

Comportement des cocotiers hybrides Nain X Grand en climat sec et sous irrigation d'appoint

C. DANIEL⁽¹⁾, I. ADJE⁽²⁾ et F. VIHOUNDJE⁽³⁾

Résumé. — Soixante dix hectares de cocotiers hybrides Nain x Grand Ouest Africain (GOA) ont été plantés en 1973 au sud du Bénin sous une climatologie caractérisée par un déficit hydrique annuel moyen de 775 mm d'équivalent pluviométrique ; par une irrigation d'appoint, ce déficit a été ramené à 350-410 mm (selon les lots de plantation). Les rendements moyens entre 8 et 16 ans ont été de 4,1-4,3 t. de coprah/ha sur l'ensemble d'un essai de fertilisation, et de 4,7-4,9 t. pour les objets recevant engrais azoté, phosphoré et potassique. Sur la plantation industrielle, le rendement moyen n'a atteint, pour la même période, que 3,4-3,6 t. (moins bon suivi de la récolte, fumures et irrigations moins régulières et moins abondantes). L'essai a mis en évidence un niveau critique physiologique en K de 0,700 %, plus bas que ceux habituellement observés sur ce type de matériel végétal, ce qui nécessitera une recherche d'explication. Cette plantation aura montré l'intérêt des hybrides Nain x Grand sous climat très sec, même s'ils ne sont qu'insuffisamment irrigués. Il y a là, probablement, une voie intéressante de vulgarisation auprès des petits planteurs.

Mots-clés : *Cocos nucifera*, hybrides, stress hydrique, irrigation, nutrition K.

INTRODUCTION

Le cocotier est, dans le monde, fréquemment exploité sous climatologie caractérisée par l'existence d'une ou deux saisons sèches entraînant une alimentation en eau déficitaire. Outre les réductions de rendements que cela provoque, la sécheresse peut être suffisamment intense pour faire apparaître des dégâts sur l'appareil végétatif aérien, cassure et dessèchement prématuré des feuilles basses, accentuant encore les pertes de rendements par suite du temps nécessaire à la reconstitution de couronnes foliaires normales.

Les premières observations faites en moyenne Côte-d'Ivoire (Pomier et al, 1982) montrèrent la bonne résistance vis-à-vis de la sécheresse de l'hybride PB 121 NJM x GOA en opposition à la sensibilité du parent GOA. D'autres hybrides Nain x Grand ou Grand x Grand présentèrent des comportements moins tranchés. Par ailleurs, les hybrides Nain x Grand, et en particulier PB 121, se sont montrés en diverses situations plus productifs que d'autres variétés (de Nucé de Lamothe *et al.* 1986 ; Dootson *et al.* 1988).

Il a paru intéressant de rapporter ici quelques résultats obtenus sur des hybrides Nain x Grand plantés en situation très sèche, plantation industrielle coopérative de Ouidah dans le Sud Bénin, mais bénéficiant d'une irrigation d'appoint compensant partiellement le déficit hydrique supporté par les arbres.

MATERIELS ET METHODES

La plantation de Ouidah située à 20 km de l'océan et à 50 km à l'ouest de Cotonou (Chaillard *et al.* 1983), comprend 830 ha de palmiers à huile et 70 ha de cocotiers. Les cocotiers sont des hybrides Nain x Grand, NJM x GOA, NVE x GOA, NRC x GOA plantés en 1973, à la densité de 143 arbres par hectare (9 m en triangle), les semences ayant été produites par la station de Sèmè-Podji (Bénin).

Comme pour l'ensemble du Sud Bénin, la climatologie de la zone de Ouidah est essentiellement caractérisée par deux saisons des pluies séparées par deux saisons sèches dont la plus importante va de novembre à mars, l'autre à lieu en juillet-août (Fig. 1), avec de fortes variations des totaux annuels d'une année sur l'autre (Fig. 2). Cette répartition des pluies correspond à un déficit hydrique annuel moyen⁽⁴⁾ de 775 mm d'équivalent pluviométrique (période 1972-1989).

La plantation est située sur une extrémité sud du plateau dit "Continental Terminal" formé de dépôts sédimentaires et alluvionnaires postéocènes. Cette formation, appelée également "terre de barre" est constituée de sols ferrallitiques de texture sablo-argileuse, devenant argilo-sableuse puis argileuse en profondeur (50 à 60 % d'argile au delà de 1,50 m de profondeur). Ces sols sont pauvres en matière organique et à faible complexe absorbant partiellement désaturé (Tabl. I).

L'étude des caractéristiques hydriques de ces sols a fait conclure à une réserve d'eau utile de l'ordre de 200 mm d'équivalent pluviométrique (sur une profondeur de sol théoriquement exploité de 3 m). Ce résultat était en accord avec des observations conduites en d'autres situations (Olivin *et al.* 1978).

L'irrigation a été appliquée selon une méthode mise au point par la CNABRL (France) et découlant du principe de

(1) CIRAD/IRHO, Division Agronomie

(2) Station de Recherches sur le palmier à huile, Pobé (Bénin)

(3) Station de Recherches de Sèmè-Podji (Bénin)

(4) Déficit hydrique calculé selon la méthode simplifiée IRHO avec — ETP mensuelles selon le nombre de jours de pluies (150 mm pour moins de 10 jours et 120 pour 10 jours ou plus)

— Réserve utile du sol = 200 mm

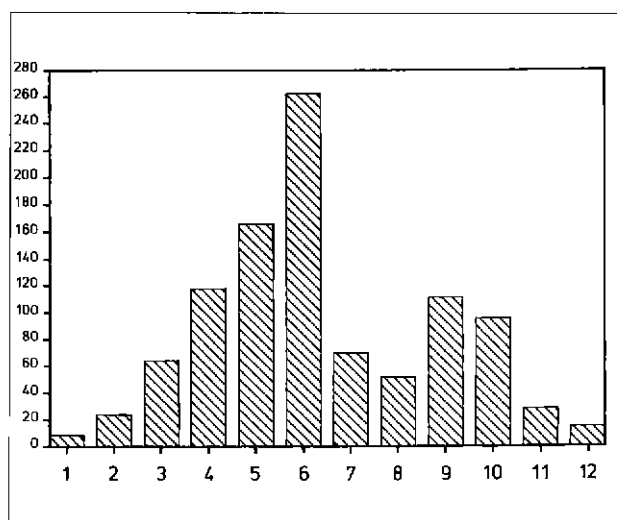


FIG 1. — Plantation de Ouidah - Pluies mensuelles moyennes période 1972-1989 — (Ouidah plantation - Monthly rainfall, means, period 1972-1989)

A = Pluies en (mm) (Rainfall)
B = Mois (Month)

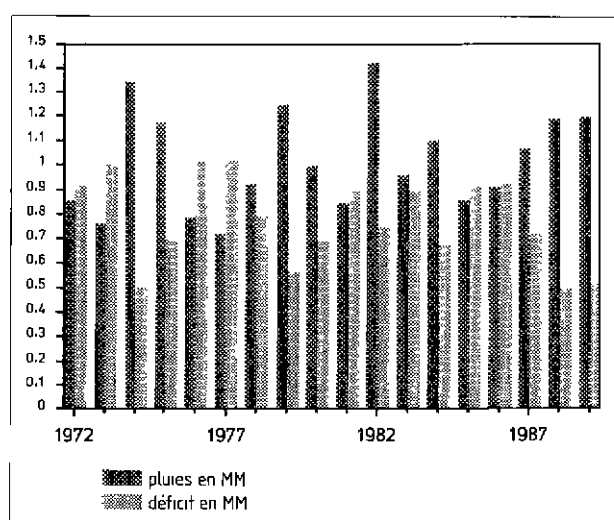


FIG 2. — Plantation de Ouidah - pluies et déficits hydriques annuels, période 1972-1989 — (Ouidah plantation - Annual rainfall and water deficits period 1972-1989)

A = Pluies/déficits hydriques (mm) (Rainfall/water deficit)
B = Années (Years)

▨ = Pluies (mm) (Rainfall)

▩ = Déficits (mm) (Deficit)

TABLEAU I. — Caractéristiques physico-chimiques de la terre de barre de Ouidah. — (Physico-chemical characteristics of Ouidah bar soils).

	Profondeurs (cm) (Depths cm)		
	0-20	20-40	40-60
Granulométrie (Texture)			
Argile (Clay)	6,4	12,2	25,0
Limon fin (Fine loam)	2,0	1,7	2,0
Limon grossier (Coarse loam)	3,6	2,5	3,1
Sable fin (Fine sand)	25,3	25,4	16,3
Sable grossier (Coarse sand)	62,3	58,3	53,7
pH (eau) (pH water)	5,5	5,1	5,0
Matière organique (Organic matter)			
C %	0,52	0,39	0,38
N %/100	0,45	0,48	0,47
C/N %	11,6	8,1	8,1
Complexe absorbant (me/100 g) (Absorbing complex - meq/100 g)			
Ca	0,99	0,77	0,94
Mg	0,39	0,31	0,60
K	0,17	0,05	0,06
Na	0,01	0,01	0,01
CEC	2,14	1,82	3,02
Saturation (%)	73	63	53
Phosphore (ppm) (Phosphorus ppm)			
Total	100	113	144
Saunders	18	22	19

l'irrigation localisée, qui s'était avérée intéressante sur le palmier à huile (de Taffin et al, 1976). Elle est basée sur la création de rigoles d'infiltration parallèles aux lignes d'arbres et distantes de celles-ci de 1.20 m. Ces rigoles sont alimentées en eau chaque jour par des ajutages de diamètres variant de 1,2 à 2,1 mm (selon leur position sur les rampes et leur altimétrie). La pression de fonctionnement varie de 0,4 à 1,2 bars, assurant un débit théoriquement identique partout (à 10-

15 % près), soit 43 l/h par ajutage. Le réseau était conçu pour utiliser l'eau de surface (lagune proche), et pour assurer la compensation du déficit hydrique jusqu'à une ETP journalière maximale de 5 mm (Chaillard et al, 1983).

Sur les 70 ha de plantation industrielle de cocotiers, 9 ha ont été consacrés à un essai de nutrition minérale (BN CC01) qui étudiait, dans un dispositif factoriel 4 x 2 x 2, les éléments K (4 doses), N et P (2 doses).

— Les observations portaient sur les points suivants :

- données météorologiques permettant de définir journalièrement les modalités de l'irrigation ;
- caractéristiques réelles de l'irrigation, fréquences, doses appliquées ;
- aspect végétatif des arbres, développement, état sanitaire,
- contrôle de l'état nutritionnel des arbres par diagnostic foliaire ;
- caractéristiques de production, nombre de noix et poids de coprah par noix.

Les observations étaient suivies de façon plus détaillée et plus régulière sur l'essai de nutrition minérale (BN CC01), que sur l'ensemble des 70 ha plantés.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. — Alimentation en eau

1.1. Essai BN CC01 et plantation industrielle du 1er lot (21 ha)

Par suite de différentes difficultés techniques et de problèmes d'organisation, les quantités d'eau apportées par l'irrigation ont été, pratiquement tous les ans, insuffisantes pour combler les déficits hydriques théoriques (Fig. 3). Ainsi entre 1977, année de mise en route de l'irrigation, et 1989, le déficit hydrique annuel résiduel moyen après irrigation a été de 350 mm d'équivalent pluviométrique avec de bonnes années comme 1984 (87 mm) et d'autres beaucoup plus "sèches" telles 1981 et 1987 (respectivement 527 et 571 mm).

1.2. Plantation industrielle, 2ème lot (40 ha).

Les 40 ha de plantation industrielle du second lot du dispositif général d'équipement de la plantation ont été sensiblement moins arrosés que ceux du premier lot : ainsi entre 1977 et 1989, le déficit hydrique annuel résiduel après irrigation a été de 410 mm, à comparer aux 350 mm pour BN CC01 et le premier lot.

2. — Comportement et état sanitaire des arbres

Ces irrigations incomplètes se sont traduites par des fermetures de stomates ; c'est ainsi, par exemple, que pendant la saison sèche 1978/1979, les ouvertures stomatiques, me-

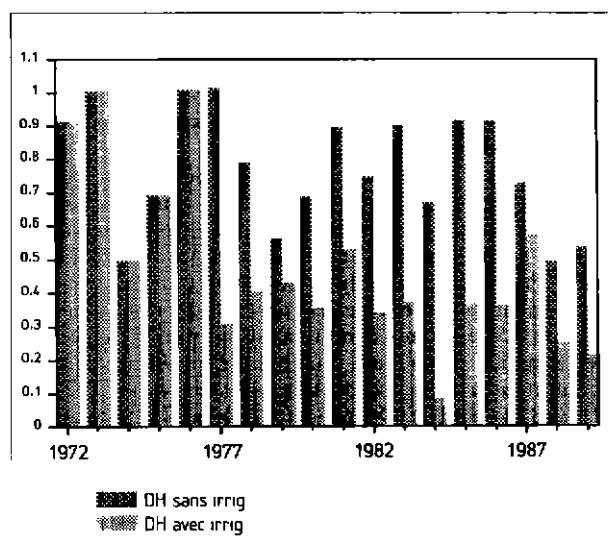


FIG.3 — Plantation de Ouidah - Déficit hydriques (DH) avec irrigation, période 1972-1973 — (Ouidah plantation - Water deficits (W.D) with irrigation period 1972-1973)

A = Déficit hydriques (mm - milliers) (Water deficit - mm - thousands)

B = Années (Years)

▨ = DH sans irrigation (WD with irrigation)

▨ = DH avec irrigation (WD with irrigation)

surées par la méthode d'infiltration de Molish (Daniel, 1979) ont évolué de la façon suivante :

Dates	OS
04/01/79	0,8
08/01/79	1,0
11/01/79	0,8
18/01/79	0,8
25/01/79	7,7 Irrigation commencée le 19/01/79
29/01/79	8,0
06/02/79	9,0

Ces sécheresses imposées aux arbres se sont traduites certaines années par des dessèchements et des cassures des feuilles. En dehors de ces périodes, les arbres présentent une belle végétation avec des couronnes bien fournies, et sans symptôme grave de déficience minérale. De façon générale, la mortalité a été très faible puisque 16 ans après la plantation, il reste 142 arbres producteurs/ha sur un total planté de 143.

TABLEAU II. — Evolution des attaques d'*Eriophyes guerreronis* sur les cocotiers de Ouidah — (*Eriophyes guerreronis* attack development on coconut at Ouidah)

	Pourcentage de noix (Percentage of nuts)		Pourcentage de perte de coprah/noix (4) (Percentage coprah/nut loss (4))
	nov. 1979	nov 1981	
Noix saines (Healthy nuts)	0	18	—
Noix faiblement attequées (Slightly affected nuts) (1)	16	34	1
Noix moyennement attequées (Moderately affected nuts) (2)	28	46	30
Noix fortement attequées (Severely affected nuts) (3)	56	2	45
	1979/80	1981/82	
Nombre de noix/arbre/campagne (Number of nuts/tree/season)	46	121	

(1) Peu ou pas déformées — (Slightly or not all deformed)

(2) Déformées et de taille réduite — (Deformed and small)

(3) Très déformées et de petite taille — (Severely deformed and small)

(4) Selon Mariau, 1977 — (According to Mariau, 1977)

Le principal ennemi de la culture du cocotier dans les conditions de Ouidah a été *Eriophyes guverronis* qui, au jeune âge, a provoqué des pertes sensibles de production de coprah/noix (Tabl. II), auxquelles il faut rajouter les chutes de noix supplémentaires dûes au ravageur, soit quelques p.100 selon Mariau (1977).

L'effet de l'irrigation sur la diminution des dégâts pourrait être attribué, pour une part tout au moins, à une croissance plus rapide des noix, les acariens attaquant moins longtemps au même endroit les tissus en formation (Mariau 1981, non publié). Par ailleurs, selon le même auteur (1977), les arbres normalement alimentés en eau et donc produisant davantage devraient, toutes autres conditions d'infestation égales par ailleurs, moins souffrir des attaques d'*Eriophyes* ce qui est en conformité avec les productions des campagnes 1979-80 et 1980-81 (Tabl. II). Depuis cette époque, les attaques se poursuivent, aucun traitement acaricide n'ayant été effectué, mais restent comparables, en gravité, à ce qu'elles ont été fin 1981 : à noter d'ailleurs que les rendements restent voisins ou largement supérieurs à 100 noix/arbre/an.

3. — Etat nutritionnel des arbres

3.1. Selon le principe d'étude classiquement utilisé par l'I-RHO en toutes nouvelles situations (Ochs, 1985), la nutrition minérale des cocotiers de Ouidah a été étudiée en essai : détermination des déficiences principales, effets des engrais et de leurs interactions, courbes de réponse, détermination des teneurs foliaires critiques et des doses d'engrais nécessaires pour les atteindre, établissement de barèmes de fumures. Ces barèmes sont appliqués en plantation industrielle en fonction des teneurs foliaires (prélèvements foliaires annuels).

3.2. Principaux résultats de l'essai de nutrition minérale (BN CC01)

Comme indiqué précédemment, l'essai BN CC01 étudie les éléments K, N et P, soit, en moyenne entre 1979 et 1989, en kg/arbre/an :

+ KCl : 1,0 - 2,0 - 3,0 - 4,0
+ Sulfate de NH₄ : 0 - 3,0
+ Phosphate tricalcique : 0 - 3,3

Le tableau III regroupe les teneurs en éléments et les effets des traitements pour les deux périodes 1981-1985 (arbres âgés de 8-12 ans) et 1986-1989 (13-16 ans).

La nutrition minérale de ces cocotiers est caractérisée par :

- des teneurs plutôt basses en N et P en absence des engrais correspondants et des niveaux de S également bas (en synergisme avec N) ;
- une déficience apparemment forte en K, puisque même avec un apport annuel de 1 kg de KCl/arbre (objet K0), les teneurs foliaires sont de 0,574 entre 8-12 ans et 0,661 entre 13-16 ans, les plus fortes doses d'engrais finissant par accroître les teneurs au dessus de 1,0 % ;
- des teneurs plutôt basses en Ca, sensiblement augmentées par les apports de sulfate de NH₄ et de phosphate.

3.3. Nutrition minérale des plantations industrielles

Les résultats de l'expérience BN CC01 ont permis l'élaboration d'un barème de fumure déterminant les doses des engrais azoté, phosphoré et potassique à appliquer en fonction des teneurs foliaires des éléments correspondants

Cependant, pour différentes raisons de conjoncture, les fumures n'ont pas pu être complètement réalisées chaque année, de sorte, qu'en moyenne, les teneurs foliaires restent inférieures à celles des meilleurs objets de l'essai BN CC01 (Tabl. IV).

3.4. Symptômes visuels de déficience

En dehors des périodes de fortes sécheresses insuffisamment compensées par l'irrigation, les symptômes caractéristiques de déficience en K sont très peu marqués, et cela de façon assez curieuse compte tenu des faibles teneurs observées.

TABLEAU III. — BN CC01 ; effets des traitements sur les teneurs foliaires (rang 14). — (BN CC01 - Effect of treatments on leaf contents Leaf 14.)

Périodes (âges) (Period - age)	Objets	Teneurs (en % de MS)							
		(Contents in % DM)							
		N	P	K(1)	Ca (1)	Mg (1)	Cl	S	B (2)
Mars 81 à tév. 85 (8-12 ans) (March 81 - Feb. 85 (8-12 years))	K0	2,06	0,117	0,574	0,284	0,405	0,737	0,174	12,3
	K1	2,02	0,112	0,774**	0,268	0,369**	0,776	0,171	11,5
	K2	2,04	0,110	0,873**	0,246	0,350**	0,774	0,171	10,4**
	K3	2,06	0,111	0,973**	0,267	0,345**	0,808	0,170	10,7**
	N0	1,98	0,112	0,807	0,255	0,371	0,769	0,167	11,5
	N1	2,11**	0,113	0,790	0,277	0,363	0,779	0,171*	10,9
	P0	2,03	0,106	0,838	0,263	0,355	0,777	0,170	11,3
	P1	2,06	0,119**	0,759*	0,269	0,379**	0,770	0,173*	11,1
Fév. 86 à nov. 89 (13-16 ans) (Feb 86 - Nov 89 (13-16 years))	K0	2,05	0,129	0,661	0,276	0,374	0,786	0,181	11,4
	K1	2,00	0,126	0,853*	0,275	0,352	0,797	0,176	11,0
	K2	1,95*	0,123*	1,065**	0,259	0,318*	0,833	0,176	10,8
	K3	1,98*	0,123*	1,178**	0,283	0,320*	0,878**	0,172*	10,7
	N0	1,91	0,125	0,966	0,266	0,352	0,828	0,172	11,3
	N1	2,08**	0,125	0,913	0,280	0,330	0,819	0,180**	10,7*
	P0	1,98	0,114	1,007	0,262	0,327	0,826	0,176	11,0
	P1	2,01	0,136**	0,872*	0,285*	0,355*	0,821	0,177	11,0

(1) Cations analysés par double calcination (Daniel et al., 1984). — (Cations analyzed by double calcination (Daniel et al., 1984).

(2) Teneurs en ppm ; période 83 à 85. — (Contents in ppm ; period 1983-1985)

TABLEAU IV. — Teneurs foliaires de la plantation industrielle de cocotiers ; feuilles de rang 14 ; cations analysés en double calcination, 1er lot de plantation — (*Leaf contents in the commercial coconut plantings : leaf 14 ; cations analyzed by double calcination , 1st batch of plantings*).

Dates du prélèvement (Sampling dates)	N	P	K	Ca	Mg	Cl
12/82	1,90	0,107	0,613	0,323	0,418	0,761
02/85	2,09	0,135	0,757	0,281	0,401	—
02/87	2,01	0,121	0,617	0,310	0,387	—

TABLEAU V. — BN CC01 ; effets des traitements sur le nombre de noix/arbre (moyennes annuelles). — (*BN CC01 - Effect of treatments on yields in terms of number of nuts/tree - annual mean*).

Objets (Treatments)	Période 1981/82 à 1985/86 (1) (8 à 12 ans) (Period 1981/82 to 1985/86 (1) (8-12 years)	Période 1986/87 à 1989/90 (13 à 16 ans) (Period 1986/87 to 1989/90) (13-16 years)	Production moyenne depuis l'entrée en production (5 à 16 ans) (Mean yield since start of production (5-16 years)
	K0	127	147
K1	123	143	
K2	125	144	
K3	126	142	
N0	117	131	
N1	133*	157**	
P0	117	132	
P1	134*	156**	
Moyenne générale (Overall mean)	125	143	116
N0P0	108 (100)	121 (100)	99 (100)
N1P1 (2)	141 (131)	170 (140)	132 (133)

(1) Compte tenu des pointes de production apparaissant en début d'années légales, les campagnes de production ont été définies comme allant de juillet à juin — (*On account of the production peaks at the start of the legal year, production seasons were taken to last from July to June*).

(2) Pas d'interaction N/P. — (*No N/P interaction*)

4. — DONNÉES DE PRODUCTION

4.1. Résultats de l'essai de nutrition minérale (BN CC01)

4.1.1. Effets des engrais

Les engrais azoté et phosphoré ont des effets identiques cumulatifs, mais sans interaction, de l'ordre de 14 % entre 8 et 12 ans et de 19 % entre 13 et 16 ans (Tabl. V).

Par contre et de façon assez inattendue, les doses élevées de chlorure de K, bien qu'augmentant les teneurs foliaires en K, n'ont pas d'effet sur le nombre de noix par arbre, comme si le niveau critique physiologique de cet élément se situait, dans les conditions de cette expérience, aux alentours de 0,600 ? Il faut rechercher une part d'explication dans les interactions entre éléments. En effet, tant pour la première période que pour la seconde, il existe des interactions négatives entre les teneurs en K et celles en N, P, Ca, S, ces quatre éléments étant corrélés positivement avec la production : c'est ainsi (Tabl. VI) qu'il apparaît une corrélation positive entre

nombre de noix/arbre et teneurs en K lorsque les éléments N et P sont pris constants.

Ces résultats montrent que les doses de chlorure de K doivent rester modérées pour ne pas nuire à la nutrition en N et P, qui apparaît primordiale dans les conditions de cette plantation irriguée.

Des mesures de coprah/noix ont été faites en avril et octobre 1983, puis pendant la période de septembre 1984 à juillet 1985 ; pour cette dernière campagne la moyenne pondérée s'élève à 230 g de coprah/noix, sans effet des traitements.

TABLEAU VI. — Corrélations entre teneurs foliaires et productions (nombre de noix/arbre) — (*Correlations between leaf contents and production (number of nuts/tree)*)

	N	P	K	Ca	S
Corrélations totales (Overall correlations)					
1ère période (1st period)	0,64**	0,68**	-0,15 NS	0,62***	0,55***
2ème période (2nd period)	0,73***	0,60***	-0,21 NS	0,50**	0,50**
Corrélations partielles (Partial correlations)					
1ère période (1st period)	0,35* (P-S)	0,46** (N-Ca)	0,41* (P-Ca)	0,28 NS (N-P)	0,04 NS (N)
2ème période (2nd period)	0,62*** (P-S)	0,48** (N-Ca)	0,39* (N-P)	0,08 NS (N-P)	0,08 NS (N)

() = Eléments pris constants — (*Elements taken as constant*)

4.1.2. Effets de l'irrigation

L'irrigation n'a pas empêché la persistance, certaines années de déficits hydriques résiduels importants (Fig. 3).

Le nombre de noix produites est corrélé avec les déficits hydriques supportés par les arbres pendant les périodes décalées par rapport à la campagne de production de 28 mois (influence sur le nombre de fleurs/régime) et de 12 mois (influence sur le nombre de noix/régime) (Coomans, 1975) (Fig. 4), avec :

$$\text{nombre de noix/arbre} = 252,4 - 0,28 \text{ DH (mm)}$$

$$r = -0,67* ; \text{taux d'explication} = 45 \%$$

avec DH = déficit rapporté à 12 mois des cumuls des périodes décalées de 28 et 12 mois.

La prise en compte supplémentaire du déficit hydrique de la période décalée de 24 mois, qui influence théoriquement le taux de nouaison, n'a pas amélioré le coefficient d'explication

La corrélation n'est pas excellente, puisque 45 % seulement de la variation totale est ainsi expliquée, mais d'autres facteurs sont intervenus et, en particulier, les attaques plus ou moins fortes d'*Eriophyes* ainsi que les effets des productions antérieures. L'étude détaillée de tous les facteurs pouvant influencer le rendement n'est pas le propos de cette note.

Pour un potentiel théorique de 7 t de coprah/ha/an (équivalent à ± 250 noix/arbre), chaque supplément de déficit hydrique de 100 mm entraîne une baisse de rendement de 800 kg de coprah/ha. En faisant abstraction du rendement de la campagne 1980-81, les arbres n'étaient âgés que de 7 ans, la diminution de rendement par fraction de 100 mm de déficit supplémentaire est ramenée à 700 kg de coprah/ha soit, en première approximation, une réduction de 10 % du potentiel par fraction de déficit hydrique annuel de 100 mm.

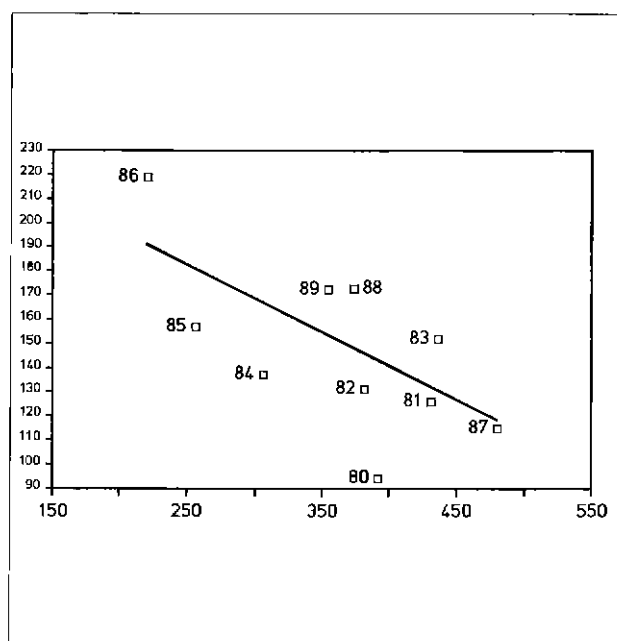


FIG. 4. — BNCC01 - Rendement et déficit hydrique - Campagnes 1980-81 à 1989-90 — (BNCC01 - yields and water deficit - 1980-81 to 1989-90 seasons)

A = Nombre de noix/arbre/an (Number of nuts/ha/yr)
 B = Déficit hydrique annuel (mm) (Annual water deficit - mm)
 $y = 252,4 - 25 * X$
 □ = Production observée (Observed production)

TABLEAU VII. — Essai BN CC01 ; récapitulatifs des productions moyennes à l'hectare (1) — (Trial BN CC01 - summary of mean production per hectare (1))

Ages (Age)	Nombres de noix (Number of nuts)		Tonnes de coprah (2) (Tonnes of coprah)	
	NOPO	N1P1	NOPO	N1P1
8-12 ans	15 100	19 700	3,47	4,53
13-16 "	16 900	23 800	3,89	5,47
8-16 "	15 900	21 500	3,66	4,95

(1) A raison de 140 arbres producteurs/ha — (With 140 bearing trees/ha)

(2) 230 g de coprah/noix — (230 g of copra/nut)

4.2. Plantations industrielles

La production des 61 ha de plantation industrielle se caractérise par des valeurs inférieures à celles des meilleurs objets de l'essai BN CC01 (Tabl. VIII), ce qui peut être attribué à :

- des fumures irrégulièrement appliquées et insuffisantes,
- des doses d'irrigation inférieures sur le 2ème lot de plantation,
- un moins bon suivi, en particulier au niveau de la récolte.

Les fumures appliquées sont irrégulières (pas d'engrais de 1987 à 1989) et les doses sont faibles, soit en moyenne de 1982 à 1989 l'équivalent annuel par arbre de 0,3 kg d'urée et de phosphate tricalcique et de 0,45 kg de chlorure de K.

Les apports d'irrigation sur le second lot de plantation ont été moins abondants que ceux du premier lot (inclus l'essai) laissant un déficit hydrique annuel moyen pour l'ensemble de la plantation de 390 mm (période 1977-1989).

(1) Fonction du poids de coprah/noix retenu

Ces différents éléments peuvent expliquer que les rendements de la plantation industrielle soient plus faibles que ceux de l'ensemble de l'essai, respectivement 15 500 et 18 600 noix/ha/an (entre 8 et 16 ans).

TABLEAU VIII. — Productions moyennes des plantations industrielles — (Mean yields in commercial plantings).

Ages (Age)	Nombre de noix/ha/an (No. of nuts/ha/year)
4 ans 1/2 - 6 ans 1/2 (4 1/2 years - 6 1/2 years)	6 190
7 ans 1/2 - 11 ans 1/2 (7 1/2 years - 11 1/2 years)	14 860
12 ans 1/2 - 15 ans 1/2 (12 1/2 years - 15 1/2 years)	16 260 (1)

(1) Seulement 9 500 noix/ha en 1988 (mauvaise récolte, vols...) — (Only 9,500 nuts/ha in 1988 (poor harvest, stolen nuts. etc))

CONCLUSION

La plantation de cocotiers hybrides, Nain x Grand de la coopérative de Ouidah au sud du Bénin apporte des informations intéressantes sur le comportement de ce type de matériel végétal cultivé en situation très sèche, déficit hydrique annuel moyen de 775 mm, mais bénéficiant d'une irrigation d'appoint (méthode dite des "rigoles d'infiltration" adaptée de l'irrigation localisée).

Cette irrigation, même partielle, a permis en essai de fumer d'obtenir un rendement moyen, entre 8 et 16 ans, de 18 600 noix/ha/an (équivalent à 4,1-4,3 t de coprah) pour l'ensemble de l'essai et de 21 500 noix/ha/an (équivalent à 4,7-4,9 t de coprah)⁽¹⁾ pour les parcelles recevant les engrais azoté et phosphoré.

Cet essai de fertilisation a permis :

- de mettre en évidence les deux déficiences entraînant une réduction de production, celles en N et P,
- de fixer le niveau critique en K relativement bas, aux alentours de 0,700 pour des arbres adultes, dans les conditions particulières de cette plantation. Des explications devront être recherchées à propos de ce comportement différent de celui observé en d'autres situations.

Une fois les déficiences en N et P corrigées, objet N1P1 de l'essai, l'alimentation en eau des arbres influe sur leur niveau de production ; la corrélation trouvée montre que le rendement potentiel des hybrides Nain x Grand, fixé de façon théorique à 7 t de coprah/ha/an est réduit de 10 % pour chaque fraction supplémentaire de 100 mm de déficit hydrique annuel.

Volontairement, les aspects techniques et économiques de l'irrigation du cocotier ne sont pas abordés ici ; simplement la connaissance du fait que l'apport de 100 mm/an d'irrigation augmentera le rendement théorique de 700 kg de coprah donne une base pour le calcul de la rentabilité d'un équipement hydraulique.

En définitive, la plantation de OUIDAH a montré que les hybrides Nain x Grand pouvaient avoir un rendement à l'âge adulte de l'ordre 5,0 t de coprah/ha, même en présence de déficit hydrique annuel voisin de 350 mm. Cette observation

pourrait ouvrir des perspectives intéressantes en cocoteraies paysannes mêmes mal irriguées.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] —CHAILLARD H., DANIEL C., HOUETO V., OCHS R. (1983). L'irrigation du palmier à huile et du cocotier. "Expérience" sur 900 ha en République populaire du Bénin. *Oléagineux*, **38**, (10), 519-533.
- [2] —COOMANS P. (1975) Influence des facteurs climatiques sur les fluctuations saisonnières et annuelles de la production du cocotier. *Oléagineux*, **30**, (4), 153-159.
- [3] —DANIEL C. (1979) Utilisation du test stomatique pour le contrôle de l'alimentation en eau en plantation de palmiers à huile. *Oléagineux*, **34**, (6), 283-287.
- [4] —DANIEL C., BONVALET A. (1984). Teneurs en silice des feuilles de cocotier et de palmier, relation avec le dosage des cations. VIème colloque international pour l'optimisation de la nutrition des plantes. 28 septembre 1984. Montpellier (France).
- [5] —DE NUCE DE LAMOTHE M., ROGNON F. (1986) Cocotiers hybrides ou cocotiers grands, un choix basé sur des résultats. *Oléagineux*, **41**, (12), 549-555.
- [6] —DE TAFFIN G., DANIEL C. (1976). Premiers résultats d'un essai d'irrigation lente sur palmier à huile. *Oléagineux*, **31**, (10), 414-421.
- [7] —DOOTSON J., et al (1988) Early yields of a number of coconut varieties in Thailand. *Oléagineux*, **43**, (12), 445-454.
- [8] —MARIAUD (1977). *Aceria Eriophyes guieretoni* un important ravageur des cocoteraies africaines et américaines. *Oléagineux*, **32**, (3), 101-111.
- [9] —OCHS R. (1985) Stratégie de mise en oeuvre du contrôle nutritionnel des plantes pérennes : gestion de la nutrition minérale, programmation des fumures. *Oléagineux*, **40**, (12) 583-594.
- [10] —OLIVIN J., OCHS R. (1978) Propriétés hydriques des sols et alimentation en eau des oléagineux pérennes en Afrique de l'ouest. *Oléagineux*, **33**, (1), 1-12.
- [11] —POMIER M., DE TAFFIN G. (1982). Tolérance à la sécheresse de quelques hybrides de cocotiers. *Oléagineux*, **37**, (2) 55-62.

Abréviations

CNABRL=Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône Languedoc - Nîmes France).

ETP =évapotranspiration potentielle

GOA = grand Ouest Africain

me/100 g =milliéquivale/100 g.

MS =matière sèche.

NJM =Nain Jaune Malaisie

NRC =Nain Rouge Cameroun

NVG =Nain Vert Guinée.

NN/A = Nombre de noix/arbre

OS = ouverture stomatique

SUMMARY

Dwarf x Tall coconut hybrid performance in a dry climate with supplemental irrigation

C. DANIEL, I. ADJE et F. VIHOUNDJE, *Oléagineux*, 1991, **46**, N° 1, p. 13-22.

Seventy hectares of Dwarf x West African Tall hybrid coconuts were planted in 1973 in south Benin in a climate characterized by a mean annual water deficit or 775 mm rainfall equivalent. Using supplemental irrigation, the deficit has been reduced to 350-410 mm (depending on planting lots).

Mean yields between 8 and 16 years were 4.1-4.3 t of copra/ha for the treatments given nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers. The mean yield in the commercial plantings over the same period was only 3.4-3.6 t (less consistent harvesting work, less regular and less abundant fertilizer applications and irrigation). The trial revealed a physiological critical for K of 0.700 %, which is lower than usual for this type of planting material, and an explanation will have to be sought.

The plantation has shown the value of Dwarf x Tall hybrids in a very dry climate, even with insufficient irrigation. There is probably potential for extension to small-scale planters.

RESUMEN

Comportamiento de los cocoteros híbridos Enanos x Grandes en un clima seco y con riego de complemento.

C. DANIEL, I. ADJE y F. VIHOUNDJE, *Oléagineux*, 1991, **46**, N° 1, p. 13-22.

En 1973 se sembraron setenta hectáreas de cocoteros híbridos Enanos x Grandes Oeste Africano (GOA) al sur del Benín, en una climatología característica más relevante es un déficit hídrico anual medio de 775 mm de equivalente pluviométrico, este déficit quedó reducido a 350 a 410 mm (según los lotes de plantación) con un riego de complemento.

Los rendimientos medios entre los 8 y los años de edad fueron de 4,1 a 4,3 t de copra/ha en el conjunto de un experimento de fertilización, y 4,7 a 4,9 t en los objetos que recibían fertilizantes nitrogenado, fosforado y potásico. En una plantación industrial, el rendimiento medio por el mismo período sólo alcanza 3,4 a 3,6 t (por el seguimiento de la cosecha menos riguroso, y por haber sido menos regulares y abundantes las fertilizaciones y el riego). El experimento evidenció un nivel crítico fisiológico de K de un 0,700 % o sea inferior a lo que suele observarse en este tipo de material vegetal, lo cual habrá que tratar de explicar.

Con esta plantación se habrá demostrado el interés de los híbridos Enanos x Grandes en un clima muy seco, aunque no se rieguen lo suficiente. Eso constituye probablemente una vía interesante de extensión junto a los pequeños cultivadores de cocotero.

Dwarf x Tall coconut hybrid performance in a dry climate with supplemental irrigation

C. DANIEL⁽¹⁾, I. ADJE⁽²⁾ and F. VIHOUNDJE⁽³⁾

Key Words — *Cocos nucifera*. hybrids, water stress, irrigation, k nutrition

INTRODUCTION

Throughout the world, coconut is often grown in climates characterized by the existence of one or two dry seasons, leading to shortcomings in water supply. Besides causing reduced yields, drought can be so intense that it actually damages the aerial part of the plant: lower leaves split or dry out prematurely, meaning further yield reductions due to the time taken to reconstitute normal leaf crowns.

The first observations made in central Côte-d'Ivoire (Pomier *et al.*, 1982) showed the good drought resistance of the MYD x WAT hybrid (PB 121), as opposed to the WAT parent's susceptibility. Other Dwarf x Tall or Tall x Tall hybrids performed less categorically. Elsewhere, Dwarf x Tall hybrids, particularly PB 121, proved more productive than other varieties in various situations (de Nuce de Lamothé *et al.*, 1986; Dootson *et al.*, 1988).

It is worth noting results obtained on Dwarf x Tall hybrids planted at a very dry location, the Ouidah cooperative commercial plantation in south Benin, with supplemental irrigation which partly compensates for the water deficit suffered by the trees.

MATERIAL AND METHODS

The Ouidah plantation, 20 km from the ocean and 50 km west of Cotonou (Chaillard *et al.*, 1983) comprises 830 ha of oil palm and 70 ha of coconut. The coconuts are Dwarf x Tall, MYD x WAT, EGD x WAT and CRD x WAT hybrids, planted in 1973 at a density of 143 trees per hectare (9 m triangles), the seeds were procured by the Seme-Podji station (Benin).

As with south Benin as a whole, the climate in the region around Ouidah is essentially characterized by two rainy seasons separated by two dry seasons, the other of which covers the period from November to March and July-August (Fig. 1), with marked variations in total annual rainfall from one year to the next (Fig. 2). This rainfall pattern corresponds to a mean annual water deficit (1) of 775 mm rainfall equivalent (period 1972-1989).

The plantation is at the southern tip of the Continental Terminal plateau, made up of post-eocene sedimentary and alluvial deposits. This formation, also known as "bar soil" comprises loamy sand ferralitic soils, which become silty clay and then clay deeper down (50 to 60 % clay at depths of more than 1.50 m). The soils lack organic matter and have a poor, partially desaturated absorbing complex (Table I).

A study of the water characteristics of these soils concluded that the available reserve was around 200 mm rainfall equivalent (for a theoretically exploited soil depth of 3 m). This result tallied with observations made at other locations (Olivin *et al.*, 1978).

Irrigation was applied using a method developed by CNABRL (France), derived from the localized irrigation principle, which had proved promising with oil palm (de Taffin *et al.*, 1976). It is based

on digging infiltration trenches parallel to and 1.20 m away from the tree rows. The trenches are filled with water each day using 1.2 to 2.1 mm diameter delivery pipes (depending on their position on the line and their height). The operating pressure varies between 0.4 and 1.2 bar, ensuring a theoretically identical pressure ($\pm 10-15\%$) everywhere, i.e. 43 l/hr per pipe (Chaillard *et al.*, 1983). The network was designed to use surface water (nearby lagoon) and ensure compensation of water deficit up to maximum daily PET of 5 mm. Nine of the 70 ha of commercial coconut plantings have been given over to a mineral nutrition (BN CC01) trial to study K (4 rates), N and P (2 rates) in a 4 x 2 x 2 factorial design.

The following were observed:

- meteorological data, enabling definition of the daily watering procedure;
- actual irrigation characteristics, frequencies, rates applied;
- tree physical appearance, development, phytosanitary condition;
- tree nutrient contents using leaf analysis;
- production characteristics, number of nuts and copra weight per nut.

Observations in the mineral nutrition trial (BN CC01) were more detailed and more regular than over the 70 ha of plantings as a whole.

RESULTS AND DISCUSSION

1. — Water supply

1.1. Trial BN CC01 and 1st lot of commercial planting (21 ha)

Due to various technical and organizational difficulties, the quantities of water supplied by irrigation were insufficient almost every year to compensate for theoretical water deficits (Fig. 3). Between 1977, the date when irrigation was first implemented, and 1989, the mean annual residual water deficit after irrigation was 350 mm rainfall equivalent, with good years such as 1984 (87 mm) and other, much drier years, such as 1981 and 1987 (527 and 571 mm respectively).

1.2. 2nd lot of commercial plantings (40 ha)

The 40 ha of commercial plantings in the second lot of the overall planting design for the plantation was watered much less than the first: between 1977 and 1989 the annual residual water deficit after irrigation was 410 mm, as opposed to 350 mm for BN CC01 and the first lot.

2. — Tree performance and phytosanitary condition

Inadequate irrigation was reflected in stomatal closing. In the 1978/79 dry season, for example, stomatal opening rates, measured by Molish's infiltration method (Daniel, 1979), were as follows:

(1) CIRAD/IRHO - Agronomy Division

(2) Oil palm Research Station, Pobé (Bénin)

(3) Research Station, Sème-Podji (Bénin)

Dates	SO
04/01/79	0.8
08/01/79	1.0
11/01/79	0.8
18/01/79	0.8
25/01/79	7.7 Irrigation begun 19/01/79
29/01/79	8.0
06/02/79	9.0

The droughts suffered by the trees were sometimes reflected in dried out and broken leaves. Outside these periods, the trees had fine-looking, healthy foliage with well-loaded crowns and no severe mineral deficiency symptoms. Mortality was generally low, since 16 years after planting, there were still 142 bearing trees/ha out of a total of 143 planted.

The main coconut enemy under the conditions at Ouidah was *Eriophyes guerreronis*, which led to marked copra/nut production losses in young trees (Table 2), and also caused a degree of nutfall: a few per cent, according to Mariau (1977).

The effect of irrigation on reducing damage could be put down, at least partly, to more rapid nut growth, meaning that the mites were only able to attack any given point on the forming tissue for a shorter period (Marius, 1981, unpublished). Elsewhere, according to the same author (1977), trees with a satisfactory water supply, hence more productive, should suffer less from *Eriophyes* attacks, all other infestation conditions being equal, which tallies with production for the 1979-80 and 1980-81 seasons (Table 2). Since then, the attacks have continued, as no anti-mite treatments have been carried out, but their severity was about the same as at the end of 1981: moreover, yields are still around or well over 100 nuts/tree/year.

3. — Tree nutrition

3.1. Mineral nutrition in the coconut at Ouidah was studied in a trial using the study principle traditionally used by IRHO in any new situation (Ochs, 1985): determination of principal deficiencies, fertilizer effects and interactions, response curves, determination of critical leaf contents and necessary fertilizer rates to reach them, fertilizer schedules. The schedules are applied in commercial plantings in accordance with leaf contents (annual leaf samples).

3.2. Main results in the mineral nutrition trial (BN CC01)

As indicated above, trial BN CC01 looks at elements K, N and P, i.e. on average between 1979 and 1989, in kg/tree/year:

KCl	1.0 - 2.0 - 3.0 - 4.0
NH ₄ sulphate	0 - 3.0
Tricalcium phosphate	0 - 3.3

Table III gives nutrient contents and the effects of the various treatments for the two periods 1981-1985 (8-12 year old trees) and 1986-1989 (13-16 year old trees).

Tree mineral nutrition is characterized by:

- somewhat low N and P contents if the corresponding fertilizers are not applied, and low S contents (in synergy with N).
- an apparently severe K deficiency, since even with annual applications of 1 kg of KCl/tree (treatment K0), leaf contents are 0.574 from 8-12 years and 0.661 from 13-16 years. The higher fertilizer rates manage to raise contents above 1 p 100.
- somewhat low Ca contents, substantially increased by phosphate and NH₄ sulphate applications.

3.3 — Mineral nutrition in commercial plantings

The results of trial BN CC01 made it possible to draw up a fertilizer schedule specifying the nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer rates to be applied according to leaf contents for the corresponding elements.

However, for various reasons, it was not possible to apply the full fertilizer rates each year, and consequently, leaf contents are generally still lower than the best treatments in trial BN CC01 (Table IV).

3.4. — Visible deficiency symptoms

Outside the severe drought periods insufficiently compensated for by irrigation, very few of the usual K deficiency symptoms are visible, which is somewhat surprising, considering the low contents observed.

4. — Production data

4.1. Mineral nutrition trial results (BN CC01)

4.1.1. Fertilizer effects

The nitrogen and phosphorus fertilizers have identical cumulative effects of 14 % from 8 to 12 years and 19 % from 13 to 16 years (Table V), although there is no interaction.

However - and this is rather surprising - although the high K chloride rates applied increase leaf K contents, they have no effect on the number of nuts produced per tree, suggesting that the physiological critical level for the element under the conditions of the trial might be around 0.600. This phenomenon can be partly explained by the interactions between elements. In fact, for both the first and second periods, there are negative interactions between K contents and N, P, Ca and S contents. The last four elements are positively correlated with production, hence (Table VI) there is a positive correlation between the number of nuts/tree and K contents if N and P are taken as constant.

These results show that K chloride rates must remain moderate if N and P nutrition is not to be hindered, which is of prime importance under the conditions in this irrigated plantation.

Copra/nut measurements were made in April and October 1983 and during the period September 1984-July 1985: the weighted mean for the latter season was 230 g of copra/nut. The treatments had no effect on this.

4.1.2. Effects of irrigation

In certain years, irrigation did not prevent persistent and marked residual water deficits (Fig. 3).

There is a correlation between the number of nuts produced and the water deficits suffered by the trees during periods 28 months (effect on number of flowers/bunch) and 12 months before the production season (effect on number of nuts/bunch) (Coomans, 1975) (Fig. 4), where:

$$\text{number of nuts/tree} = 252.4 - 0.28 \text{ WD (mm)}$$

$$r = -0.67^*, \text{ explanation coefficient} = 45 \%$$

where WD = deficit expressed over 12 months, based on cumulative totals for periods staggered by 28 and 12 months.

The fact of taking into account the water deficit for the period staggered by 24 months, which theoretically influences fruitset rate, did not improve the explanation coefficient.

The correlation is not excellent, since only 45 % of the total variation is explained in this way, but other factors were involved, particularly varying degrees of *Eriophyes* attack in addition to the effects of previous production seasons. This article does not set out to study in detail all the factors which may affect yields.

For a theoretical potential of 7 t of copra/ha/yr (equivalent to around 250 nuts/tree), each additional 100 mm of water deficit leads to a reduction in yield of 800 kg of copra/ha. If yields in the 1980-1981 season, when the trees were only 7 years old, are excluded, the reduction in yield for every additional 100 mm of water deficit can be rounded down to 700 kg of copra/ha, i.e. as an initial estimate, a 10 % reduction in potential for every additional 100 mm of annual water deficit.

4.2. Commercial plantings

Production for the 61 ha of commercial plantings is lower than the best treatments in trial BN CC01 (Table VIII), which can be put down to:

- irregular and inadequate fertilizer applications.
- lower irrigation rates in the 2nd lot of plantings.
- less consistent supervision, particularly harvesting.

Fertilizer applications were irregular (no fertilizers between 1987 and 1989) and rates low, i.e. from 1982 to 1989, an annual average

(1) Water deficit calculated using the IRHO simplified method, where
 — Monthly PET depends on the number of days' rainfall (150 mm for less than 10 days, 120 mm for 10 days or more)
 — Available soil reserves = 200 mm

of 0.3 kg of urea and tricalcium phosphate and 0.45 kg of K chloride per tree

Irrigation in the second lot of plantings was less abundant than in the first lot (including the trial), leaving a mean annual water deficit of 390 mm for the plantation as a whole (period 1977-1989).

These various factors may explain why yields for the commercial plantings are lower than for the trial as a whole: 15,500 and 18,600 nuts/ha/yr respectively (from 8 to 16 years).

CONCLUSION

The Ouidah Cooperative Dwarf x Tall hybrid coconut plantation (south Benin) provides interesting information on how this type of planting material performs in a very dry location, with an average annual water deficit of 775 mm but with supplemental irrigation (so-called "infiltration trench" method, adapted from the localized irrigation technique)

Irrigation, although partial, made it possible to obtain average yields in fertilizer trials between 8 and 16 years of 18 600 nuts/ha/yr (equivalent to 4.1-4.3 t of copra) for the trial as a whole and 21,500 nuts/ha/yr (equivalent to 4.7-4.9 t of copra)⁽¹⁾ for plots given nitrogen and phosphorus fertilizer.

Abbreviations

CNABRL =Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône Languedoc - Nîmes (France)

PET =potential evapotranspiration

WAT =West African Tall

meq/100 g =milliequivalent/100 g

The fertilizer trial:

- revealed the two deficiencies which lead to reduced yields: N and P
- enabled the critical K level to be set relatively low - around 0.700 for adult trees - under the specific conditions at the plantation. An explanation will have to be sought for this performance, which differs from that at other locations.

Once N and P deficiencies are corrected - treatment N1P1 in the trial - tree water supply has an effect on production, the correlation found shows that potential yields for Dwarf x Tall hybrids, theoretically 7 t of copra/ha/yr, are reduced by 10 % for every additional 100 mm of annual water deficit

This article deliberately does not discuss the technical and economic aspects of coconut irrigation, the fact that 100 mm of irrigation per year increases the theoretical copra yield of 700 kg is a sufficient basis to calculate the cost-effectiveness of an irrigation system.

In conclusion, the Ouidah plantation has shown that mature Dwarf x Tall hybrids can produce yields of around 5.0 t of copra/ha, even with an annual water deficit of around 350 mm. This observation may open up interesting prospects for smallholder coconut plantings, even if they are poorly irrigated.

DM =dry matter

MYD =Malayan Yellow Dwarf

CRD =Cameroon Red Dwarf

EGD =Equatorial Guinea Green Dwarf

NN/T =number of nuts/tree

SO =stomatal opening

(1) Depending on copra/nut weight