us a total requirement of 1696 mm/year

a maximum monthly requirement of 186mm

a minimum (theoretical) monthly requirement of 0.0 mm

.../

It is evident that the proposed 186 mm maximum/month may in extreme cases be insufficient for example on certain days when the harmattan is blowing, the daily requirement may well be in excess of 6 mm. On the other hand, it would be exceptional to find, at any one time either the whole area under crops, or all of the plants at a vegetative stage necessitating the maximum proposed volume of water. During the rainy season, the daily amount indicated represents a very relative value, the supplementary irrigation being made according to the frequency and extent of the rains.

The given quantities represent basic values, which can be modified according to the system of irrigation used (see description of the selected examples).

TABLE COMPARING THE SYSTEMS OF IRRIGATION SELECTED AS EXAMPLES

Examples	Total m ³ water applied per ha per year, and for 282 irriga- tion days(1)	Mean applica- tion of water per day (mm) (1)	Total invest- ment per hectare (FCFA)	Depreciation and running costs per hectare per year. (FCFA)	Labour costs per hectare per year (FCFA)	Cost per m3 of water applied to crop. (FCFA)	Cost of irriga- tion per m ² of crop per year. (FCFA)
Ex.No1 Ceane* + watering- cans(2,000 m ²)	16,800	6.00	106,000	53,000	1,423,000	87.74	147.60
Ex.No2 Well + motor pump (1 hectare)	27,495	9.75	125,000	467,000	124,500	21.52	59.15
Ex.No3 Deep well + sprinkler- irrigation (5 hectares)	25,320	9.00	2,040,000 (2) (outlay on irrigation material only =528,000 FCFA per hectare)	398,000	80,200	18.88	47.80
Ex. No4 Deep well + drip- irrigation (10 hectares)	9,420	3.34	1,960,000 (2) (outlay on irrigation material only =1,180,000FCFA per hectare)	379,000	80,400	48.76	45.93

(1) For columns 1 and 2, the total yearly volume of water applied, and the average daily application of water have been calculated for an area of one hectare of land with 100 % crop-cover.

(2) For examples 3 and 4, we have shown two different investment costs per hectare. The first comprises the whole of the expenses: the second includes only the costs of the irrigation equipment installed on the cultivated area, that is to say for Ex. 3 secondary pipes and sprinklers; and for Ex. 4 secondary and tertiary pipes and drippers.

*Ceane - A shallow crater of variable depth; (1-5 metres), usually with a narrow footpath leading down to the water.