

L'irrigation du palmier à huile et du cocotier. « Expérience » sur 900 ha en République populaire du Bénin (1)

H. CHAILLARD (2), C. DANIEL (3), V. HOUETO (4) et R. OCHS (5)

Résumé. — Malgré une climatologie marginale pour l'élaéculture, les produits du palmier restent la principale richesse du Bénin. Afin d'augmenter encore la production d'huile de palme, sur des surfaces aussi réduites que possible du fait de la densité de population dans le Sud du pays, les techniques d'irrigation localisée ont été utilisées sur une aire de 900 ha, dont 72 ha de cocotiers dans la région de Ouidah. La mise en place, en 1973, d'une plantation irriguée dans cette zone est justifiée par l'existence de sols favorables, de ressources importantes en eau douce (lagunes) et du fait d'une climatologie caractérisée par un déficit hydrique annuel moyen de 800 mm et d'autre part, l'expérimentation, précédemment conduite sur la Station de recherches de Pobé, a montré que l'irrigation localisée, ou « au goutte à goutte », permettait d'obtenir des rendements de 27 tonnes de régimes/ha. Dans le périmètre de Ouidah, les installations comprennent essentiellement : l'étage d'aspiration, l'étage de refoulement, les réseaux primaires et secondaires et l'équipement à la parcelle. Ces installations ont été conçues pour fournir aux palmiers une dose journalière de 5 mm d'eau. Elles nécessitent cependant des manipulations importantes. L'eau est distribuée aux arbres, par l'intermédiaire d'ajutages, dans des rigoles d'infiltration de 6 m. Les observations montrent qu'il est bon de commencer l'irrigation aussitôt que possible en début de saison sèche. La qualité de l'alimentation hydrique des palmiers peut être estimée d'après le degré d'ouverture de leurs stomates. L'irrigation, en supprimant l'effet dépressif de la sécheresse, accroît le potentiel de production et entraîne une augmentation des exportations avec réduction des teneurs foliaires, aussi bien pour les palmiers à huile que pour les cocotiers.

INTRODUCTION

Bien que la République populaire du Bénin ne bénéficie pas d'une climatologie favorable, pluies déficitaires et mal réparties au cours de l'année, le palmier à huile et, dans une moindre mesure, le cocotier ont toujours joué un rôle important dans la vie des populations et dans l'économie nationale :

— la palmeraie naturelle occupe encore plus de 200 000 ha auxquels s'ajoutent 25 000 ha de plantations sélectionnées, créées entre 1965 et 1974 et gérées en système coopératif ; les produits du palmier représentent certaines années jusqu'à 40 p. 100 de la valeur totale des exportations ;

— le cocotier, de moindre importance, occupe de 8 à 10 000 ha, en bordure de littoral et les productions en sont presque entièrement autoconsommées.

Les zones au Sud du pays, les plus favorables à l'élaéculture, sont également les plus peuplées avec des densités dépassant parfois 250 habitants/km², ce qui réduit considérablement les possibilités d'extension de plantations industrielles, coopératives ou d'Etat.

En matière d'agriculture deux orientations gouvernementales préconisaient, l'une d'accroître la production des oléagineux afin de répondre à la demande interne croissante et aux besoins des pays voisins, en particulier le Nigeria importateur d'huile de palme, l'autre d'utiliser au mieux par l'irrigation les réserves naturelles d'eau douce du Sud du pays.

C'est ainsi qu'a pris naissance le projet de plantation irriguée de Ouidah qui répond à certains objectifs :

— utilisation de terres en zone très marginale pour la culture du palmier ;

— accroissement du rendement à l'hectare permettant de produire la même quantité d'huile sur une surface réduite des 3/4 par rapport à une plantation en sec, laissant davantage de terres disponibles pour les cultures vivrières des populations ;

— étude des problèmes posés par l'irrigation « en vraie grandeur » du palmier et du cocotier, pour lesquels on ne disposait que de résultats d'expériences de surface réduite [1] et dont la possibilité avait été envisagée à l'occasion d'une étude de la FAO [2] ;

— obtention d'éléments de calcul économique.

D

I. — DESCRIPTION DU PROJET

1. — La localisation.

La plantation de Ouidah est située à 10 km au nord-est de la ville de Ouidah, à 20 km à vol d'oiseau de l'océan atlantique et à 50 km à l'ouest de Cotonou.

2. — Les conditions naturelles.

a) La climatologie.

Comme l'ensemble du Sud du pays, la zone de Ouidah est caractérisée par deux saisons des pluies, une grande de mars-avril à juin-juillet et une petite de septembre-octobre à novembre, cette dernière pouvant être, certaines années, extrêmement réduite (Tabl. I).

C'est ainsi que pour la période de 10 ans de 1972 à 1981, le déficit hydrique annuel moyen a été de 800 mm avec de

(1) Plantation Ouidah de la Sonicog (Société nationale des Industries des Corps gras). Cotonou (R. P. du Bénin).

(2) I.R.H.O., B. P. 1165, Cotonou (R. P. du Bénin).

(3) Département Agronomie de l'I.R.H.O., IRHO/GERDAT, B. P. 3035, 34032 Montpellier Cedex (France).

(4) Directeur général de la Sonicog, B. P. 312, Porto-Novo (R. P. du Bénin).

(5) Directeur du Département Agronomie de l'I.R.H.O., IRHO/GERDAT, B. P. 3035, 34032 Montpellier Cedex (France).

TABLEAU 1. — **Plantation de Ouidah** — données de pluviométrie et déficits hydriques
(Ouidah plantation — rainfall data and water deficits)

Mois (Months)	Pluviométrie (Rainfall) (mm)			Déficit hydrique (Water deficit) (mm) (3)		
	Moyenne (Mean) 1972-81	1974 (1)	1976 (2)	Moyenne (Mean) 1972-81	1974	1976
Jan.	10	20	0	140	130	150
Fév. (Feb.)	30	0	70	120	150	80
Mars (March)	65	134	33	86	16	117
Avril (April)	115	142	160	40	8	0
Mai (May)	165	230	78	21	0	62
Juin (June)	237	276	344	0	0	0
Juillet (July)	73	185	2	12	0	0
Août (Aug.)	44	3	0	53	0	98
Sept.	95	198	7	59	0	143
Oct.	84	101	18	55	0	132
Nov.	33	18	73	94	80	77
Déc.	13	37	0	128	114	150
Total	964	1 344	785	808	498	1 009

(1) Année pluvieuse (Rainy year).

(2) Année très sèche (Very dry year).

(3) Calcul simplifié avec (Simplified calculation, with) :

• Evapotranspiration potentielle (Potential evapotranspiration) (ETP) :

— 150 mm/mois pour moins de 10 j de pluie (150 mm/month for < 10 days of rain) ;

— 120 mm/mois pour plus de 10 j de pluie (120 mm/month for > 10 days of rain).

• Réserve utile du sol = 200 mm d'équivalent pluviométrique (Useful soil water reserve = 200 mm rainfall equivalent).

très grandes variations entre années : soit 1 000 mm en 1976 et seulement 500 mm en 1974. Il faut noter qu'avec 960 mm de pluviométrie annuelle moyenne, la période 1972-81 a été nettement plus sèche que les deux décennies précédentes (1961-70 et 1951-60) soit, respectivement, 1 490 mm et 1 110 mm ; il faut remonter aux années 1941-50 pour observer la même pluviométrie : 980 mm.

Face à de tels déficits la zone doit être considérée comme trop marginale pour des plantations de palmiers non irrigués, les rendements escomptés ne pouvant pas dépasser 4 t de régimes/ha/an, de plus, des risques importants de mortalité d'arbres pendant les périodes les plus sèches.

Bien que la plantation soit proche de la mer, l'hygrométrie de l'air peut atteindre des valeurs très basses, de 10 à 30 p. 100 en grande saison sèche, particulièrement pendant les périodes d'harmattan, vent sec et chaud soufflant du Nord. Cette caractéristique a son importance car les palmiers, et surtout les cocotiers, ferment leurs stomates et réduisent donc leur activité photosynthétique lorsque l'hygrométrie est trop basse, même s'ils sont correctement alimentés en eau.

Les autres caractéristiques du climat, températures et insolation, sont favorables au palmier et au cocotier.

b) Les conditions de sol.

La plantation est située à l'extrême sud du plateau dit « continental terminal » formé de dépôts sédimentaires et alluvionnaires postéocènes ; il s'agit de sols rouges de texture sablo-argileuse, devenant en profondeur argilo-sableuse à argileuse, 50-60 p. 100 d'argile au-delà de 1,50 m. Malgré une bonne homogénéité d'ensemble, il existe des taches de sol sableux en surface provoquant une plus grande vitesse d'infiltration de l'eau d'irrigation.

Sur le plan chimique, il s'agit de sols ferrallitiques, très

pauvres en matière organique et à faible complexe absorbant.

Les études de caractéristiques hydriques des sols ont fait conclure à une réserve utile de l'ordre de 250 mm (ramenée par prudence à 200 mm pour le calcul des déficits hydriques). Ce résultat est en accord avec des observations conduites en d'autres situations [3].

c) Les ressources en eau.

L'extrémité du plateau du « continental terminal », sur laquelle est située le projet, est entourée d'une lagune d'eau douce d'une superficie d'un millier d'hectares, alimentés par la nappe du plateau et par les ruissellements du bassin versant.

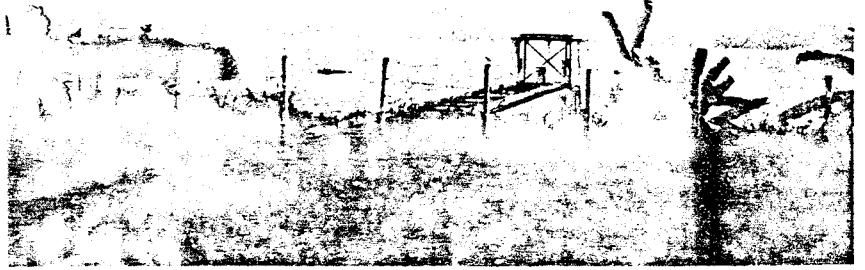
Les études de simulation ont montré que cette réserve d'eau, avec un volume de retenue maximale de l'ordre de 23 millions de m³, soit 18 millions utiles, pourrait être insuffisante en cas de forte sécheresse. Effectivement suivant les deux années consécutives très sèches de 1976 et 1977 (respectivement 785 et 728 mm de pluie) et les années déficitaires de 1978 et 1981 (pluviométrie de 909 et 849 mm), les apports d'eau durent être réduits pour les campagnes d'irrigation de 1978-79 à 1981-82.

Des travaux complémentaires d'aménagement des lagunes sont en cours pour remédier à cette situation.

3. — Les plantations.

En mai 1973, 838 ha de palmiers et 72 ha de cocotiers ont été plantés à la densité de 143 arbres/ha, dispositif à 9 m en triangle équilatéral, avec lignes orientées nord-sud. Les parcelles élémentaires sont constituées de 128 lignes de 32-33 arbres, occupant une surface nette de 29,2 ha et sont

FIG. 2. — Ouidah-Nord, estacade et pompes d'exhaure (North-Ouidah, pier and suction pump).



séparées de pistes nord-sud et est-ouest de 10 ou 12 m de large.

La plantation de palmiers est constituée de croisements *dura* × *pisifera* d'origines Déli × La Mé ou Déli × Yangambi (1). Les cocotiers sont des hybrides Nains de Malaisie × Grand Ouest Africain (2).

Ces plantations ont été réalisées par la Sonicog et, depuis, sont gérées et exploitées par cette même société, y compris les infrastructures d'irrigation.

4. — La technique d'irrigation.

a) Principes généraux.

Plusieurs expériences d'irrigation avaient été précédemment conduites sur palmier ou sur cocotier en utilisant l'aspersion, sprinklers ou rampes perforées, ainsi que l'irrigation localisée. Cette dernière technique, expérimentée sous forme de goutte à goutte sur la Station de Recherches de Pobé permettait des rendements de l'ordre de 27 tonnes de régimes/ha [1].

C'est pourquoi fut adoptée, pour le projet de Ouidah, une technique adaptée de l'irrigation localisée, mise au point et vulgarisée en France par le Gersar (3). Son principe consiste à amener l'eau au niveau des arbres par des rampes de polyéthylène, portant des ajutages débitant dans des rigoles d'infiltration creusées parallèlement aux lignes d'arbres (Fig. 1, 4 et 5).

b) Description sommaire des installations.

Les études et la réalisation des équipements hydrauliques ont été effectuées par le Gersar, la Seti (3) et la Société Alegre (4).

Une première tranche de 400 ha, financée par le FAC (Fonds d'Aide et de Coopération) (5), a été mise en eau en février 1977, la seconde tranche de 500 ha, financée par l'Etat béninois, a été irriguée pour la première fois en janvier 1979.

— La station de pompage (Fig. 2, 3).

L'étage d'aspiration comporte trois pompes immergées dans la lagune, d'un débit total de 620 l/s.

L'étage de refoulement est constitué de cinq pompes de type horizontal d'un débit unitaire de 140 l/s pour une hauteur manométrique de 55 m (Fig. 3).

Les eaux pompées pouvant être relativement chargées de limon et matières organiques, jusqu'à 460 mg/l

(1) Station de Recherches sur le palmier à huile de Pobé (R. P. du Bénin).

(2) Station de Recherches sur le cocotier de Semé-Podji (R. P. du Bénin).

(3) Gersar (Groupement d'Etudes et de Réalisations des Sociétés d'Aménagement régional) et Seti (Société d'Exploitation des Techniques de l'Irrigation), B. P. 4001, 30000 Nîmes (France).

(4) Entreprise d'Electricité industrielle Alegre. Résidence Plein-Soleil, 20298 Bastia (France).

(5) Ministère des Relations extérieures — Ministère de la Coopération et du Développement à Paris (France).



FIG. 3. — Station de pompage, salle des pompes reprise (Pumping station, accelerator pump).

d'extraits secs en période d'étiage, un ensemble bac de décantation-filtres plans (1 500 et 1 000 μ) et filtre rotatif automatique de 750 μ , améliore leur pureté.

La station est alimentée en énergie hydro-électrique fournie par le barrage d'Akassoumbo au Ghana.

— Les réseaux primaire et secondaire.

Les canalisations enterrées sont de diamètres de 600 et 300 mm pour les primaires, qui sont en amiante-ciment et de 250 à 125 mm pour les secondaires, qui sont en PVC-16 bars ainsi que les extrémités des primaires. Leur protection est assurée par deux ballons hydro-pneumatiques, des soupapes anti-béliers ; la purge d'air s'effectue par des ventouses à double effet.

Des filtres de 500 μ ont été mis en place en tête des secondaires.

— L'équipement à la parcelle (Fig. 1).

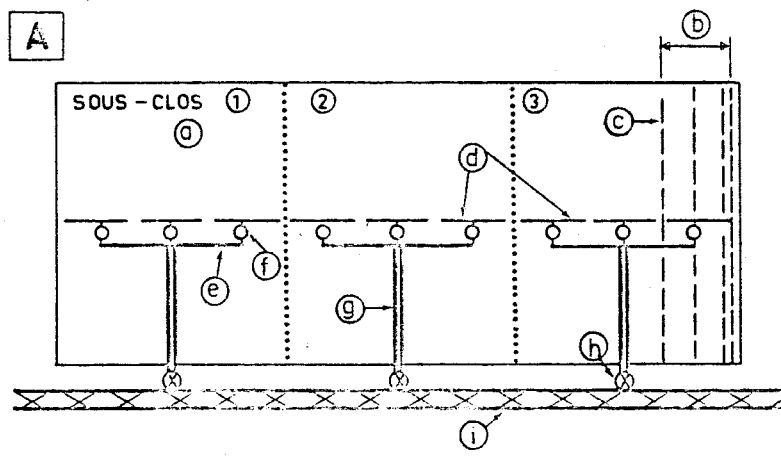
L'équipement à la parcelle se compose d'un réseau tertiaire (PVC), alimentant des herse de distribution (PVC) auxquelles sont reliées les rampes perforées 23/25 en polyéthylène haute densité. Le réglage de la pression de l'eau dans les herse, donc du débit des rampes perforées est fait par des vannes situées au niveau des jonctions tertiaires-herse.

Les rampes perforées sont parallèles aux lignes de palmiers, à 1,20 m de celles-ci dans le sens nord-sud, et débient par l'intermédiaire de deux ajutages par palmier recouverts de brise-jets, dans des rigoles d'infiltration de 6 m de long (Fig. 4 et 5).

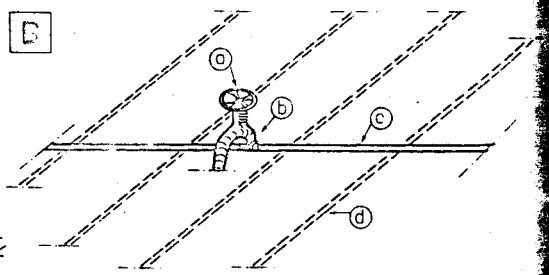
Selon la position des ajutages, altimétrie et emplacement dans le réseau, leur diamètre varie de 1,2 à 2,1 mm et ils fonctionnent sous des pressions s'échelonnant entre 0,4 et 1,2 bar : leurs débits sont ainsi identiques, à 10-15 p. 100 près quelles que soient leurs situations, soit 43 l/h.

FIG. 1. — Schémas de disposition des installations d'irrigation (Diagrams of the layout of irrigation equipment).

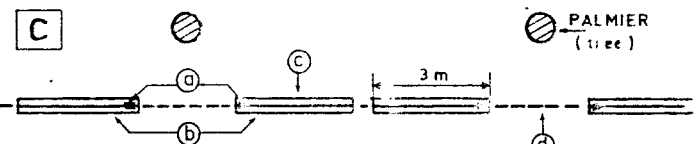
- [A] Transport de l'eau depuis les canalisations primaires jusqu'aux rampes d'irrigation (Water transport from the main lines to the spray lines). Clos d'irrigation de 30 ha, avec 3 sous-clos de 10 ha (30-ha irrigation section with three 10-ha sub-sections).
- (a) Sous-clos (Sub-section) - (b) Unité élémentaire-14 lignes (Single unit-14 rows) - (c) Rampe d'irrigation (Spray line) - (d) Herse de distribution (Distribution pipes) - (e) Conduite tertiaire (Third-degree pipe) - (f) Vanne de réglage (Feed valve) - (g) Conduite secondaire (Lateral) - (h) Vanne de sectionnement (Shut-off valve) - (i) Conduite primaire (Main line).



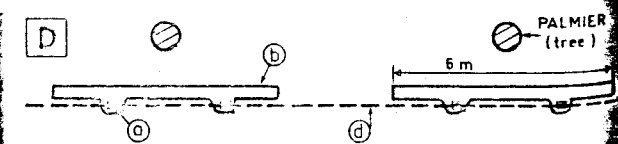
- [B] Détail d'une herse au niveau d'un clos d'irrigation (Details of a distribution pipe in an irrigation section) :
 (a) Vanne de réglage (Feed valve) - (b) Canalisation tertiaire (Third-degree pipe) - (c) Herse (Distribution pipe) - (d) Rampe perforée (Spray line).



- [C] A l'origine (Initially).
 (a) Ajutage (Delivery pipe) - (b) Rigole d'infiltration (Irrigation rill) - (c) Rampe non enterrée (Exposed pipe) - (d) Rampe enterrée (Buried pipe).



- [D] Actuellement (Now).



c) Organisation et fonctionnement de l'irrigation.

— Doses et quantités des apports.

Les installations ont été conçues pour pouvoir fournir une irrigation journalière de 5 mm, en fonctionnant 24 h sur 24.

Les quantités d'eau apportées par an dépendent bien entendu de la sévérité des saisons sèches. Le déclenchement et l'arrêt des arrosages sont basés sur le suivi des données météorologiques. En théorie la démarche est la suivante :

- déclenchement des irrigations, lorsque la réserve en eau du sol est entamée de 50 mm,
- interruption des apports, chaque fois que les pluies permettent une alimentation normale en eau pendant au moins une semaine.

— Fonctionnement du réseau.

Pour débiter les 5 mm journaliers, la station de pompage fonctionne en continu et les 900 ha de plantations sont divisés en six postes d'arrosage de 4 heures chacun (2 pulsations de 2 heures chacune, l'une de jour, l'autre de nuit). Chaque poste comprend 15 clos répartis de façon à équilibrer les pressions de l'ensemble du réseau.

Les changements de postes sont effectués manuellement et les vannes de commande sont regroupées pour limiter au maximum les déplacements des aiguadiers.

II. — PRINCIPAUX PROBLÈMES APPARUS

1. — Les ressources en eau.

a) Réserves disponibles.

Comme les études de simulation l'avaient prévu, la très forte sécheresse des années 1976 et 1977 a réduit les réserves disponibles des lagunes pendant les quatre années suivantes, imposant la réduction à 2,5 mm de la dose journalière.

FIG. 4. — Photo d'un ajutage muni de son brise-jet, débitant en tête de rigole (Photo of a delivery pipe with jet disturber, at the end of a rill).

FIG. 5. — Vue des rigoles rectilignes, 6 m de long./arbre (View of rectilinear irrigation rills, 6 m long/tree).



b) Qualité de l'eau.

La charge en limon fin et matière organique des eaux pompées s'accroissant lorsque le niveau des lagunes baisse dans ces conditions, les différents systèmes de filtration mis en place ont été insuffisants pour éviter des taux élevés d'ajutages bouchés.

2. — Le fonctionnement de la station de pompage et du réseau principal.

La manipulation de débits importants impose, lors des mises en route de la station de pompage, le respect très scrupuleux des consignes des concepteurs afin d'éviter les coups de béliers qui entraînent des ruptures des canalisations primaires.

De même, les clapets anti-béliers et les ventouses de purge d'air, disposés sur le réseau, doivent être vérifiés et entretenus avec soin pour qu'ils remplissent leur office.

Ces remarques, qui paraissent évidentes, sont faites malgré tout car plusieurs ruptures de canalisation primaire ont été provoquées par suite du non-respect des recommandations.

3. Le fonctionnement de l'irrigation au niveau de la parcelle.

a) Les rampes de distribution.

A l'origine, les rampes de distribution étaient disposées au fond des rigoles d'infiltration (Fig. 1 C) et elles ont été soumises à deux types de déprédation, les dégâts de rongeurs et ceux dus aux interventions de l'homme.



Dès 1978, des dégâts considérables furent occasionnés par le rat de Gambie, *Cricetomys gambianus*, qui détruisait les rampes sur plusieurs mètres de longueur. La lutte chimique et la chasse ne s'étant pas avérées suffisantes pour réduire les dégâts de façon significative, il fallut enterrer les rampes et recréer parallèlement de nouvelles rigoles d'infiltration (Fig. 1 D). Il est à noter que les rampes étaient en polyéthylène haute densité ce qui n'empêcha nullement les attaques de rats. C'est un point qu'il convient d'examiner très soigneusement dans tout projet d'irrigation.

L'emploi de machettes et de houes pour l'entretien des interlignes et des ronds est à l'origine de très nombreuses coupures, perturbant la régularité des apports et imposant en permanence des équipes de réparation. Pour réduire ces dégâts il convient d'entretenir par voie chimique les ronds des arbres et les lignes de rampes.

b) Les ajutages.

La charge en matière organique des eaux pompées et la stagnation de cette eau dans les canalisations entre deux tours d'eau provoquent un développement de micro-organismes et d'algues qui se déposent sur les parois internes des rampes puis, se détachant en fragments, viennent obstruer les ajutages. Une équipe de 15 à 20 personnes est constamment nécessaire pour vérifier le fonctionnement des ajutages, remplacer les manquants et maintenir ainsi une proportion d'ajutages défectueux ne dépassant pas 10 p. 100. Cette équipe assure également les réparations de canalisations de distribution.

c) Les rigoles d'infiltration.

Lors de l'installation du réseau d'irrigation, la confection des rigoles fut mécanisée. Mais, pour la suite, leur entretien doit être manuel et il importe de veiller qu'au cours de leurs réfections successives les rigoles gardent leur longueur originelle : 6 m par palmier.

III. — PRINCIPAUX RÉSULTATS OBSERVÉS

Durant les différentes campagnes d'irrigation, des observations ont été faites dans les domaines tels que :

- climatologie,
- effets des différents paramètres d'irrigation sur la répartition de l'eau dans le sol, et le comportement des arbres (systèmes racinaires, niveau d'alimentation en eau, nutrition minérale, production),
- étude de l'évolution des nappes phréatiques et des réserves en eau des lagunes.

Quelques-uns des résultats les plus marquants sont rapportés ci-après.

1. — Correction des déficits hydriques théoriques.

Les premières irrigations ont eu lieu sur les 400 ha de la 1^{re} tranche en février 1977, et ont été étendues à l'ensemble des 900 ha à partir de janvier 1979.

Les deux premières campagnes d'irrigation 1976-77 et 1977-78 ont été réalisées avec des apports de 5 mm journaliers. Par la suite, les réserves insuffisantes de la lagune imposèrent de ramener la dose journalière à 2,5 mm. Un seul poste, soit le 1/6^e de la surface, a continué d'être irrigué à la dose de 5 mm/jour.

Ainsi les arbres de la majeure partie de la plantation ont toujours supporté des déficits hydriques résiduels, très importants certaines années (Tabl. II).

Ce n'est qu'à partir de la campagne 1979-80, que l'irrigation a réduit de façon conséquente les déficits hydriques supportés par les arbres. Par ailleurs, par suite des difficultés et incidents mentionnés précédemment (herbes obstruées, canalisations coupées, ajutages bouchés) les apports ont été souvent irrégulièrement répartis à tous les arbres, réduisant d'autant les productions.

TABLEAU II. — Récapitulation des déficits hydriques théoriques supportés par les arbres, palmiers et cocotiers, depuis leur plantation — Mai 1973

(Summary of theoretical water deficits experienced by the trees — palms and coconuts — since planting in May 1973)

Campagnes (Seasons)	Observations	Sans (without) irrigation	Avec (with) irrigation			
			1 ^{re} tranche (1 st section) (400 ha)		2 ^e tranche (2 nd section) (500 ha)	
			2,5 mm/j (d)	5 mm/j (d)	2,5 mm/j (d)	5 mm/j (d)
1973-74		800	800	800	800	800
1974-75		490	490	490	490	490
1975-76		810	810	810	810	810
1976-77	début (start) irrig./1 ^{re} tranche (/1 st section)	1 030	—	820	1 030	1 030
1977-78	irrig./1 ^{re} tranche seule (1 st section only)	620	—	70	620	620
1978-79	début (start) irrig./2 ^e tranche (/2 nd section)	980	850	740	850	740
1979-80	—	395	140	0	220	80
1980-81	—	380	370	60	440	210
1981-82	—	440	170	0	280	120

— Campagne = période juillet à juin (Season : period July-June).

— De 1973-74 à 1976-77, calcul simplifié de l'ETP selon le nombre de jours de pluies (From 1973-74 - 1976-77 simplified calculation of ETP according to number of days of rain).

— A partir de 1977-78, les mesures d'évapotranspiration au bac Colorado ont été retenues comme valeurs de l'ETP (From 1977-78 onward, evapotranspiration measured in a Colorado pan was used for ETP values).

— La réserve utile du sol est fixée à 200 mm d'équivalent pluviométrique (The useful soil reserve is fixed at 200 mm rainfall equivalent).

2. — Répartition de l'eau dans le sol.

Compte tenu de la localisation, dans les soixante premiers centimètres de sol, de la majorité des racines absorbantes du palmier et du cocotier, il était intéressant d'observer la répartition de l'eau apportée en fonction des différents paramètres de l'irrigation.

Les vitesses d'infiltration sont plus élevées sur sol sec ; c'est ainsi que pour un apport de 2,5 mm en 1 fois 2 heures dans la journée, une rigole se vide en 3 à 6 min sur sol sec, contre 1 à 3 h sur sol mouillé.

Cette observation montre l'intérêt de commencer l'irrigation le plus tôt possible en début de saison sèche, lorsque les réserves sont encore importantes, afin de limiter au maximum la percolation verticale et favoriser la diffusion latérale par capillarité.

Pour une dose journalière de 2,5 mm, on n'a pas mis en évidence de percolation au-delà de 1 m de profondeur, qu'il s'agisse d'apports fractionnés ou non.

Par contre, la dose de 5 mm, apportée en deux fois deux heures, draine au-delà de 1 m de profondeur dans une proportion pouvant atteindre 10-12 p. 100 de l'apport total ; ces résultats ont été obtenus avec une rigole d'infiltration de 4 m de long, et de nouvelles mesures devraient confirmer que cette perte d'eau en profondeur sera réduite, ou supprimée, par l'allongement des rigoles jusqu'à 6, voire 8 m. Cet allongement de la rigole présente l'avantage supplémentaire d'accroître la proportion du système racinaire touché par le bulbe mouillé.

Des mesures d'humidité du sol, par gravimétrie et par tensiométrie, ont donné un volume de sol, à un $pF \leq 2,5$, de l'ordre de 1 à 1,5 m³ par mètre linéaire de rigole d'infiltration (sur une profondeur de 75 cm). Ainsi, pour une plantation de 143 arbres/ha, la proportion de sol exploré par les racines, humidifiée à $pF \leq 2,5$, atteint 11-17 p. 100 pour des rigoles de 6 m/arbre et 15-22 p. 100 pour des rigoles de 8 m.

Ces proportions sont relativement faibles par rapport aux valeurs estimées dans l'essai d'irrigation lente de la station de Pobé, soit 35 p. 100 [1].

3. — Comportement des arbres.

a) Système racinaire et localisation des apports.

La relative plasticité du système racinaire du palmier et du cocotier, leur permet de concentrer leurs racines dans et autour des bulbes mouillés, soit, pour la couche superficielle 0-70 cm, un poids de racines, d'ordres II, III et IV à proximité de la rigole, trois fois supérieur à celui correspondant pour l'interligne sans rigole [4].

Il convient donc de reconsidérer la faible proportion de bulbes mouillés en fonction de cette plus grande concentration des racines fonctionnelles à proximité des bulbes mouillés.

b) L'alimentation en eau des arbres ; activité de l'appareil stomatique.

Chez le palmier à huile et le cocotier, la mesure du degré de fermeture des stomates renseigne sur leur rationnement en eau. Une méthode de mesure simple, basée sur le principe d'infiltration de Mollish, a été mise au point sur palmier et cocotier par Ochs, son application en ayant été à nouveau décrite en 1979 [5].

1) Evolution des ouvertures stomatiques (OS) en cours de journée.

Wormer et Ochs [6] avaient montré que sur des plantules soumises progressivement à la sécheresse, les premières fermetures de stomates apparaissent dans la deuxième moitié de la journée. Cette réaction fut également observée sur les arbres de Ouidah. C'est ainsi que des arbres irrigués à 2,5 mm et à 5 mm/jour présentent, à 11 h du matin, sensiblement les mêmes OS, respectivement 10,8 et 11,3 (1), alors qu'à 15 h les arbres irrigués à 2,5 mm, donc rationnés, ne présentent plus que des OS de 4,2, contre encore 8,3 pour les arbres à 5 mm.

Ainsi, pour être représentatives de l'alimentation en eau d'arbres irrigués journallement, les mesures d'OS doivent être faites en deuxième partie de journée, par exemple à 15 h.

2) Effet de l'hygrométrie de l'air sur les ouvertures stomatiques.

Lorsque l'hygrométrie de l'air descend en dessous d'une certaine valeur, par exemple 30-40 p. 100 en période d'humidité, même les arbres recevant 5 mm journaliers ferment partiellement leurs stomates. C'est une observation dont il y a lieu de tenir compte pour l'interprétation des résultats des mesures d'OS.

3) Effets des doses, de leur fractionnement et des heures d'apport sur les ouvertures stomatiques.

Les arbres « équipés » de rigoles rectilignes de 4 m (Fig. 5) présentent, avec 5 mm/jour, des stomates régulièrement plus ouverts qu'avec la dose de 2,5 mm (exemple Tabl. III).

TABLEAU III. — Ouvertures stomatiques moyennes en fonction des doses d'irrigation et des dates de mise en route de l'irrigation ; période du 2/11/81 au 26/2/82

(Mean stoma opening according to amount of water applied and dates of initiation of irrigation - period from 2/11/81 - 26/2/82)

Doses journalières (Amount applied daily) (mm)	Epoque de déclenchement de l'irrigation (Date of initiation of irrigation)	
	1 ^{re} tranche (1 st section) 29 Oct. 1981 (a)	2 ^e tranche (2 nd section) 25 Nov. 1981 (b)
0	0,5	0,4
2,5 (1 fois 2 h/jour) (once 2 h/day)	5,2	3,0
5 (2 fois 2 h/jour) (twice 2 h/day)	6,6	3,4

(a) Réserve utile = + 45 mm (RU).
(Useful reserve = + 45 mm UR).

(b) RU = - 50 mm.
(UR = - 50 mm).

(1) L'indice 12 correspond à l'ouverture maximale des stomates, et l'indice 0 à leur fermeture complète.

Même avec la dose de 5 mm les stomates se sont fermés partiellement, ce qui s'explique par l'existence de deux périodes d'harmattan (§ 3-b 2) et également par la trop petite taille des rigoles (§ 3-b 4).

Les OS moyennes plus faibles sur la 2^e tranche de plantation peuvent s'expliquer, au moins en partie, par une irrigation commencée plus tardivement dans un sol totalement desséché, d'où la création de bulbes peu étalés, accentuant la percolation en profondeur.

Le fractionnement des apports, par exemple 4 fois 1 h/jour pour apporter 5 mm, devrait en théorie réduire les percolations et donc améliorer le coefficient d'utilisation de l'eau. En fait, on n'observe pas ce résultat, l'avantage théorique du fractionnement devant être annihilé par la réduction de volume du bulbe mouillé (quantité d'eau insuffisante lors d'une pulsation pour remplir totalement la rigole).

Il a également été démontré que le choix de l'heure de l'apport journalier n'était pas indifférent (Tabl. IV).

TABLEAU IV. — Influence de l'heure de l'apport de 5 mm/jour sur les ouvertures stomatiques — rigole de 6 m de long

(Influence of the time of day of application of 5 mm/day on stoma opening — rill : 6 m long)

Périodes (1983)	2 fois 2 h matin et soir (Twice 2 h - a.m. + p.m.)	1 fois 4 h le soir (Once 4 h - p.m.)	1 fois 4 h le matin (Once 4 h - a.m.)
10/1 - 24/1	8,5	6,8	-
27/1 - 21/2	8,1	-	9,1

L'eau apportée en fin de journée est moins bien utilisée par l'arbre, aussi, dans les installations fonctionnant jour et nuit, un fractionnement s'impose afin de ne faire porter la baisse d'efficacité de l'arrosage de nuit que sur la moitié de la dose.

4) Effets de la taille et de la disposition des rigoles d'infiltration.

La disposition des rigoles rectilignes d'un seul côté des lignes d'arbres peut apparaître irrationnelle puisque ne respectant par leur symétrie radiale.

Une comparaison entre les deux systèmes, rigoles droites et rigoles circulaires entourant l'arbre (Fig. 6) effectivement apparaît des OS moyennes supérieures pour la seconde disposition, respectivement 9,7 contre 9,2 à la première.

Il reste à mesurer, dans l'avantage de la rigole circulaire la part revenant à la forme de la rigole et celle provenant de sa longueur.

5) Conclusions générales sur l'alimentation hydrique des arbres.

La dose journalière de 2,5 mm peut être apportée en une seule pulsation journalière, sans risque de percolation. Il a intérêt à accroître au maximum la longueur des rigoles même si toutes ne se remplissent pas complètement (hétérogénéités locales dans les caractéristiques de perméabilité du sol). Ces rigoles doivent être étroites et peu profondes. Les tours d'eau sont organisés de sorte que chaque arbre bénéficie successivement des apports, plus efficaces, au début de journée.

La dose journalière de 5 mm peut entraîner des pertes par percolation profonde, qu'il y a lieu de limiter au maximum, essentiellement :

— en allongeant au maximum les rigoles, de gabarit étroit et peu profond,

— en fractionnant en deux apports journaliers, ce qui permet un remplissage minimal des rigoles (quantité d'eau suffisante à chaque pulsation), et qui réduit sur seulement la moitié de la dose les pertes d'efficacité des apports nocturnes.

Il reste à évaluer l'avantage de rigoles circulaires de 8 m sur des rigoles rectilignes de même longueur.

c) La nutrition minérale de palmiers et cocotiers irrigués

L'effet de l'irrigation sur la nutrition minérale du palmier et du cocotier est double et antagoniste :

— d'une part, l'effet dépressif de la sécheresse sur les teneurs foliaires, en particulier en azote et potassium [7], est atténué, voire supprimé, par l'irrigation ;

— d'autre part, le potentiel de production accru par l'irrigation entraîne une augmentation des exportations, d'où une réduction des teneurs foliaires, en particulier en azote, phosphore, potassium et calcium.



FIG. 6. — Vue partielle d'une rigole circulaire, 8 m de long./arbre (View of part of a circular irrigation rill, 8 m long/tree).

Dans le cas des plantations de palmiers et cocotiers irrigués de Ouidah, une expérimentation de nutrition minérale définit des barèmes de fumure adaptés aux doses d'irrigation c'est-à-dire aux potentiels de production.

Par ailleurs un diagnostic foliaire annuel, réalisé sur l'ensemble des 900 ha, permet d'appliquer ces barèmes en fonction de l'état nutritionnel des différentes parcelles de la plantation.

Un essai sur palmiers et cocotiers a montré l'intérêt d'appliquer l'engrais potassique dans la rigole d'infiltration par rapport à la méthode classique d'épandage sur le rond.

d) Les résultats de production.

Pour l'examen des chiffres qui suivent, il convient de rappeler que l'irrigation n'a entraîné une réduction conséquente du déficit hydrique subi par les arbres qu'à partir de la campagne 1979-80 (Tabl. I).

— Le palmier à huile.

La production du palmier à huile est sous l'étroite dépendance de son alimentation en eau durant la période de sexualisation des inflorescences, c'est-à-dire aux environs de 28 mois avant la maturité des régimes. Pour juger l'irrigation appliquée à Ouidah, il est donc logique de ne prendre en considération que les productions de la campagne 1981-82 (Tabl. V).

Le projet avait été prévu pour un rendement moyen de 18 t de régimes/ha à l'âge adulte ; les résultats obtenus sur la 1^{re} tranche irriguée depuis 1977, mise en eau plus précocement chaque année, un effort important y étant consenti pour maintenir le réseau dans le meilleur état possible (trampes, ajutages et rigoles), montrent qu'il doit être possible d'atteindre, voire de dépasser, ce rendement moyen de 18 t avec une irrigation de 5 mm/jour.

Les résultats plus médiocres obtenus sur la 2^e tranche démontrent, s'il en était besoin, que seule une irrigation conduite en permanence, année après année, permet d'atteindre de bons rendements.

— Le cocotier.

La production du cocotier est sous la dépendance de l'alimentation en eau pour la formation des ébauches de fleurs mâles et femelles, soit environ deux ans avant la maturité des noix, mais également et surtout après l'ouverture des spathe c'est-à-dire pendant les six premiers mois de l'année précédant la récolte.

Dans ces conditions, il est logique de constater, à la différence du palmier, une réponse sensible de l'irrigation sur les rendements dès la campagne 1980-81 (Tabl. VI).

Les productions de 1981-82 correspondent à 3,6 t de coprah en plantation (le coprah moyen des noix hybrides a été chiffré à 230 g après échantillonnage), et sensiblement plus sur les meilleures parcelles de l'expérience de fumure, soit 4,3 t de coprah/ha.

Une irrigation de 5 mm/jour, très bien conduite année après année, devrait permettre d'atteindre des rendements de 5,5 t de coprah/ha.

CONCLUSIONS

C'est volontairement que les aspects économiques de ce projet ne sont pas abordés : 2 à 3 années successives d'irrigation bien conduite sont nécessaires pour disposer d'éléments valables de calcul, tant pour les charges que pour les recettes d'exploitation.

Sur le plan agronomique, l'irrigation localisée appliquée à Ouidah permet une bonne alimentation en eau des palmiers et des cocotiers. Il faut cependant veiller à répartir l'eau de chaque arbre sur la plus grande longueur possible de rigole de façon à accroître le volume des bulbes mouillés et à réduire d'autant la percolation en profondeur, remarque importante dans le cas d'apports journaliers de 5 mm.

On peut obtenir une bonne répartition de l'eau sur des rigoles de 8 m de long, lorsque l'horizon superficiel est sablo-argileux. Dans les parties trop sableuses, la vitesse d'infiltration plus grande limite l'étalement de l'eau dans

TABLEAU V. — Campagne 1981-82 (Season) ; Caractères de production du palmier à huile avec irrigation (Yield characteristics of irrigated oil palms)

Plantations 1973 (Plantings)	Surfaces irriguées et récoltées (Area irrigated and harvested) (ha)	Doses d'irrigation (Amounts of water applied) (mm)	Déficit hydrique résiduel (période de sexualisation) (Residual water deficit - sex- differentiation period)	Production 1981-82 (Yield)		
				Nbre de rég./ha (No. bunches/ha)	Poids moyen (Mean Wt) (t)	Régimes/ha (Bunches/ha) (t)
1 ^{re} tranche (1st section)	356	2,5 et 5 (2)	280 mm	1 777	11,6	20,6
2 ^e tranche (2nd section)	448	2,5 et 5 (3)	360 mm	1 266	11,0	13,9
Expérience d'engrais (Fertilizing experiment)	9	5	140			
Moyenne générale (General average)				1 762 (4)	13,2	23,2 (4)
Meilleur objet (Best treatment) (5)				1 918 (4)	14,7	28,2 (4)

(1) Poids moyen déterminé sur les expériences (Mean weight determined on experiments).

(2) 80 p. 100 de la surface à 2,5 mm/jour et 20 p. 100 à 5 mm (80 p. 100 of area with 2.5 mm/day and 20 p. 100 with 5 mm).

(3) 82 p. 100 de la surface à 2,5 mm/jour et 18 p. 100 à 5 mm (82 p. 100 of area with 2.5 mm/day and 18 p. 100 with 5 mm).

(4) A raison de 135 arbres producteurs/ha (With 135 trees in bearing/ha).

(5) Objet K2 N1 P1, soit par arbre/an (Treatment K2 N1P1, i.e. per tree/year) $\left\{ \begin{array}{l} 2,2 \text{ kg KCl} \\ 1,5 \text{ kg (NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4 \\ 2,0 \text{ kg phosphate bicalcique (bicalcic phosphate).} \end{array} \right.$

TABLEAU VI. — Evolution des productions des cocotiers avec irrigation
(Development of yields of coconuts with irrigation)

Campagne de récolte (Harvest season)	Age des arbres (of trees)	Déficit hydrique (Water deficit) (mm)				Nombre de noix/ha (No. of nuts/ha)	
		Ebauches florales (Floral anlagen)		12 mois avant récolte (12 months before harvest)			
		Expérience (Experiment)	Plant.	Expérience (Experiment)	Plant.	Expérience (Experiment)	Plant.
1979-80	6	70	430 (1)	850	850	6 190	5 775
1980-81	7	850	850	160	270	11 530	9 560
1981-82	8	160	270	370	420	16 340	15 600

(1) Déficit hydrique moyen, les cocotiers de la 2^e tranche n'ayant pas été irrigués (Mean water deficit ; coconuts in the second section were not irrigated).

les rigoles et l'augmentation du nombre de points d'apports y serait probablement favorable.

En tout état de cause, les observations conduites sur l'opération de Ouidah confirment les rendements obtenus sur la Station de recherches de Pobé, soit un minimum de 25 t de régimes/ha/an pour une irrigation comblant régulièrement tout déficit hydrique.

Si la technique d'irrigation localisée permet une bonne alimentation en eau des palmiers et des cocotiers, elle impose cependant un certain nombre de contraintes qu'il n'est pas toujours facile de respecter :

— entretien permanent et soigné de l'ensemble des équipements de façon que l'irrigation puisse être commencée dès qu'il y a début de déficit hydrique ;

— surveillance, entretien et réparations permanents de l'ensemble du réseau de distribution afin que tous les arbres soient normalement et régulièrement alimentés ; ceci comporte en particulier :

- contrôle et réglage des vannes de tête de herse (pression et débit au niveau des ajutages),
- entretien des rampes de distribution, c'est-à-dire réparation des coupures, réenterrage soigné des parties découvertes,

- vérification régulière des ajutages, au moins une fois par semaine, ou mieux une fois tous les cinq jours, c'est-à-dire débouchage, remplacement des manquants,

- entretien minimal des rigoles pour qu'elles jouent leur rôle de stockage de l'eau puis de restitution lente sur la plus grande longueur possible.

Toutes ces tâches doivent être accomplies avec soin tout au long des campagnes d'irrigation. Il faut également rappeler que pour des plantes pérennes, telles que le palmier à huile et le cocotier, chaque campagne d'irrigation doit être réussie si l'on veut obtenir l'efficacité maximale des apports d'eau : en effet, une bonne campagne d'irrigation déclenche une sexualisation femelle qui ne se transforme en bons rendements, 2 ans plus tard, que s'il ne survient pas ultérieurement une mauvaise campagne d'irrigation entraînant des avortements tardifs (et inversement).

Cette opération de Ouidah démontre que dans cette zone où les potentiels de production à l'hectare de palmier et de cocotier en sec seraient respectivement de l'ordre 3 t de régimes et de 1,3 t de coprah, l'irrigation peut les amener en théorie à 25 t de régimes et 5,5 t de coprah.

D'autres conclusions, en particulier en matière de longévité des matériels, de calculs économiques, restent encore à tirer. Elles feront l'objet de notes ultérieures.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] TAFFIN G. de, DANIEL C. (1976). — Premiers résultats d'un essai d'irrigation lente sur palmier à huile (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 31, N° 10, p. 413-421.
- [2] OCHS R., VANDERWEYEN R. (1969). — L'irrigation du palmier à huile au Dahomey. *Rapport F.A.O.*
- [3] OLIVIN J., OCHS R. (1978). — Propriétés hydriques des sols et alimentation en eau des oléagineux pérennes en Afrique de l'Ouest (bilingue fr.-angl.). *Oléagineux*, 33, N° 1, p. 1-12.
- [4] DANIEL C. — Efficacité de l'irrigation sur palmier à huile ; plantation de Ouidah, Bénin (*Rapport non publié*).
- [5] DANIEL C. (1979). — Utilisation du test stomatique pour le contrôle de l'alimentation en eau du palmier à huile (trilingue fr.-angl.-esp.). *Oléagineux*, 34, N° 6, p. 283-287.
- [6] WORMER T. M., OCHS R. (1959). — Humidité du sol, ouverture des stomates et transpiration du palmier à huile et de l'arachide. *Oléagineux*, 14, N° 10, p. 571-580.
- [7] TAFFIN G. de, OCHS R. (1973). — La fumure potassique du palmier à huile au Dahomey. *Oléagineux*, 28, N° 6, p. 269-273.

SUMMARY

Oil palm and coconut irrigation. A 900-ha « Experiment » in the Benin People's Republic.H. CHAILLARD, C. DANIEL, V. HOUETO and R. OCHS.
Oléagineux, 1983, 38, N° 10, p. 519-533.

In spite of the fact that its climate is marginal for oil palm, the products of this crop remain Benin's chief wealth. To increase oil palm production still further, on the smallest possible surfaces because of the dense population in the South of the country, localized irrigation techniques have been used over 900 ha, including 72 ha of coconut, in the Ouidah region. The establishment in this zone in 1973 of an irrigated plantation was justified because it offered suitable soils, large fresh water reserves (lagoons) and a climate characterized by a mean annual water deficit of 800 mm. Furthermore, prior experiments conducted on the Pobe Research Station had shown that with localized or drip irrigation yields of 27 bunches/ha could be obtained. In the Ouidah perimeter the installations mainly consisted of : suction and discharge stages, main and lateral pipelines, equipment on the plot. They were designed to provide the palms with a daily ration of 5 mm of water. However, they do require a large amount of handling. The water is delivered through nozzles into 6 m-irrigation rills and thence to the palms. Observations have shown that irrigation should start as early as possible in the dry season. The quality of the water supply to the palms can be measured by the degree to which their stomata open. By eliminating the depressive effect of drought, irrigation increases yield potential and leads to an increase in exports with a reduction of leaf levels, both for oil palm and for coconut.

RESUMEN

Riego de la palma africana y del cocotero. « Experimento » en 900 ha en la República Popular de Benin.H. CHAILLARD, C. DANIEL, V. HOUETO y R. OCHS.
Oléagineux, 1983, 38, N° 10, p. 519-533.

Los productos de la palma siguen siendo la principal riqueza del Benin, no obstante una climatología marginada para el cultivo de la palma. Para aumentar más aún la producción de aceite de palma en superficies lo más reducidas posible, por la densidad de la población en el Sur del país, las técnicas de riego localizado han sido utilizadas en una área de 900 ha, entre las cuales 72 ha de cocoteros en la comarca de Ouidah. Se estableció una plantación con riego en esta zona en 1973, considerándose los suelos favorables, la importante disponibilidad de agua dulce (lagunas) y la climatología caracterizada por un déficit hídrico anual promedio de 800 mm. Por otra parte, la experimentación que se hizo anteriormente en la estación de investigaciones de Pobe ha mostrado que el riego localizado, o por goteo, permitía conseguir rendimientos de 27 toneladas de racimos/ha. En el perímetro de Ouidah, las instalaciones incluyen principalmente : el nivel de aspiración, el nivel de rechazamiento, las redes primarias y secundarias, y el equipo de la parcela. Estas instalaciones han sido concebidas para proporcionar a las palmas una dosis diaria de 5 mm de agua. Ahora bien, necesitan importantes manipulaciones. El agua es distribuida a los árboles a través de alcachofas en regueras de irrigación de 6 m. Las observaciones muestran que es bueno empezar el riego en cuanto sea posible al principio del período seco. La calidad del suministro de agua a las palmas puede estimarse según el grado de apertura de los estomas. Porque elimina el efecto depresivo de la sequía, el riego incrementa el potencial de producción y trae un aumento de las exportaciones con reducción de los contenidos foliares, tanto en las palmas africanas como en los cocoteros.

Oil palm and coconut irrigation A 900 ha « Experiment » in the Benin People's Republic (1)

H. CHAILLARD (2), C. DANIEL (3), V. HOUETO (4) and R. OCHS (5)

INTRODUCTION

Although the Benin People's Republic does not benefit from a favourable climate, since rainfall is scarce and unevenly distributed throughout the year, the oil palm, and to a lesser extent, the coconut, have always played an important role in local life, and in the national economy :

— Natural palm groves still take up more than 200,000 ha, to which may be added 25,000 ha of selected plantations, created between 1965 and 1974, and administered cooperatively ; in some years, oil palm products may represent up to 40 p. 100 of the total value of exports ;

— the coconut, which is less important, occupies 8-10,000 ha on the coastal fringe, and products derived from it are almost all consumed locally.

The Southern regions of the country, which are the most suitable for oil palm cultivation, are also the most densely populated, sometimes with more than 250 inhabitants/km², which considerably reduces the possibility of extending industrial, cooperative or State plantations.

Regarding agriculture, two government directives stipulated.

1) that oil crop production should be increased to meet growing internal demands and meet the needs of neighbouring countries, in particular Nigeria, which imports palm oil ; 2) that natural fresh water supplies in the South of the country should be used to best advantage for irrigation.

In this way, the Ouidah irrigated plantation project came into existence. This project corresponds to certain aims :

— use of land in marginal regions for oil palm cultivation ;
— increase in yield/ha, allowing the same quantity of oil to be produced over a surface area 3/4 less than that of an unirrigated plantation, leaving more land available for the local population's food crops ;

— study of the problems posed by « life size » irrigation of oil palms and coconuts, for which only results of small-scale experiments were available [1], and which had been envisaged in a study by the FAO [2] ;

— acquisition of economic data.

(1) Ouidah Plantation of the Sonicog (Société nationale des Industries Corps gras - National Company for the Oil and Fat Industries).

(2) I.R.H.O., B. P. 1165, Cotonou (Benin).

(3) I.R.H.O., Agronomy Department, IRHO/GERDAT, B. P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

(4) Director General, Sonicog, B. P. 312, Porto-Novo (Benin).

(5) Director, I.R.H.O. Agronomy Department, IRHO/GERDAT, B. P. 5035, 34032 Montpellier Cedex (France).

I. — DESCRIPTION OF THE PROJECT

1. — The location.

The Ouidah plantation is located 10 km North-East of the town of Ouidah, 20 km as the crow flies from the Atlantic Ocean, and 50 km West of Cotonou.

2. — The natural conditions.

a) Climatology.

Like the South of the country in general, the Ouidah zone is characterized by two rainy seasons, the main one lasting from March-April to June-July, and the short one lasting from September-October to November; in some years, the latter may be very slight (Table I).

Thus, over the 10-year period 1972-1981, the mean annual water deficit was 800 mm, with great variation between years: 1,000 mm in 1976 and only 500 mm in 1974. It should be noted that with 960 mm mean annual rainfall, the 1972-81 period was much drier than the previous two decades, 1961-70 and 1951-60, with 1 490 and 1 110 mm rainfall, respectively; it is necessary to go back to 1941-50 to find rainfall of 980 mm.

In view of such deficits, the area must be considered too marginal for growing unirrigated oil palms, since yields cannot be expected to exceed 4 t bunches/ha/year, with major risks of mortality for trees during the driest periods.

Although the plantation is close to the sea, the relative humidity of the air may reach very low values: 10-30 p. 100 during the main dry season, particularly when the harmattan, a hot, dry wind from the North, is blowing. This is an important feature, since oil palms, and particularly coconuts, close their stomata, thus reducing their photosynthetic activity, when the relative humidity is too low, even though their water supply is adequate.

The other characteristics of the climate — temperature and sunshine — are favourable to oil palm and coconut growing.

b) Soil conditions.

The plantation is situated at the extreme South of the « terminal continental » plateau formed from post-Eocene sedimentary and alluvial deposits: these are red soils, sandy-clay in texture, becoming clayed-sand deeper down; below 1.50 m in depth, there is 50-60 p. 100 clay. Although the whole is fairly homogeneous, there are patches of sandy surface soils, leading to quicker infiltration of irrigation water.

Chemically speaking, soils are lateritic, very poor in organic matter, with a low absorbant complex.

Studies of the hydrous characteristics of the soils have shown a useful water reserve of about 250 mm (reduced for caution's sake to 200 mm for calculating water deficits). This result is in agreement with observations made in other locations [3].

c) Water resources.

The end of the « terminal continental » plateau on which the project is situated is surrounded by a fresh water lagoon, with a surface area of about a thousand hectares, fed by the water table of the plateau and by runoff from the catchment area.

Simulation studies have shown that this water reserve, with a total capacity of about 23 million m³, 18 million of which are useful, could be insufficient in case of very severe drought. Indeed, after the two consecutive very dry years of 1976 and 1977 (785 and 728 mm rainfall, respectively), and the deficit years of 1978 and 1981 (rainfall 909 and 849 mm), the amounts of water applied had to be reduced for the 1978-79 and 1981-82 irrigation seasons.

Additional development work on the lagoons, which will improve the situation, is under way.

3. — The plantations.

In May 1973, 838 ha of oil palms and 72 ha of coconuts were planted, at a density of 143 trees/ha, in a 9-m equilateral triangular layout with rows facing from North to South. Individual plots consist of 128 rows of 32-33 trees, taking up a net surface area of 29.2 ha, and are separated by North-South and East-West tracks, 10 or 12 m wide.

The oil palm plantation consists of Dura × Pisifera crosses, of Deli × La Mé or Deli × Yangambi origin (1). The coconuts are Malayan Dwarf × West African Tall hybrids (2).

These plantations were established by the Sonico, and then have been administered by the same company, including irrigation infrastructure.

4. — Irrigation technique.

a) General principles.

Several irrigation experiments had already been conducted on oil palms or coconuts, using sprinkling (sprinklers or spaced) or localized irrigation. The latter technique, used experimentally as drip irrigation on the Pobé Research Station, gave yields of about 27 tons of bunches/ha [1].

For this reason, a technique adapted from localized irrigation was perfected and distributed in France by the Gersar (3) was used for the Ouidah project. Its principle consists of bringing the water to the trees via polyethylene tubes, with delivery tubes discharging into irrigation rills dug parallel to the rows of trees (Figs. 2, 3).

b) Brief description of equipment.

Hydraulic equipment was designed and constructed by Gersar, the Seti (3) and the Alegre Company (4).

The first 400-ha section, financed by the French Government Aid and Cooperation Fund (FAC) (5), was put into service in February 1977, and the second section of 500 ha, financed by the Benin State, was irrigated for the first time in January 1978.

— The pumping station (Figs. 2, 3).

The suction stage consists of three pumps immersed in a lagoon, with a total delivery of 620 l/s.

The discharge stage consists of five horizontal-type pumps, each a unit delivery of 140 l/s for a manometric head of 55 m (Fig. 3).

The water pumped may be relatively heavily loaded with sand and organic matter — up to 460 mg/l dry matter during periods of low water — and a unit consisting of a decantation tank, two filters (1,500 and 1,000 μ) and an automatic rotary filter (75 μ) improves its purity.

The pumping station receives a hydro-electricity supply from the Akassoumbo dam in Ghana.

— Main and lateral pipelines.

The underground pipes, 600 and 300 mm in diameter for main lines, are made of asbestos cement, and the laterals, 250-125 mm, and the ends of the main lines are made of PVC-16 bars. They are protected by two hydro-pneumatic reservoirs, and anti-water hammer valves; bleeding takes place through dual-action valves.

Five-hundred-micron filters have been placed at the entry to the lateral pipes.

— Equipment on the plot (Fig. 1).

On the plots, the equipment consists of a third-degree network of piping (PVC), supplying distribution pipes (PVC) connected to 23-25 high-density polyethylene spray-lines. Water pressure in the distribution pipes, and consequently the delivery of the spray lines, is controlled by valves situated at the junction between third-degree and distribution pipes.

The spray-lines are parallel to the rows of palms, 1.20 m apart from them in a North-South direction. Water is delivered to the irrigation rills 6 m long, via two delivery tubes per palm, equipped with jet disturbers (Figs. 4, 5).

According to the position of the delivery tubes (altimetry in place in the network), their diameter varies from 1.2-2.1 mm and they work under pressures varying from 0.4-1.2 bars: by this means, their delivery is the same, to within 10-15 p. 100, regardless of their location, i.e. 43 l/h.

(1) Pobé Oil Palm Research Station (Benin).

(2) Seme-Podji Coconut Research Station (Benin).

(3) Gersar (Groupement d'Etudes et de Réalisations des Sociétés d'Aménagement régional - Design and Construction Group of Regional Development Companies) and Seti (Sté d'Exploitation des Techniques d'Irrigation - Company for Exploitation of Irrigation Techniques) B. P. 4001, 30000 Nîmes (France).

(4) Entreprise d'Electricité Industrielle Alegre (Alegre Industrial Electricity Company), Résidence Plein-Soleil, 20298 Bastia (France).

(5) Ministry of External Relations - Ministry of Cooperation and Development, Paris (France).

plantation of 143 trees/ha, the proportion of soil explored by the roots and humidified at $pF < 2.5$ reaches 11-17 p. 100 for rills of 6 m/tree, and 15-22 p. 100 for 8-m rills.

These proportions are relatively low compared to values estimated in the slow irrigation trial at the Pobé station (35 p. 100) [1].

3. — Performance of trees.

a) Root system and location of applications.

The relative plasticity of the root systems of oil palms and coconuts allows them to concentrate their roots in and around the wet bulbs, i.e., for the 0-70 cm surface layer, there is a weight of roots of orders II, III and IV near the rill that is three times greater than that corresponding to the interrow without a rill [4].

The small proportion of wet soil should be reconsidered according to the greater concentration of functional roots close to the wet bulbs.

b) Water supply of the trees ; activity of the stomatal apparatus.

In oil palms and coconuts, measurement of the degree of stoma closure gives information about their water supply. A simple method of measurement based on Mollish's infiltration principle has been perfected for oil palms and coconuts by Ochs, and its application was described again in 1979 [5].

1) Changes in stoma opening (SO) during the day.

Wormer and Ochs [6] showed that on plantations progressively subjected to drought, the first stoma closures occur during the second half of the day. This reaction was also observed in the Ouidah trees. Thus, trees irrigated with 2.5 and 5 mm of water/day show more or less the same SO at 11 a.m. — 10.8 and 11.3, respectively — (1), whereas at 15 h trees irrigated with 2.5 mm, and thus rationed, have a SO of only 4.2, compared with 8.3 for trees receiving 5 mm. Therefore, to be representative of the water supply of trees irrigated daily, SO measurements should be taken during the second half of the day, e.g., at 15 h.

2) Effect of the relative humidity of the air on stoma opening.

When the relative humidity of the air drops below a certain value, for example, 30-40 p. 100 during the harmattan period, even trees receiving 5 mm daily partially close their stoma. This observation should be taken into account when interpreting SO results.

3) Effects of amounts applied, splitting of applications, and time of application on stoma opening.

Trees « equipped » with rectilinear rills 4 m long (Fig. 5), regularly show greater stoma opening with 5 mm/day than with amount of 2.5 mm (e.g., Table III).

Even with the 5 mm dose, the stoma closed partially, and this may be explained by the existence of two harmattan periods (§ 3-b2), and also by the small size of the irrigation rills (§ 3-b4).

The lower mean SO values for the second section of the plantation may be explained, at least partially, by a later start to irrigation, on completely dehydrated soil, resulting in the creation of closely-spaced bulbs, accentuating vertical percolation.

Splitting of applications — for example 5 mm applied in four 1-hour periods per day — should theoretically reduce percolation and thus improve the water use coefficient. In practice, this is not the case, since the theoretical advantage of splitting is cancelled out by the reduction in volume of the wet bulb (water supplied during one irrigation period is insufficient to fill the rill completely).

It has also been demonstrated that the time of day of application is significant (Table IV).

Water applied at the end of the day is less well « used » by the tree, and with systems working day and night splitting is essential so that the drop in effectiveness of the night-time watering only applies to half the amount applied.

4) Effects of the size and positioning of irrigation rills.

Positioning of rectilinear irrigation rills on only one side of the rows of trees may seem illogical, since their radial symmetry is not respected.

A comparison of two systems — rectilinear rills, and circular rills surrounding the tree (Fig. 6) — actually shows greater mean SOs for the second layout : 9.7 compared with 9.2 for the first.

When studying the advantages of the circular rill, the role of its shape and also of its length must be taken into account.

5) General conclusions on the water supply of the trees.

A daily application of 2.5 mm may be given in a single session without risk of percolation. Rills should be made as long as possible, even if they are not all completely filled (local heterogeneity in soil permeability). These rills should be narrow and shallow. Irrigation periods are organized so that each section in turn benefits from the more effective applications early in the day.

A daily application of 5 mm may result in loss through percolation, which should be limited as far as possible by :

- making the rills as long, narrow and shallow as possible
- splitting the dose into two daily applications, allowing minimum filling of the rills (sufficient amount of water applied during each period), and reducing losses of efficiency due to night irrigation to only half the amount applied.

The advantage of 8-m circular rills over rectilinear rills remains to be evaluated.

c) Mineral nutrition of irrigated oil palms and coconuts.

The effects of irrigation on mineral nutrition of oil palms and coconuts are dual and contradictory :

- on the one hand, the depressive effect of drought on leaf contents, particularly nitrogen and potassium [7], is attenuated or even eliminated, by irrigation ;
- on the other, the yield potential increased by irrigation leads to an increase in mineral exports, resulting in a decrease in leaf contents — particularly nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium.

For the irrigated oil palm and coconut plantations at Ouidah, a mineral nutrition experiment has established manuring schedules adapted to the amounts of water applied, i.e., to the yield potentials.

A yearly leaf analysis performed on the 900 ha as a whole allows these schedules to be applied according to the nutritional condition of the different plots in the plantation.

A trial conducted on oil palms and coconuts has shown the advantage of applying potassium fertilizer in the irrigation rill rather than using the classic method of spreading in the circle.

d) Yield results.

When examining the figures given below, it must be remembered that irrigation did not lead to a substantial decrease in the water deficit experienced by the trees until the 1979-80 season (Table I).

— Oil palms.

The yield of the oil palm is strictly governed by its water supply during the sex-differentiation period of the inflorescences ; i.e., about 28 months before bunches reach maturity. In order to judge the effect of irrigation at Ouidah, it is logical to take into account only the yields obtained in the 1981-82 season (Table V).

The project was designed to produce a mean yield of 18 t bunches/ha at maturity ; results obtained in the first section, irrigated since 1977, with an earlier start to watering each year, particular care being taken to maintain the pipelines in the best possible condition (spray lines and delivery pipes, rills), show that it will be possible to reach, or even exceed, this mean yield of 18 t, using irrigation of 5 mm daily.

The poorer results obtained in the second section show (if it is really necessary to show this) that only well-conducted permanent irrigation, year after year, leads to good yield results.

— Coconuts.

The yield of the coconut depends on water supply for the formation of the anthers of male and female flowers, about two years before the nuts are ripe, but also, most importantly, after the opening of the spathe, i.e., during the first six months of the year preceding the harvest.

Under these conditions, it is logical to observe (in contrast to the oil palm) a considerable response to irrigation in yields of the 1980-81 season (Table VI).

1981-82 yields correspond to 3.6 t of copra/ha in the plantation (the mean copra content of hybrid nuts was calculated at 230 g

(1) Index 12 corresponds to maximal stoma opening and index 0 to complete closure.

after sampling), and considerably more on the best plots of the manuring experiment, i.e., 4.3 t copra/ha.

Well-conducted irrigation, with application of 5 mm/day, year after year, should result in yields of 5.5 t copra/ha.

CONCLUSION

The economic aspects of this project have been purposely laid aside: two-to-three successive years of well-conducted irrigation are necessary to provide valid data, both for expenses and for returns derived from exploitation.

With regard to agronomy, the localized irrigation applied at Ouidah provides a good water supply for oil palms and coconuts. However, care must be taken to spread out the water applied to each tree over the longest possible rill in order to increase the volume of the wet bulbs and thus reduce vertical percolation; this is particularly important in the case of 5-mm daily applications.

A satisfactory distribution of water may be obtained in rills 8 m long when the surface horizon is sandy-clay. In the parts that are too sandy, the higher infiltration speed limits the spreading of water in the rills, and an increase in the number of distribution points would probably be an advantage.

In any case, observations of the Ouidah project confirm yields obtained on the Pobé research station, i.e., a minimum of 25 t bunches/ha/year for irrigation regularly correcting any water deficit.

Although the localized irrigation technique provides a good water supply for oil palms and coconuts, it involves a certain number of obligations, which are not always easy to fulfil;

— permanent, careful maintenance of all equipment, so that irrigation may commence as soon as water deficit threatens;

— supervision, maintenance and permanent repair of the pipelines so that all trees receive a normal, regular water supply; this involves, in particular:

- supervision and adjustment of valves at the end of the distribution pipes (pressure and output of delivery pipes);
- maintenance of spray lines; i. e., repair of cuts, careful burying of exposed parts;
- regular checking of delivery pipes, at least once a week, or, better still, once every five days; unblocking, replacement of missing pipes;
- minimum upkeep of rills, so that they can carry out their function of water storage with slow restitution over the greatest possible length.

All these tasks should be performed carefully, throughout irrigation seasons. It should also be remembered that for perennial plants, such as the oil palm and coconut, each irrigation season must be successful so that the maximum effectiveness of water application may be achieved: in fact, a good irrigation season will set off a sex-differentiation of female flowers, but these will only become good yields two years later provided this season is not followed by a poor irrigation season that would result in late abortions (and vice versa).

The Ouidah project shows that, in this zone where yield potentials per hectare for oil palms and coconuts would normally be 3 t of bunches and 1.3 t of copra, respectively, irrigation may theoretically increase these to 25 t of bunches and 5.5 t of copra.

Other conclusions, particularly regarding the durability of materials used, still remain to be drawn, and will be the subject of subsequent reports.

Stages, Formation

Stages de formation de l'École supérieure de Chimie de Marseille — 1984 —

Cycles d'actualisation des connaissances

- 1) Application des métaux de transition en synthèse organique et en catalyse homogène :
date : 12-15 mars
- 2) L'informatique appliquée au service de la chimie dans les laboratoires et ateliers de production :
dates : cycle A : Initiation basic : 17-20 avril
cycle B : Statistiques : 9-11 mai
cycle C : Méthodes numériques : 23-25 mai
- 3) Chromatographie en phase liquide — Application aux molécules d'intérêt biologique :
date : 21-23 mars
- 4) Les fluides non newtoniens : rhéologie appliquée :
date : 25-27 avril
- 5) Utilisation des micro-organismes et enzymes en synthèse organique — Applications industrielles :
date : 28-30 mai

Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser à l'École Supérieure de Chimie de Marseille. Centre de Saint-Jérôme, rue Henri-Poincaré, 13397 Marseille Cedex 4 (France).

POUR TOUS VOS PROBLÈMES
DE SACS AGRICOLES EN MATIÈRE PLASTIQUE
POUR

SEMENCES BOUTURES - ENSACHAGES
FILMS DE PAILLAGE

Adressez-vous à

ALLIBERT 01 B.P. 1610 à ABIDJAN 01
R. C I

PREMIER SPÉCIALISTE en AFRIQUE dans l'extrusion de la gaine et de la fabrication des sachets agricoles.

FURNISSEUR DES PLANTATIONS : de palmiers à huile - café - cacao - ananas - horticulture...

DEVIS SUR DEMANDE EN 48 HEURES

ALLIBERT

ABIDJAN B.P. N° 1610