

La rentabilité du palmier à huile au Bénin comporte deux exigences en partie contradictoires : le maintien d'une forte productivité en dépit du déficit hydrique élevé et la survie des arbres en cas d'épisodes particulièrement secs. Ceci suppose le choix de variétés adaptées et le respect de pratiques agricoles appropriées.

Le palmier à huile en conditions hydriques limitantes

Nouy B.¹, Baudouin L.², Djégui N.³, Omoré A.³

¹ Cirad-CP, EMBRAPA-CPAA, km 28 AM-10, CEP 69048-660, CP 319, Manaus-AM, Brésil

² Cirad-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

³ SRPH, Station de Pobè, BP 1, Pobè, République du Bénin

Le palmier à huile, *Elaeis guineensis* Jacq., est une palmacée naturellement très présente en Afrique de l'Ouest dans les zones de transition entre la forêt et la savane. Plante pionnière, le palmier à huile participe activement à la reconquête des savanes lors des phases de progression de la forêt (Swaine, 1992). L'importante palmeraie naturelle du sud du Bénin se serait ainsi constituée lors de la dernière grande avancée de la forêt tropicale humide. Les populations locales ont d'abord exploité les arbres en place, puis elles ont progressivement aménagé la palmeraie naturelle avant de développer au XIX^e siècle, sous l'impulsion des rois d'Abomey, des plantations qui ont atteint jusqu'à 500 000 ha. Mais le Bénin, qui a longtemps joué un rôle majeur dans la production mondiale d'huile de palme et de palmiste, est maintenant jugé comme une zone marginale pour l'élaéculture. En effet, bien que le palmier à huile puisse être considéré comme une plante bien adaptée aux conditions agroclimatiques du sud du Bénin, celles-ci ne lui permettent pas d'exprimer tout son potentiel de production. Le régime pluviométrique du pays, de climat tropical humide alternant deux saisons des pluies et

deux saisons sèches, induit régulièrement des périodes de déficit hydrique. Or une mauvaise alimentation hydrique constitue le premier facteur limitant de la production (Quencez, 1996). Non seulement la production à l'arbre est ainsi fortement réduite, mais des épisodes particulièrement secs comme en 1976-1977 et 1982-1983 peuvent même entraîner des mortalités qui réduisent la densité de peuplement et affectent durablement la rentabilité des plantations.

Cependant, le palmier à huile joue toujours un rôle économique important au Bénin où il reste la plante oléagineuse la plus productive et où l'huile de palme représente plus de 50 % de la production en huile végétale (Djégui et Daniel, 1996). Les seuils de rentabilité dans les secteurs « spontanés » ou coopératifs sont difficiles à évaluer en raison de l'existence d'un circuit commercial informel. Ceux-ci sont actuellement relativement faibles, sans doute inférieurs à 6 tonnes de régimes par hectare, mais l'avenir du palmier comme culture de rente est lié à l'obtention par les planteurs de rendements supérieurs et donc d'une capacité à faire face à une saison sèche prolongée. La contrainte hydrique existe dans de nombreux pays

élaeicoles, mais elle est particulièrement forte au sud du Bénin. Cette situation a amené la station de recherche du palmier à huile de Pobè à développer un programme de recherche spécifique sur l'adaptation du palmier à la sécheresse. Ce programme est caractérisé par une approche pluridisciplinaire qui associe étroitement les chercheurs en agronomie, en physiologie et en amélioration, et qui vise d'abord à mieux comprendre le fonctionnement du palmier à huile placé dans des conditions de stress hydrique, puis à sélectionner et diffuser un matériel végétal adapté, enfin à définir des techniques permettant d'éviter ou d'atténuer les effets de la sécheresse.

Les caractéristiques climatiques des zones de culture au sud du Bénin

Au sud du Bénin, les conditions d'ensoleillement (1 750 heures par an, en moyenne, à Pobè) et de température (27°C de moyenne annuelle et des températures très rarement inférieures à 18°C) sont satisfaisantes pour la culture du palmier à huile. Il n'en est pas de même pour la pluviométrie. Une pluviométrie de 1 800 mm/an, bien répartie sur toute l'année, est normalement nécessaire pour que le palmier à huile exprime tout son potentiel. Une pluviométrie inférieure ou mal répartie se traduit par des déficits hydriques¹. En Afrique de l'Ouest, où le régime des pluies est caractérisé par une grande et une petite saison des pluies et une grande et une petite saison sèche, les conditions pluviométriques sont optimales dans très peu de sites et les déficits hydriques annuels des zones de culture sont généralement compris entre 100 et 400 mm. Au Bénin, les déficits hydriques annuels fluctuent entre 400 et 700 mm, avec des pointes pouvant dépasser les 900 mm. Les conditions d'alimentation hydrique sont encore aggravées par l'harmattan qui, pendant 2 à 8 semaines, fait chuter l'hygrométrie de l'air.

Les observations météorologiques faites à Pobè depuis plus de 70 ans ne font pas apparaître d'évolution nette de la pluviométrie annuelle. Elles enregistrent plutôt une alternance de périodes relativement humides et de périodes plus sèches (figure 1). Cependant, depuis 25 ans, le régime sai-

¹ Une estimation du déficit hydrique est obtenue à partir d'un calcul simplifié basé sur la pluviosité mensuelle, la consommation estimée des plantes et la réserve en eau du sol.

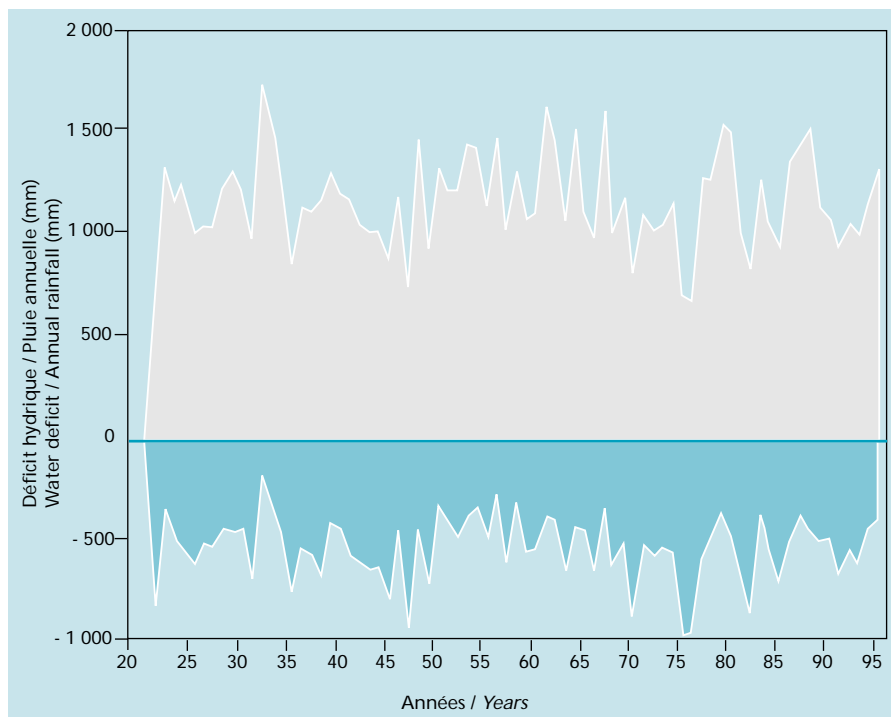


Figure 1. Pluviométrie et déficit hydrique annuel sur la Station de Pobè de 1922 à 1996. / Rainfall and annual water deficit at the Pobè station from 1922 to 1996.

sonnier des pluies a connu une lente mais régulière modification. Même si les quatre saisons sont toujours bien individualisées, il pleut de moins en moins pendant la grande saison sèche et de plus en plus pendant la petite saison sèche. Ceci est confirmé par l'observation des déficits hydriques pendant la période critique d'octobre à mars : la fréquence des accidents climatiques a été beaucoup plus forte de 1971 à 1995 que de 1924 à 1971 (tableau 1).

Les conséquences de la sécheresse

L'importance et la nature des perturbations engendrées par les stress hydriques peuvent être illustrées par les différences de comportement du croisement témoin LM2T x DA10D, qui a été planté pour des essais génétiques sur trois stations où les régimes pluviométriques sont très contrastés : Aek Kwasan, nord de Sumatra, déficit hydrique annuel de 0 à 100 mm ; La Mé, Côte d'Ivoire, déficit hydrique annuel de 300 à 400 mil-

limètres ; Akpadanou, Bénin, déficit hydrique annuel de 400 à 700 mm (figure 2 et tableau 2).

La biologie florale du palmier à huile explique en grande partie l'effet des déficits hydriques sur la production et sa répartition (figure 3). Le palmier porte, à l'aisselle de chaque feuille, une inflorescence qui est soit mâle, soit femelle. Le sexe est déterminé vers la feuille — 25, c'est-à-dire la 25^e feuille non déployée. Compte tenu de la vitesse d'émission foliaire, qui diminue avec l'âge des plants, il est donc établi environ 20 mois avant la récolte pour un jeune arbre, et 26 à 30 mois avant la récolte pour un arbre adulte. Il ne semble pas que les conditions climatiques modifient le nombre de feuilles émises annuellement, et donc le nombre d'inflorescences potentielles (Rancoule, 1943). En revanche, il a été établi qu'à la suite de déficits hydriques, d'une part des cycles de sexualisation mâle sont initiés (Beinaert, 1935 ; Anon., 1970 ; Corley, 1976), d'autre part, de jeunes inflorescences avortent (Broekmans, 1957 ; Hart-

Tableau 1. Déficit hydriques cumulés d'octobre à mars. / Cumulated water deficits from October to March.

| Périodes / Periods | Nombre de campagnes sur 6 mois avec un DH / Number of six-month campaigns with a WD | |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| | > 600 mm | > 700 mm |
| 1924-1971 | 2/47 | 0/47 |
| 1971-1995 | 6/25 | 2/25 |

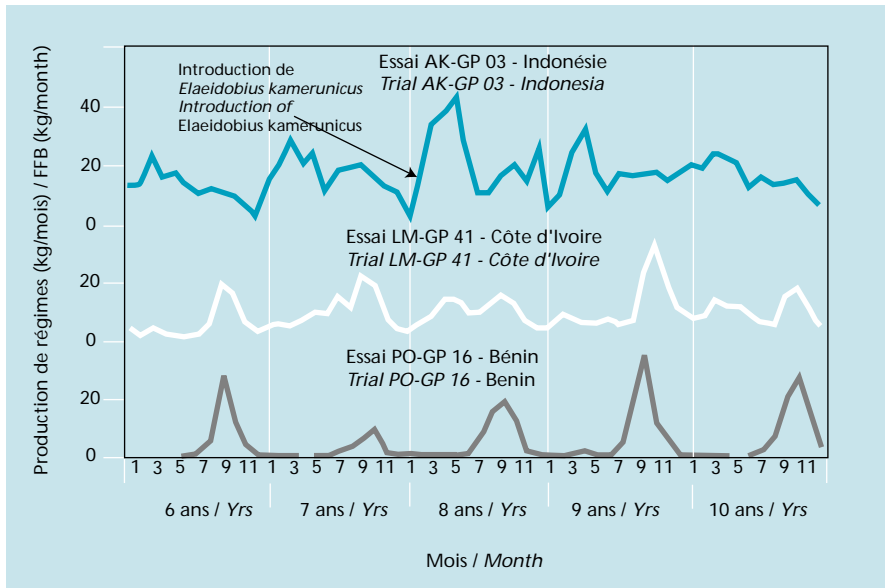


Figure 2. Répartition mensuelle de la production entre 6 et 10 ans du croisement LM2T x DA10D dans 3 écologies caractérisées par des déficits hydriques variables. /Monthly production distribution from six to ten years for cross LM2T x DA10D in three ecologies characterized by variable water deficits. Pobé, Bénin (DH = 400 à 700 mm/an). La Mé, Côte d'Ivoire (DH = 300 à 400 mm/an). Aek Kwasan, Indonésie (DH = 0 à 100 mm/an). /Pobé, Benin (WD = 400 to 700 mm/year). La Mé, Côte d'Ivoire (WD = 300 to 400 mm/year). Aek Kwasan, Indonesia (WD = 0 to 100 mm/year).

Tableau 2. Comparaison des rendements par arbre du croisement LM2T x DA10D dans trois écologies entre 6 et 10 ans. /Comparison of yields per palm for cross LM2T x DA10D in three ecologies, from six to ten years.

| | Aek Kwasan Indonésie | La Mé Côte d'Ivoire | Akpadanou Bénin |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| DH annuel moyen en mm Mean annual WD in mm | 50 | 350 | 550 |
| Nombre d'essais Number of trials | 10 | 8 | 2 |
| Production régimes/an en kg/arbre FFB production/year in kg/palm | 205 | 110 | 50 |
| NR/an NB/year | 16,6 | 10,4 | 6,0 |
| PmR (kg) MBW (kg) | 12,4 | 10,0 | 8,2 |
| Pic de production Peak production (1) | 13-16 % | 17-23 % | 35-43 % |
| % Hpi/ OER (2) | 22,5 | 20,4 | 21,8 |
| % Fruits/R /Fruits/FFB | 61 | 60 | 60 |
| % Pulpe/F /Mesocarp/F | 79 | 78 | 78 |
| % Huile/P /Oil/M | 54 | 52 | 55 |

DH = Déficit hydrique /WD = water deficit

NR = Nombre de régimes /NB = number of FFB

PmR = Poids moyen de régimes /MBW = mean bunch weight

(1) exprimé en % de la production annuelle. / expressed as a percentage of annual production

(2) Taux d'extraction industriel (mesures hors saison sèche) / oil extraction rate (outside dry season)

ley, 1988). Le stade critique auquel les besoins en eau sont importants correspond à l'élongation des inflorescences. Il se situe généralement, selon les matériels, entre 13 mois et 10 mois avant la récolte.

La modification du *sex ratio* — rapport entre le nombre de fleurs femelles et le

nombre total de fleurs —, conjuguée aux avortements, se traduit par des pics et des périodes de faible production. Au Bénin comme au sud de Sumatra, les creux de production sont principalement dus aux avortements (Lamade, communication personnelle).

L'irrégularité de la production est accentuée par une forte irrégularité du temps de floraison — mesuré entre l'ouverture d'une feuille et la floraison de l'inflorescence qu'elle supporte —, du temps de maturation du régime — et du rythme des émissions foliaires. Au moment de la grande saison sèche les feuilles non ouvertes, l'allongement important des temps de floraison et l'accélération du temps de maturation cumulent leurs effets. Au contraire, en début de saison des pluies, toutes les feuilles dont le développement avait été bloqué s'ouvrent. Une étude de phénologie réalisée sur la station de Pobé (Olivin, 1966) a dénombré autant de feuilles épanouies pendant les quatre premiers mois qui suivent la reprise des pluies (mai à août) que pendant le reste de l'année. Les régimes qui arrivent à maturité pendant les trois mois du pic de production — de février à avril — sont supportés par les feuilles qui se sont ouvertes de septembre à avril, en période humide de l'année précédente. Ce regroupement explique qu'à âge identique le nombre de régimes récoltés pendant la pointe mensuelle de récolte est plus important en écologie peu humide, comme à Akpadanou, qu'en écologie humide. Mais en contrepartie, le développement des régimes est gêné et leur poids moyen est sensiblement plus faible.

Il en résulte que le palmier à huile réagit à la sécheresse par un allongement de sa période non productive, une importante diminution de sa production annuelle et des dégâts végétatifs qui vont jusqu'à la mort de l'arbre.

Allongement de la période immature

Une mauvaise alimentation hydrique affecte tout d'abord le développement des plants : au Bénin, les arbres entrent en récolte en moyenne deux ans plus tard qu'au nord de Sumatra.

Détérioration de la répartition mensuelle de la production

Au Bénin, en année normale, la production mensuelle maximale est du même ordre de grandeur qu'au nord de Sumatra, mais la période de forte production est profondément réduite et la production de régimes tend à disparaître pendant une partie de l'année. Le pic mensuel de récolte du croisement témoin représente plus de 35 % de la production annuelle alors qu'il n'en représente que 13 à 16 % au nord de Sumatra. Cette dégradation de la

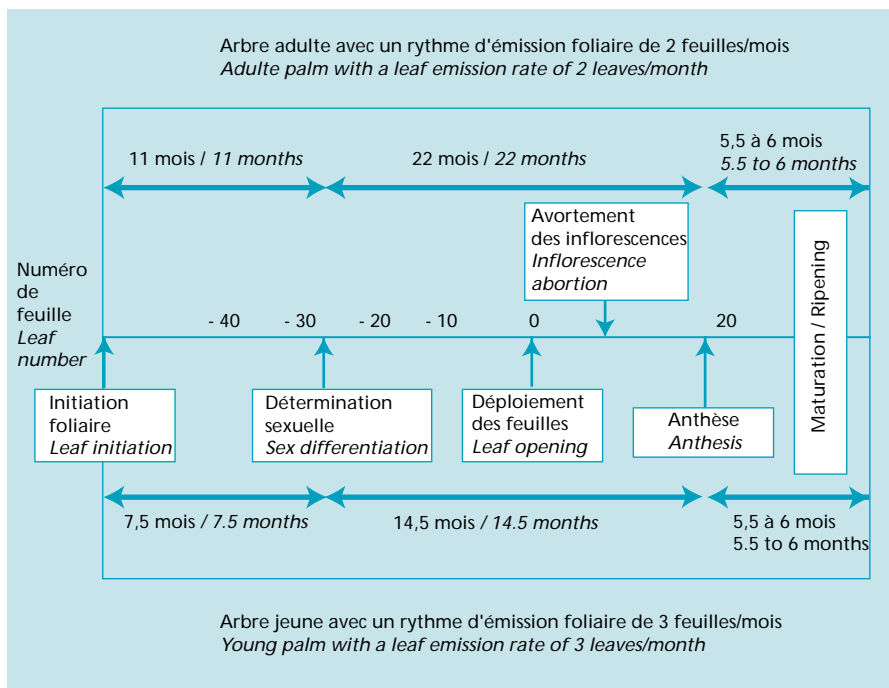


Figure 3. Développement des inflorescences et des régimes en fonction de l'âge des plants (modifié d'après Hartley, 1988). /Inflorescence and bunch development as a function of palm age (modified as per Hartley, 1988).

répartition a elle-même plusieurs conséquences :

- la production annuelle de régimes est fortement réduite : à Akpadanou elle est respectivement deux fois et près de quatre fois plus faible qu'à La Mé et à Aek Kwasan (tableau 2) ;
- les usines, dont la capacité est généralement calculée en fonction de la pointe de récolte, ne sont pas assez rentabilisées ;
- enfin, la teneur en huile des régimes baisse. Le pic de production se situe en fin de saison sèche. La maturation d'une grande partie des régimes se fait donc dans des conditions peu favorables à la lipogénèse, très exigeante en eau et en énergie. Alors que la teneur en huile de la pulpe est pratiquement stable en saison humide, elle diminue fortement après deux mois de fort déficit hydrique. Lorsque la saison sèche est particulièrement marquée, les arbres n'arrivent plus à assurer l'alimentation des régimes et ceux-ci pourrissent (Houssou, 1985).

Tout épisode sec affecte donc la production du palmier à huile pendant trois campagnes de production en provoquant des avortements de régimes, des avortements précoces des inflorescences et en influant sur leur sexualisation. L'étroite relation entre la production de régimes et les déficits hydriques cumulés sur une période de trois ans a permis aux agronomes de mettre

au point des modèles fiables de prévision de récolte (Dufour *et al.*, 1988).

Dégâts végétatifs et mort

L'efficacité de son appareil stomatique permet au palmier à huile de maintenir l'hydratation de ses tissus pendant des périodes relativement prolongées. Cependant, en cas de stress hydrique très important, des dégâts végétatifs s'ajoutent aux pertes de production. Le palmier commence à extérioriser sa souffrance par l'accumulation de feuilles non ouvertes — appelées flèches —, puis de feuilles vertes cassées, ensuite par le dessèchement de toutes les feuilles situées à la base de la couronne et enfin par le basculement du bouquet foliaire central, suivi de la mort de l'arbre. Cette évolution a le plus souvent lieu à la reprise des pluies. Elle est souvent due à l'apparition d'une pourriture humide du bulbe. Là encore, la mauvaise répartition de la production est un facteur aggravant de sensibilité, puisqu'une importante charge en régimes fragilise les arbres.

Le palmier à huile fait cependant preuve d'une étonnante capacité de récupération. La reprise des arbres qui ne sont pas morts après le retour de la saison des pluies est très rapide et ils présentent très peu de séquelles : les nouvelles feuilles qui s'épanouissent ont un aspect végétatif sain. La production de régimes est fortement rédui-

te durant trois ans — en raison du pas de temps important entre l'initiation florale et la maturation — mais elle redevient normale par la suite. C'est ainsi que dans les essais d'Akpadanou la production individuelle des arbres sur la période 1985-1995 est indépendante du symptôme de souffrance exprimé par les palmiers au moment des grandes sécheresses de 1982-1983 et 1983-1984.

La diminution de la production à l'hectare n'est pas proportionnelle à celle de la densité, le surplus de production des plants voisins d'arbres morts compensant partiellement les pertes de peuplement. Ainsi, dans les essais d'Akpadanou, la perte d'un arbre a entraîné chez chacun de ses voisins un surplus moyen de régimes de 10 à 11 % pour la période cumulée de 7 à 15 ans (figure 4). Les pertes d'arbres sont sans grandes conséquences sur la production à l'hectare tant qu'elles restent limitées, selon leur répartition sur le terrain, à 10 ou 20 %.

Les moyens de lutte contre la sécheresse

Eviter la sécheresse, ou en atténuer les effets, demande de recourir à une stratégie intégrant le choix du terrain de culture, des méthodes de culture adaptées et l'emploi de variétés ayant un rendement suffisant dans des conditions de pluviométrie sub-optimales.

Les options agronomiques

Identifier les zones agro-climatiques les plus favorables

Au Bénin, la pluviométrie connaît des cycles pluriannuels. L'échec qu'a connu dans ce pays le développement de palmiers sélectionnés en système coopératif, de 1960 à 1974, est pour partie dû à une surestimation des rendements réalisée à partir de données pluviométriques récoltées sur la décennie précédente, alors que le climat était plutôt favorable (Djégui et Daniel, 1996). Il est donc important d'étudier le climat d'une région donnée sur une période suffisamment longue pour évaluer les chances de succès de la culture.

La nature des sols, leur capacité de rétention, leur résistance à la pénétration racinaire et leur fertilité doivent également absolument être prises en considération. Au Bénin on rencontre essentiellement, sur les plateaux, des sols sédimentaires tertiaires sablo-argileux à argilo-sableux insaturés communément appelés « terres de barre », et dans les vallées, des sols colluvionnaires

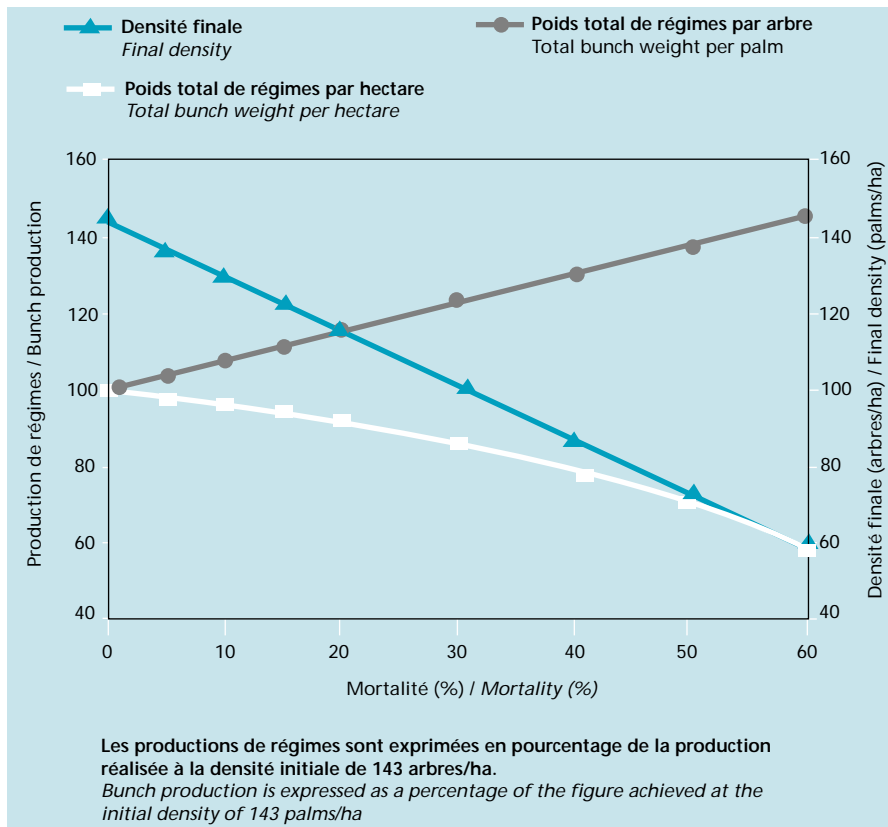


Figure 4. Evolution de la production par arbre et par hectare en fonction de la mortalité. Evolution calculée d'après les modifications de production et de densité observées dans l'essai POGP14 à la suite des sécheresses de 1982 et 1983. /Production trends per palm and per hectare as a function of mortality. Trends calculated from the changes in production and density observed in trial POGP14 following the 1982 and 1983 droughts.

et des sols sableux partiellement hydromorphes (Djégui, 1992). Les premiers essais agronomiques mis en place par la SRPH sur les différents types de sols montrent que sur les terres de barre, où sont majoritairement établies les plantations de palmiers, les rendements varient de 4 à 8 tonnes de régimes par hectare et par an selon que ces terres sont pauvres ou riches en argile. Mais les meilleurs rendements (10 à 14 tonnes de régimes par hectare) ont été obtenus dans les bas-fonds à nappe phréatique peu profonde et sur les sols coluvionnaires (Adjé *et al.*, 1996).

Sur les terres de barre, une délimitation plus stricte des zones favorables est donc nécessaire. Il est déjà établi qu'une partie des blocs coopératifs ne sera pas replantée en palmier. Des études ont également été lancées afin de recenser et de définir les possibilités de mise en valeur des bas-fonds. De plus, la SRPH a installé au sud du Bénin, en 1997, un important réseau expérimental, afin de mieux juger le comportement du palmier sélectionné dans toutes les zones agroclimatiques qui sont potentiellement favorables à cette culture.

Choisir des itinéraires techniques adaptés

Parmi les méthodes culturales à prendre en compte, l'irrigation vient tout de suite à l'esprit. La faible hygrométrie de l'air pendant la saison sèche en atténue l'efficacité, cependant une irrigation bien menée permet d'augmenter fortement la production de régimes (22 à 24 t/an) et sa répartition (Chaillard *et al.*, 1983). Mais cette technique, en raison des contraintes qu'elle impose et des faibles disponibilités en eau, a connu un succès pratique très mitigé (de Taffin et Daniel, 1976). Plusieurs autres techniques permettent d'atténuer les effets de la sécheresse, mais leurs difficultés d'application ou les effets secondaires néfastes qu'elles entraînent en limitent souvent la mise en pratique.

En conditions sèches, les plantations réalisées à partir de jeunes plants ont une meilleure reprise, à la condition indispensable que soient maîtrisées les attaques de rongeurs. La pratique la plus intéressante pour le long terme consiste à réduire la densité de plantation. Ce système diminue la mortalité très sensiblement, améliore

l'état sanitaire et augmente la production par arbre (Houssou *et al.*, 1992). Il est appliqué avec succès en culture paysanne en association, en plantant des lignes jumelées avec un intervalle libre, où sont réalisées des cultures annuelles. Mais il existe toujours une forte demande pour des plantations de palmiers en monoculture, pour lesquelles une densité de plantation normale assure une meilleure production par hectare — du moins les premières années, tant qu'il n'y a pas eu de forte sécheresse — avec un entretien moins fréquent des interlignes. On peut réduire la compétition pour l'eau par un entretien intense, qui peut aller jusqu'au sol nu. Les gains de production sont importants (90 %), mais cette pratique entraîne un appauvrissement du sol, en particulier en matières organiques, et des risques d'érosion (Daniel et de Taffin, 1974) ;

L'ablation systématique de toutes les inflorescences dans le jeune âge permet aux plants de développer un système racinaire puissant (Bénard et Daniel, 1971). Cette technique toujours largement pratiquée au Bénin, parfois jusqu'à 4 ou 5 ans, peut être très dangereuse car elle favorise une sexualisation féminine et réduit le taux d'avortement. En première année de production les arbres sont très chargés en régimes et particulièrement vulnérables en cas de sécheresse importante. Un allègement des couronnes avant la saison sèche est alors indispensable, mais l'expérience montre que les planteurs se refusent souvent à sacrifier une partie de leur récolte.

L'ablation temporaire des régimes à l'âge adulte entraîne un report de plusieurs mois de la pointe de production et permet aux arbres de traverser la saison sèche sans régimes. Mais les pertes de production sont relativement importantes (20 %). Cette technique difficilement généralisable ne peut être utilisée que de façon ponctuelle dans le seul objectif de sauver des arbres.

L'amélioration génétique

Les limites et les difficultés de mise en œuvre de techniques agronomiques propres à atténuer les effets des déficits hydriques ont conduit à rechercher une amélioration génétique de la résistance à la sécheresse. Une telle possibilité a été indiquée pour la première fois par Maillard *et al.* (1974) puis par Houssou (1985) qui ont mis en évidence qu'il existe entre matériels des différences de sensibilité non liées à la production.

Seul un matériel capable de maintenir un niveau de production acceptable peut être considéré comme adapté aux conditions

sèches. Ceci suppose un potentiel de production élevé et que la plante soit capable d'éviter un stress trop important ou qu'elle puisse lui résister. Les possibilités d'amélioration génétique du palmier en zones peu humides peuvent être appréciées par l'étude de la variabilité de comportement en conditions de stress hydrique et par la compréhension des mécanismes physiologiques qui les sous-tendent.

Le nombre d'essais génétiques installés et de matériels testés sont insuffisants pour avoir une bonne estimation de la variabilité de comportement en condition de stress hydrique. Par ailleurs, ces essais n'ont pas été conçus à cette fin et les observations de routine qui y ont été faites ne prennent pas en compte tous les paramètres qu'il aurait été souhaitable de mesurer en période critique. Cependant, les essais installés en zone marginale peuvent donner un premier aperçu de la variabilité de comportement, afin de définir les premières orientations à donner à un programme d'amélioration spécifique. A cet égard, deux essais génétiques installés en 1976 et 1977 à Akpadanou sont intéressants, d'une part parce que des déficits exceptionnels ont été enregistrés pendant deux campagnes (1982-1983 et 1983-1984), et d'autre part parce que 37 croisements du premier cycle d'amélioration y ont été étudiés, dont 18 de type Deli x La Mé et 19 de type Deli x Yangambi.

Différences de sensibilité selon les matériels

Face aux stress hydriques, la sensibilité se manifeste par deux types de réactions : la baisse de production par arbre et les dégâts végétatifs.

Des deux réactions, la plus grave est la baisse de production car elle intervient même en cas de stress modéré. Il n'existe pas, chez le palmier à huile, de variété ou de type de croisements dont la production ne soit pas affectée. Mais il importe de savoir si cette baisse de production est de même intensité pour tous les types de matériels. En l'absence d'expérimentations appropriées, il est actuellement impossible de se prononcer avec certitude sur la présence ou l'absence d'interactions entre génotype et milieu. Cependant, l'étude menée en écologie peu humide à Akpadanou, et en conditions plus favorables à La Mé, sur un ensemble de 18 croisements (Deli x La Mé et Deli x Yangambi) montre l'existence d'une corrélation faible mais significative entre les deux écologies (0,54* pour le poids de régimes ; 0,59** pour la production d'huile) (figure 5). On retrouve

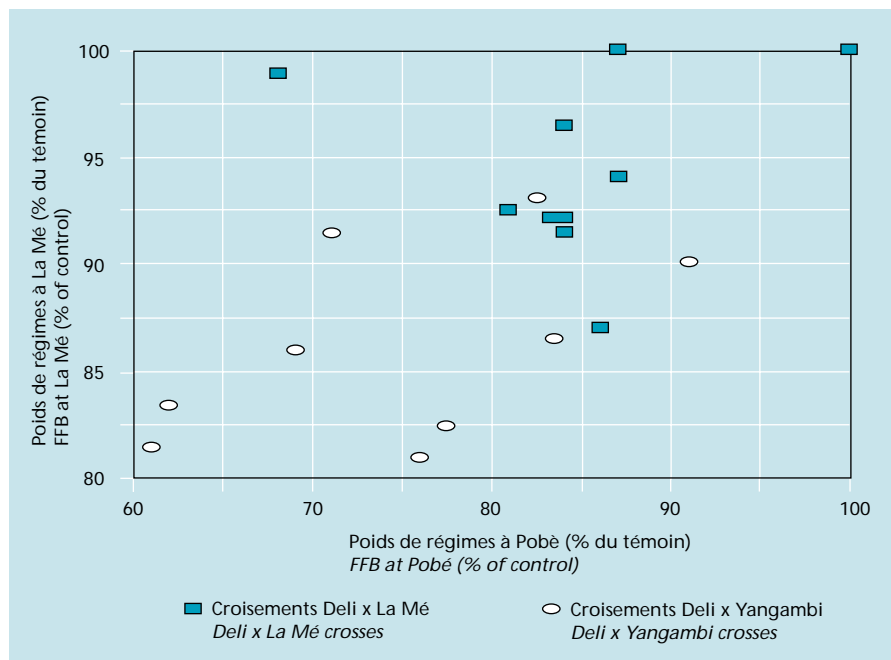


Figure 5. Production de régimes entre 6 et 10 ans de croisements Deli x La Mé et Deli x Yangambi sur les stations de Pobé (Bénin) et La Mé (Côte d'Ivoire). Les productions sont exprimées en pourcentage du croisement témoin LM2T x DA10D. / FFB production from six to ten years of Deli x La Mé and Deli x Yangambi crosses at the Pobé (Benin) and La Mé (Côte d'Ivoire) stations. Production is expressed as a percentage of the LM2T x DA10D control cross.

en zone peu humide la relation largement démontrée (Meunier *et al.*, 1989) entre production et nombre de régimes ($r = 0,80^{**}$ pour le nombre de régimes contre $r = 0,38$ pour le poids moyen). Il semble cependant que la production de quelques croisements soit particulièrement affectée, ce qui se traduit par des coefficients de variation, sensiblement plus élevés au Bénin qu'en Côte d'Ivoire (13,6 % contre 11,2 % pour la production de régimes). Dans les écologies peu humides, les possibilités d'amélioration apparaissent donc, en valeur relative, aussi élevées que dans les écologies plus favorables et les meilleurs matériels y sont globalement les mêmes. Il n'en demeure pas moins que le très mauvais comportement de quelques croisements pourrait traduire une certaine forme de sensibilité à la sécheresse. La mise en place récente, de 1995 à 1997, de 50 croisements dans des essais génétiques au Bénin et en Indonésie permettra d'apprécier plus précisément s'il existe réellement des interactions entre génotype et milieu.

Les dégâts végétatifs et la mort sont la manifestation la plus spectaculaire de la sensibilité à la sécheresse. Afin d'apprécier la sensibilité de l'appareil végétatif aux stress, un indice de sensibilité a été défini par Maillard *et al.* (1974) puis par Houssou (1985) en attribuant à chaque type de

symptôme — feuilles cassées, etc. — un coefficient en fonction du taux moyen de mortalité qu'il entraîne entre deux campagnes. Toutefois, en année normale, seuls les degrés inférieurs de l'échelle sont représentés et cet indice perd sa signification. La capacité de récupération après des dégâts végétatifs mérite également d'être prise en considération. Il semble cependant que cette capacité soit globalement bonne pour la plupart des croisements étudiés. Finalement la meilleure façon d'apprécier la sensibilité de l'appareil végétatif à la sécheresse est le pourcentage de mortalité. Celle-ci ne survient généralement qu'à la suite d'épisodes particulièrement secs (déficit hydrique annuel > 700 mm). D'importantes différences dans le taux de mortalité et dans les indices de sensibilité ont été observées dans les essais d'Akpadanou. Il est manifeste que la production de régimes fragilise les arbres puisqu'une faible mortalité a été enregistrée chez les bas producteurs. Cependant, chez plusieurs croisements hauts producteurs, les pertes restent faibles. La faible fréquence des périodes sèches critiques dans les essais génétiques d'Akpadanou permet difficilement d'attribuer à des facteurs intrinsèques de résistance ou à des différences de charge les différences de sensibilité entre hauts producteurs. Les arbres morts étaient-ils

exceptionnellement chargés en régimes ? Les relevés de production n'ont porté que sur les régimes sains récoltés et non sur la charge des couronnes.

L'existence de facteurs intrinsèques ne fait cependant pas de doute. On observe en effet dans les deux essais et à des âges différents d'importantes différences en fonction de l'origine génétique :

- les croisements Deli x La Mé présentent des taux de mortalité supérieurs à ceux des Deli x Yangambi ;
- au sein des combinaisons Deli x La Mé, les croisements réalisés à partir de certains géniteurs Deli, tels que DA8D et DA10D, sont caractérisés par une bonne tolérance et une bonne production à l'arbre (figure 6).

Les facteurs de tolérance aux stress hydriques

On recherche les facteurs biologiques de tolérance grâce auxquels la plante conserve un bon état physiologique, tout en gardant un niveau de production appréciable. Ils interviennent dans l'alimentation en eau, dans son économie et enfin dans la tolérance au stress hydrique.

Les facteurs qui favorisent l'alimentation en eau en conditions sèches sont les plus intéressants, car ils ne pénalisent pas la production. On peut ranger parmi ces facteurs la croissance, le renouvellement et le fonctionnement du système racinaire. Le palmier à huile dispose d'un système racinaire de type fasciculé important, particulièrement dense jusqu'à 50 cm de profondeur, mais on trouve également des racines jusqu'à 4 ou 5 mètres, dans les sols ferrallitiques sableux de Côte d'Ivoire (Dufrêne, 1993). Son rôle dans la tolérance du palmier à huile à la sécheresse est manifeste. Houssou (1985) a ainsi montré que les croisements caractérisés par une forte densité racinaire présentent de faibles taux de mortalité. C'est le cas des croisements Deli x Yangambi et des croisements faits à partir du géniteur DA8D. Il a également observé que les croisements hauts producteurs sont en général caractérisés par une faible densité racinaire, ce qui accroît leur sensibilité à la sécheresse.

Cette relation pourrait s'expliquer par un antagonisme entre la production et le développement racinaire, ce dernier mobilisant une partie des assimilats. Cependant, elle n'est pas absolue et on trouve des croisements hauts producteurs avec une forte densité racinaire. De tels croisements sont évidemment très intéressants. Leur bon comportement vient peut-être de cer-

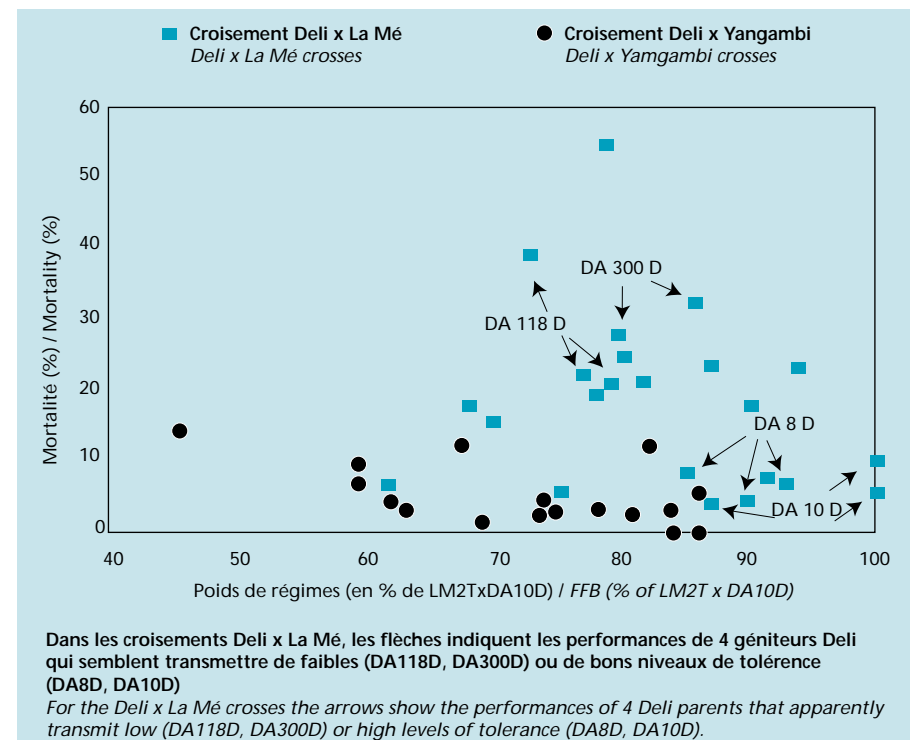


Figure 6. Pourcentage de mortalité en fonction de la production de régimes entre 6 et 10 ans. Essais POGP14 et POGP16. /Mortality rate as a function of FFB production from six to ten years. Trials POGP14 and POGP16.

tains aspects insuffisamment étudiés du fonctionnement racinaire (comme un taux de renouvellement plus faible).

Par ailleurs, l'étude des profils racinaires montre que l'eau est davantage prélevée en surface en saison des pluies et en début de saison sèche, puis en profondeur, lorsque les horizons de surface s'assèchent (Rey *et al.*, 1998). Cornaire (1992) a observé que les matériels tolérants exploitent mieux l'horizon de surface en début de saison sèche. La variabilité de comportement plus en profondeur est encore mal connue et doit être précisée. Il en est de même pour le fonctionnement racinaire des jeunes plants. Les études entreprises en pépinière par la SRPH sont à cet égard très intéressantes car elles pourraient déboucher sur la mise au point de critères précoces d'évaluation de la sensibilité à la sécheresse.

Le palmier présente un certain nombre de réactions à la sécheresse, qu'on peut interpréter comme des mécanismes d'économie d'eau. Contrairement aux facteurs précédents, ils ne sont généralement pas favorables à la production. La fermeture des stomates (Reis de Carvalho, 1991) et les avortements d'inflorescences en sont deux exemples. Bien qu'utiles dans la mesure où ils préservent la survie de la plante, ils sont de ce fait moins intéressants.

Cependant, une réduction des besoins en eau utile à la production est à rechercher dans l'amélioration de leur répartition saisonnière. En effet, d'une certaine façon, les difficultés majeures que rencontre la culture du palmier à huile en écologie peu humide sont liées au pic de production. La demande en eau pour assurer la maturation des régimes est particulièrement forte alors que la disponibilité hydrique est faible. Les pratiques culturales, telles que les castrations, démontrent que le palmier peut produire à contre-saison sans fatigue physiologique, mais ces pratiques sont contraignantes et entraînent des pertes de rendement. Il est donc très important de juger s'il serait possible d'améliorer la répartition saisonnière par voie génétique.

L'amélioration de la répartition peut être envisagée de deux façons : soit par la sélection de matériels dont le pic de production serait décalé, soit par celle de croisements qui produiraient de façon plus régulière tout le long de l'année. Dans les écologies où les conditions agroclimatiques ne sont pas limitantes, il existe une importante diversité génétique liée aux rythmes de production (Nouy *et al.*, 1996). Malheureusement, lorsque les déficits hydriques sont marqués, les cycles de production de tous les matériels sont entraînés par les variations climatiques saisonnières (Corley,

1977) et cette diversité génétique s'exprime de moins en moins. Les différences que l'on peut observer entre parcelles sont plus le fait de l'hétérogénéité du sol ou de l'âge des plants que du matériel végétal.

En ce qui concerne le moment du pic de production, tous les croisements de type Deli x La Mé dans les essais d'Akpadanou ont eu des productions pratiquement synchrones (figure 7). Une très faible variabilité a été observée entre les croisements Deli x La Mé et Deli x Yangambi, mais généralement les décalages entre les pics n'excèdent pas quelques semaines. Quant aux arbres qui produisent pendant les creux de production, il s'avère qu'ils sont différents d'une année sur l'autre et que la variabilité intracroisement est également très faible. Les seuls décalages notables (1 à 2 mois) entre les pics ont été observés entre le matériel *Elaeis guineensis* et les hybrides *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*. Ces derniers ont un niveau de production trop insuffisant pour être plantés à des fins commerciales, mais cette observation montre qu'une amélioration de la répartition sur le long terme n'est pas exclue.

Il y a davantage de variabilité en ce qui concerne la régularité de la production saisonnière. Les creux et les pics de production sont moins prononcés chez les croisements Deli x Yangambi que chez les croisements Deli x La Mé (figure 7). La variabilité entre croisements de même origine n'est pas négligeable mais elle n'est cependant pas suffisante pour atteindre, par voie génétique, la même qualité de répartition que dans les écologies plus humides (tableau 3).

Les différences de production entre hauts et bas producteurs sont proportionnelles tout au long de l'année (figure 8).

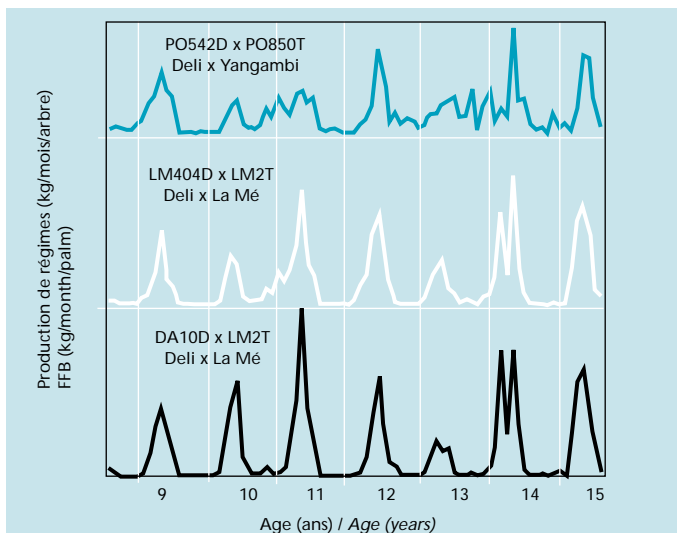


Figure 7. Répartition mensuelle de la production, entre 9 et 15 ans, de deux croisements Deli x La Mé et d'un croisement Deli x Yangambi. *Monthly production distribution from 9 to 15 years of two Deli x La Mé crosses and one Deli x Yangambi cross.*

Tableau 3. Pointe mensuelle de la production des croisements Deli x La Mé de 6 à 10 ans. / *Monthly peak production for Deli x La Mé crosses aged 6 to 10 years.*

| Station | DH moyen (mm/an) Mean WD (mm/yr) | Pointe (en % de la production annuelle) Peak (% of annual production) |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Aek Kwasan (Indonésie) / (Indonesia) | 50 | 11-20 |
| La Mé (Côte d'Ivoire) | 350 | 17-30 |
| Akpadanou (Bénin) | 550 | 30-43 |

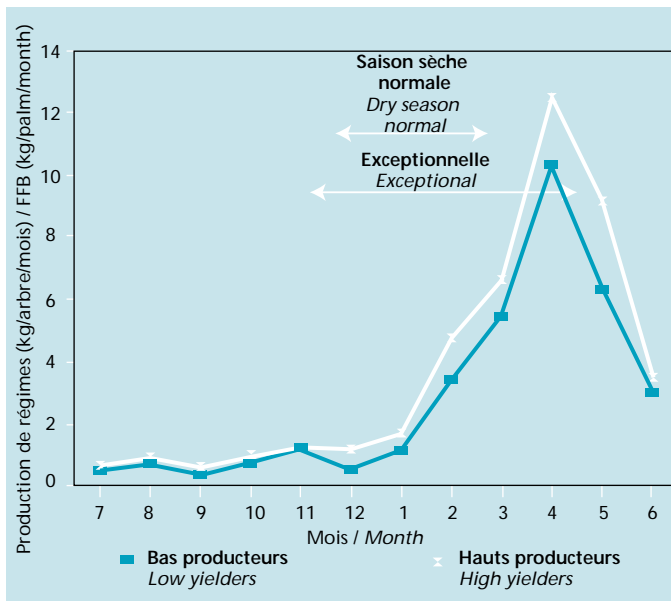


Figure 8. Répartition mensuelle moyenne de la production de régimes entre 6 et 10 ans. Comparaison entre les hauts et les bas producteurs Deli x La Mé de l'essai POGP14. *Mean monthly FFB production distribution between six and ten years. Comparison of high- and low-yielding Deli x La Mé palms in trial POGP14.*

L'amélioration du potentiel de production se traduit donc par une augmentation du pic de production et non par une augmentation de la durée de la période de production. Les hauts producteurs sont ainsi plus exposés aux effets de la sécheresse que les bas producteurs.

Par ailleurs, à production égale, il n'a pas été observé de différence manifeste dans la qualité de la répartition entre matériels sensibles et tolérants. La varia-

bilité exprimée dans la répartition de la production est insuffisante pour influencer sur la sensibilité à la sécheresse. La tolérance de certains palmiers hauts producteurs fait donc appel à d'autres mécanismes.

Lorsqu'une plante n'est plus capable d'éviter une sécheresse, il lui faut en réduire les effets. En dernier recours, ses cellules doivent s'adapter pour supporter une déshydratation plus ou moins importante.

Adjahossou (1983) et Cornaire (1990) ont observé chez le palmier à huile, en saison sèche, une hydrolyse de l'amidon foliaire et une augmentation des sucres solubles. Cette mobilisation de réserves glucidiques est très utile car elle permet de préserver l'hydratation des cellules et compense la diminution de la photosynthèse. Mais les différences de comportement face à la sécheresse ne semblent pas reliées à une plus ou moins bonne capacité de mobilisation de ces réserves.

En revanche, Cornaire *et al.* (1994) ont mis en évidence chez le palmier à huile des mécanismes de résistance à la déshydratation cellulaire, déjà observés chez les plantes annuelles : les croisements les plus tolérants sont caractérisés par une faible

teneur et un plus faible degré d'insaturation des acides gras.

Discussion

Le palmier reste très présent dans le paysage Béninois. La palmeraie naturelle, toujours majoritaire, est évaluée à plus de 200 000 hectares (Nouy et Daniel, 1994). On assiste par ailleurs à un renouveau des plantations de palmiers sélectionnés : d'une part, la replantation de la majorité des blocs industriels et coopératifs installés dans les années 60 a été décidée mais, surtout, émerge un secteur de plantation dit « spontané », qui s'appuie sur des planteurs individuels ruraux ou urbains et qui manifeste un dynamisme certain. En témoigne la mise en place de plus de 4 000 ha de palmiers sélectionnés de 1993 à 1998. Ce retour en grâce du palmier sélectionné est largement dû à l'action de la SRPH qui, avec le concours de planteurs, a pu démontrer que, même dans les conditions climatiques marginales du sud du Bénin, l'élaéculture pouvait être une activité rentable.

Encore faut-il respecter un certain nombre de règles. La première consiste à placer la plante dans les meilleures conditions d'alimentation hydrique possibles. Cette démarche relève surtout de l'agronomie : le choix du terrain et de la zone climatique est essentiel. Les sols à faible rétention hydrique sont à éliminer ainsi que les zones où la fréquence d'apparition de déficits annuels supérieurs à 600 ou 700 mm est élevée. La pratique de l'irrigation, chaque fois qu'elle est possible, doit être recherchée. Un certain nombre de pratiques agronomiques favorisent l'alimentation hydrique : l'ablation d'inflorescences dans

le jeune âge stimule le développement du système racinaire, les sols nus réduisent la compétition pour l'eau avec les adventices, la réduction de la densité avec les autres palmiers. Seule cette dernière technique peut être associée à d'autres pratiques, dans le cadre des cultures associées, les autres pouvant provoquer des effets indirects négatifs. En appui aux pratiques agronomiques, le choix d'un matériel végétal présentant un bon développement racinaire en profondeur favorise l'alimentation hydrique.

La deuxième règle consiste à limiter les effets de la sécheresse. Cette démarche est le plus souvent antagoniste du rendement, qu'elle fasse appel à des pratiques agronomiques comme l'ablation de régimes ou à des mécanismes physiologiques comme la régulation stomatique. La préservation de la plante et de sa production entre en conflit avec la logique des cycles de production du palmier, qui fait qu'en raison de l'étroite dépendance entre climat et développement floral et foliaire, tous les arbres produisent en saison sèche. En conditions hydriques limitantes, les possibilités d'améliorer la répartition saisonnière de la production par voie génétique semblent limitées, mais c'est justement là qu'elles sont les plus utiles : toute amélioration même faible doit être recherchée. Les observations faites à Akpadanou montrent également que l'amélioration du potentiel de production se traduit par une augmentation proportionnelle de la pointe de production, ce qui met davantage la plante en danger pendant les fortes sécheresses. L'existence de variations pour des caractères physiologiques impliqués dans la tolérance, comme la composition lipidique des membranes, ouvre cependant des perspectives intéressantes.

Jusqu'à présent les observations d'Akpadanou ne justifient pas de modifications majeures du programme d'amélioration génétique. Les matériels les plus hauts producteurs sont globalement les mêmes en écologie peu humide qu'en écologie humide. Une attention particulière doit cependant être portée aux caractéristiques susceptibles de limiter la sensibilité du palmier à la sécheresse. Les recherches sur la résistance, initialement menées sur le bloc d'Akpadanou, dans des situations limites où la culture du palmier n'est plus économiquement viable, vont désormais être poursuivies sur le nouveau bloc d'Obéké-Ouéré, plus représentatif des zones propices à la culture du palmier au Bénin. Le matériel planté dans les essais génétiques qui viennent d'être mis en place permettra de mieux évaluer les interactions entre génotype et milieu et de savoir, notamment, si certains matériels réagissent à la sécheresse en réduisant de façon drastique leur production. Les possibilités d'amélioration de la répartition de la production, par voie génétique ou par des pratiques agronomiques, pourront être précisées par les observations de paramètres phénologiques. Ainsi commencent à être évaluées, en agronomie, les conséquences négatives de la castration dans le jeune âge et la façon d'y remédier. Des études physiologiques plus fines sur le fonctionnement du système racinaire et sur l'évolution des profils hydriques vont être menées sur un large échantillon de croisements. Les recherches en physiologie s'orientent également vers la recherche de critères de sélection précoce applicables dès le stade de la pépinière. ■

Bibliographie / References

- ADJÉ A.I., AFFOYON R., BIAOU A.O., 1996. Possibilités d'atténuation des effets de la sécheresse chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). In : Séminaire sécheresse, Pobè, Bénin, décembre 1996.
- ADJAHOSSOU D.F., 1983. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* J.). Thèse de doctorat, université Paris VII, France.
- ANON. 1970. Rapport d'activité Irho 1970, Paris, 144 p. (document interne).
- BÉNARD G., DANIEL C., 1971. Economie de l'eau en jeunes palmeraies sélectionnées du Dahomey. Castration et sol nu. Oléagineux 26 (4) : 225-232.
- BEINAERT A., 1935. Introduction à la biologie florale du palmier *Elaeis* : organisation de l'inflorescence chez le palmier à huile. Revue Int. Appl. Agric. Trop. 15 : 1091.
- BROEKMANS A.F.M., 1957. Growth, flowering and yield of the oil palm in Nigeria. J. W. Inst. Oil Palm Res. 2 : 187-220.
- CHAILLARD H., DANIEL C., HOUETO V., OCHS R., 1983. Oil palm and coconut irrigation : a 900 ha "experiment" in the Benin People's Republic. Oléagineux 38 (10) : 519-533.
- CORLEY R.H.V., 1976. Inflorescence abortion and sex differentiation. In : Oil Palm Research. Amsterdam, R.H.V. Corley, J.J. Hardon. et B.J. Wood éd., Elsevier Scientific Publishing Company, 532 p.
- CORLEY R.H.V., 1977. Oil palm yield components and yields cycles. In : Oil Palm Kuala Lumpur, D.A. Earp et W. Newall, Incorp. Soc. of Planters, Malaisie, p. 116-129.
- CORNAIRE B., 1990. Rapport périodique d'avancement des travaux n°2. CEC Contrat TS2A-0238-M (document interne).
- CORNAIRE B., 1992. Rapport périodique d'avancement des travaux n°5. CEC Contrat TS2A-0238-M (document interne).
- CORNAIRE B., DANIEL C., ZUILY-FODIL Y., LAMADE E., 1994. Le comportement du palmier sous stress hydrique. Données du problème, premiers résultats et voies de recherche. Oléagineux 49 (1) : 1-12.
- DANIEL C., DE TAFFIN G., 1974. Conduite de jeunes plantations de palmier à huile en zones sèches au Dahomey. Oléagineux 29 (5) : 227-232.
- DE TAFFIN G., DANIEL C., 1976. Premiers résultats d'un essai d'irrigation lente sur palmier à huile. Oléagineux 31 (10) : 413-421.
- DJÉGUI N., 1992. Matière organique et azote dans les sols cultivés sur terres de barre (Bénin). Thèse de docteur ingénieur, Institut national polytechnique de Toulouse. Montpellier, France, document Orstom n°6, 190 p.
- DJÉGUI N., DANIEL C., 1996. Le développement du palmier à huile au Bénin : une approche spécifique. Oléagineux, corps gras, lipides 3 (2) : 125-130.
- DUFOUR O., FRERE J.L., CALIMAN J.P., HORNUS P., 1988. Présentation d'une méthode simplifiée de prévision de la production d'une plantation de palmier à huile à partir de la climatologie. Oléagineux 43 (7) : 271-278.
- DUFRENE E., DUBOS B., REY H., QUENCEZ P., SAUGIER B., 1993. Variation de l'évapotranspiration d'un couvert de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) soumis à un déficit saisonnier du sol. Oléagineux 48 (3) : 105-120.
- HARTLEY C.W.S., 1988. The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Third Edition. Londres, Grande-Bretagne, Longman, Tropical Agriculture Series, 761 p.
- HOUSSOU M., 1985. Amélioration du palmier à huile (*Elaeis guineensis* J.) en zone peu humide. Résultats récents obtenus au Bénin. Thèse, université Paris-Sud, Orsay, France.
- HOUSSOU M., CORNAIRE B., OMORÈ A., ADJÉ J., 1992. Sélection pour la résistance à la sécheresse du palmier à huile. ISOPB, Montpellier, France.
- MAILLARD G., DANIEL C., OCHS R., 1974. Analyse des effets de la sécheresse sur le palmier à huile. Oléagineux 29 (8-9) : 395-404.
- MEUNIER J., POTIER F., AMBLARD P., TAILLIEZ B., 1989. Relations entre la production d'huile et le nombre de régimes chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). Oléagineux 44 (6) : 269-279.
- NOUY B., DANIEL C., 1994. Appui à la recherche agricole au Bénin. Composante 2 : reconversion de la palmeraie paysanne. Paris, France Cirad-cp (document interne).
- NOUY B., OMORE A., POTIER F., 1996. Oil palm production cycles in different ecologies : consequences for breeding. In : 1996 PORIM international palm oil congress, p. 62-75.
- OLIVIN J., 1966. Pointe annuelle de production des palmeraies au Dahomey et cycle annuel de développement du palmier à huile. Oléagineux 21 (6) : 351-354.
- QUENCEZ P., 1996. La culture du palmier à huile en Afrique intertropicale : les conditions du milieu physique. Oléagineux, corps gras, lipides 3 (2) : 116-118.
- RANCOULE, 1943. Note sur le rythme d'apparition des feuilles, celui des inflorescences et leur durée d'évolution. In : Rapport annuel 1943 de la station expérimentale de Pobè, Bénin, p. 22-23 (document interne).
- REIS DE CARVALHO C., 1991. Mécanismes de résistance à la sécheresse chez les plantes jeunes et adultes de palmier à huile. Thèse, université Paris-Sud, Orsay, France.
- REY H., QUENCEZ P., DUFRENE E., DUBOS B., 1998. Profils hydriques et alimentation en eau du palmier à huile en Côte d'Ivoire. Plant. Rech. Dév. 5 (1) : 47-57.
- SWAINE M.D., 1992. Characteristics of dry forest in West Africa and the influence of fire. J. Vegetation Sci. 3 : 365-374.

Oil palm under limiting water supply conditions

Nouy B.¹, Baudouin L.², Djégui N.³, Omoré A.³

¹ CIRAD-CP, EMBRAPA-CPAA, km 28 AM-10, CEP 69048-660, CP 319, Manaus-AM, Brazil

² CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

³ SRPH, Station de Pobé, BP1, Pobé, Benin

There are two partially contradictory preconditions for the profitability of oil palm growing in Benin: preserving high yields despite the high water deficit, and palm survival in the event of severe dry spells. This means choosing adapted varieties and adopting appropriate agronomic practices.

The oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq., is a Palmaceae that is naturally very common in West Africa, in transitional zones between forest and savannah. It is a pioneer plant that plays an active part in reconquering savannah zones as forests spread (Swaine, 1992). For instance, the large wild palm grove in southern Benin apparently developed at the time of the last main expansion of the tropical rainforest. The local populations initially exploited the palms already there, but then gradually developed the wild palm grove before planting up to 500 000 ha of estates in the 19th century, at the behest of the kings of Abomey. However, Benin, which for a long time played a major role in world palm oil and palm kernel oil production, is now considered a marginal zone for oil palm. In fact, although the oil palm can be seen as well suited to the agroclimatic conditions in southern Benin, those conditions do not enable it to express its full yield potential. The rainfall pattern in the country, with its humid tropical climate with two rainy and two dry seasons, regularly results in water stress, and an insufficient water supply is known to be the main limiting factor for oil palm production (Quencez, 1996). Not only is production per palm substantially reduced, but particularly dry periods such as 1976-1977 and 1982-1983 can even kill palms, hence reducing planting densities and affecting long-term plantation profitability.

However, oil palm still plays an important economic role in Benin, where it is the most productive oil crop and where palm oil accounts for over 50% of vegetable oil production (Djégui and Daniel, 1996). The profitability thresholds in "spontaneous" or cooperative zones are difficult to evaluate, due to the existence of an informal marketing circuit, but they can be assumed to be relatively low at present, no doubt below six tonnes of fresh fruit bunches (FFB) per hectare. However, the future for oil palm as a cash crop lies in obtaining higher yields so as to be able to cope with extended dry periods. The

water stress problem exists in many oil palm growing countries, but is particularly marked in southern Benin, which prompted the Pobé oil palm research station to develop a specific research programme on oil palm adaptation to drought. The programme takes a multi-disciplinary approach, closely linking agronomists, physiologists and breeders, and is aimed at understanding how oil palm functions under water stress conditions in order to breed and disseminate appropriate material and draw up techniques that will help to prevent or alleviate the effects of drought.

The climatic characteristics of the growing zones in southern Benin

The sunshine (1 750 hours per year on average at Pobé) and temperature (27°C annual mean and temperatures very rarely below 18°C) conditions in southern Benin are satisfactory for oil palm, but the same cannot be said for rainfall. A total of 1 800 mm/year, evenly distributed throughout the year, is generally necessary for oil palm to express its full potential. Lower or unevenly distributed rainfall results in water deficits¹. In West Africa, where the rainfall pattern is characterized by one long and one short rainy season and one long and one short dry season, rainfall conditions are optimum at only a very few sites, and the annual water deficits in growing areas are generally between 100 and 400 mm. In Benin, the annual water deficit varies between 400 and 700 mm, peaking at over 900 mm. Water supply conditions are further exacerbated by the harmattan, which reduces the relative humidity of the air for two to eight weeks per year.

The weather charts for Pobé over the past 70 years or more do not show any marked trends for annual rainfall, but rather a series of alternate relatively wet and drier periods (figure 1). However, for some 25 years now, the seasonal

rainfall pattern has been changing, slowly but surely. Although the four seasons are still distinct, it is raining less and less during the long dry season and more and more during the short dry season. This is confirmed by the water deficit figures for the critical period of October to March: the frequency of adverse climatic conditions was much greater from 1971 to 1995 than from 1924 to 1971 (table 1).

The effects of drought

The degree and nature of the disruption caused by water stress can be seen in the differences in the performance of the LM2T x DA10D control cross, which was planted for genetic trials at three stations with very contrasting rainfall patterns: Aek Kwasan, North Sumatra, annual water deficit 0 to 100 mm; La Mé, Côte d'Ivoire, annual water deficit 300 to 400 mm; Akpadanou, Benin, annual water deficit 400 to 700 mm (figure 2 and table 2).

The floral biology of the oil palm largely explains the effect of water deficits on production and its distribution (figure 3). In the axil of each leaf, oil palms have an inflorescence that is either male or female. The sex is determined around leaf —25, i.e. the 25th unopened leaf. Given the rate of leaf emission, which decreases as the palms age, the sex is thus established some 20 months before harvesting on young palms, and 26 to 30 months before on adult palms. The climatic conditions would not seem to modify the number of leaves emitted each year, hence the number of potential inflorescences (Rancoule, 1943), but it has been established that on the one hand male sexual cycles are initiated (Beinaert, 1935; Anon., 1970; Corley, 1976), and on the other hand young inflorescences abort (Broekmans, 1957; Hartley, 1988) following a water deficit. The critical stage during which water requirements are at their peak corresponds to inflorescence elongation, which is generally between 13 and 10 months before harvesting, depending on the material.

The change in the sex ratio —the ratio of the number of female flowers to the total number of

¹ The water deficit is estimated by a simplified calculation based on monthly rainfall, estimated consumption by the palms, and soil water reserves.

flowers—, combined with abortions, results in production peaks and troughs. In Benin, as in South Sumatra, production troughs are primarily caused by abortions (Lamade, personal communication).

Production irregularities are exacerbated by variations in the flowering time—the time between the opening of a leaf and flowering of the inflorescence in its axil—, the maturation time—between flowering and bunch ripening—, and the leaf emission rate. During the long dry season, the effects of the unopened leaves, the substantially longer flowering time and the shorter maturation time are combined. At the opposite end of the scale, at the start of the rainy season, all the leaves whose development was halted open. A phenological study at the Pobé station (Olivin, 1966) counted as many open leaves during the first four months after the rains resumed (May to August) as during the rest of the year. The bunches that ripen during the three peak production months (February to April) are borne by the leaves that opened from September to April, during the rainy season of the previous year. This concentration accounts for the fact that at a given age, the number of FFB harvested during the peak harvest month is greater in drier ecologies, such as Akpadanou, than at wetter sites. However, bunch development is hindered and mean bunch weight is much lower.

The oil palm's reaction to drought takes the following forms: a longer immature period, a substantial reduction in annual production, and vegetative damage, even palm death in some cases.

Lengthening of the immature period

An insufficient water supply primarily affects palm development: palms begin to bear two years later in Benin than in North Sumatra, on average.

Deterioration of monthly production distribution

In Benin, in a normal year, the peak monthly production is around the same as in North Sumatra, but the peak period is much shorter and virtually no FFB are produced for part of the year. The peak monthly figure for the control cross amounts to over 35% of the annual total, compared to just 13 to 16% in North Sumatra. This irregular distribution has several consequences:

- annual FFB production is substantially reduced: at Akpadanou, it is half and a quarter of that at La Mé and Aek Kwasan respectively (table 2);
- mill capacity, which is generally based on peak production, is not used efficiently;

- lastly, the oil content of the FFB falls. The production peak occurs at the end of the dry season, and a high proportion of the bunches therefore ripen under conditions that are not propitious to oil formation, which is very water- and energy-intensive. Whereas the oil content of the mesocarp is virtually stable throughout the rainy season, it falls sharply after two months of severe water stress. In the event of a particularly severe dry season, the palms are unable to ensure supplies to the bunches, which rot (Houssou, 1985).

Dry periods thus inevitably affect oil palm yields over at least three production campaigns, by causing bunch abortion and early inflorescence abortion, and affecting inflorescence sex differentiation. The close link between FFB production and cumulated water deficits over a three-year period has enabled agronomists to produce reliable harvest forecasting models (Dufour *et al.*, 1988).

Vegetative damage and palm death

The efficacy of the oil palm's stomatal apparatus enables it to maintain tissue moisture for relatively long periods. However, in the event of very severe water stress, it suffers vegetative damage in addition to production losses. The palm begins to show symptoms: there are increasing numbers of unopened leaves—known as spears—, then broken green leaves, all the leaves at the base of the crown dry out, and finally, the central leaf cabbage topples and the palm dies. This generally occurs at the start of the rainy season, and is often the result of wet bulb rot. Again, uneven production distribution is an adverse factor, since large bunch loads make the palms more fragile.

However, the oil palm has an astonishing ability to recover. The palms that have not died by the start of the rainy season very rapidly resume growth and show very few after-effects: the new leaves that open look vegetatively healthy. FFB production is significantly reduced for three years, due to the long time lapse between floral initiation and bunch ripening, but subsequently returns to normal. For instance, in the Akpadanou trials, individual production per palm in 1985-1995 was unrelated to the symptoms shown by the palms during the severe droughts of 1982-1983 and 1983-1984.

The reduction in FFB production per hectare is not proportional that in density, since the surplus production from palms next to those that die partly compensates for palm losses. For instance, in the Akpadanou trials, the loss of a palm led to an average FFB surplus of 10 to 11% from each of its neighbours over the cumulated period from 7 to 15 years after planting (figure 4). Palm losses have little effect on production per hectare, provided they remain

limited to 10 or 20%, depending on their distribution in the plot.

Drought control methods

Preventing drought, or at least limiting its effects, means implementing a strategy covering the choice of planting area, appropriate crop techniques and the use of varieties that produce satisfactory yields under sub-optimum rainfall conditions.

Agronomic options

Identifying the most favourable agroclimatic zones

Rainfall patterns in Benin follow a pluri-annual cycle. The failure of the attempt to develop selected palms in cooperative systems in the country from 1960 to 1974 was partly due to the overestimation of yields, based on rainfall data for the previous decade, when climatic conditions had been relatively favourable (Djégui and Daniel, 1996). It is thus important to study the climate of a given region over a sufficiently long period to evaluate the crop's chances of success.

It is also crucial to take account of the type of soil and its water retention capacity, resistance to root penetration and fertility. In Benin, the soils are essentially desaturated loamy sand to sandy clay tertiary sediments, commonly known as "bar soils" (*terre de barre*), on the plateaux, and partially waterlogged sandy and colluvial soils in the valleys (Djégui, 1992). The first agronomic trials set up by the oil palm research station on the different soil types showed that on bar soils, where most oil palm plantations are found, yields varied from four to eight tonnes of FFB per hectare per year, depending on whether the soils had a low or high clay content. However, the best yields (10 to 14 tonnes of FFB per hectare) were obtained in valley bottoms with a shallow water table and on colluvial soils (Adjé *et al.*, 1996).

It is thus important to identify the favourable areas on bar soils more clearly. It has already been decided that some of the cooperative blocks will not be replanted with oil palm. Studies have also begun to identify and define the possibilities of developing valley bottoms. Moreover, the oil palm research station set up a major experimental network in southern Benin in 1997, so as to obtain a more accurate idea of the performance of selected palms in all the agroclimatic zones potentially propitious to the crop.

Choosing appropriate crop management sequences

Irrigation is the first crop technique that springs to mind. The low relative humidity of the air during the dry season reduces its efficacy, but appropriate irrigation can significantly improve

FFB production (22 to 24 t/year) and its distribution (Chaillard *et al.*, 1983). However, due to the constraints it imposes and to the lack of water, the technique has been a somewhat mitigated success (de Taffin and Daniel, 1976). Several other techniques help to alleviate the effects of drought, but the difficulty in implementing them or their adverse side-effects often limit their use.

Under dry conditions, growth rates are better for plantings set up with young palms, on the express condition that rodent attacks are kept under control. The most worthwhile technique in the long term consist in reducing the planting density. This very significantly reduces mortality, improves phytosanitary condition and increases production per palm (Houssou *et al.*, 1992). It has been successfully applied in smallholder intercropping systems, planting twin rows with a free interrow in which annual crops are planted. However, there is still strong demand for oil palm monoculture plantings, in which a normal planting density ensures better yields per hectare—at least for the first few years, provided there are no severe droughts—with less frequent interrow upkeep. Competition for water can be reduced by strict upkeep, even going so far as maintaining bare soil. The production increases obtained are substantial (90%), but the practice leads to soil impoverishment, particularly in terms of organic matter, and entails a risk of erosion (Daniel and de Taffin, 1974).

The systematic removal of all inflorescences on young palms enables the palms to develop a strong root system (Bénard and Daniel, 1971). This technique is still widely practised in Benin, sometimes up to four or five years after planting, but can be very dangerous as it encourages the development of female inflorescences and reduces abortion rates. In the first year of production, the palms are very heavily loaded with FFB and particularly vulnerable in the event of severe drought. It is essential to lighten the crowns before the dry season, but experience has shown that planters often refuse to sacrifice even part of their harvest.

The temporary removal of FFB on adult palms delays the production peak by several months and enables the palms to get through the dry season without FFB. However, the subsequent yield losses are relatively significant (20%). The technique cannot therefore be recommended for widespread use, and is merely a last resort to save palms.

Genetic improvement

The limitations of and difficulties of using agronomic techniques likely to reduce the impact of water deficits led researchers to attempt genetic improvement of drought

resistance. The possibility was first mooted by Maillard *et al.* (1974) and Houssou (1985), who demonstrated significant differences in sensitivity between materials that were not linked to production.

Only materials capable of maintaining acceptable yield levels can be considered suitable for dry conditions. This assumes the palm has a high production potential and is capable of avoiding or resisting excessive water stress. The possibilities of genetic improvement of oil palm in relatively dry areas can be assessed by studying the variability of performance under water stress conditions and identifying the underlying physiological mechanisms.

The number of genetic trials set up and materials tested is insufficient to provide a reliable estimate of the variability of performance under water stress conditions. Moreover, the trials were not designed for this, and the routine observations done did not take account of all the parameters that should have been measured during critical periods. Nevertheless, trials in marginal zones could provide an initial idea of performance variability, with a view to defining the outlines of a specific improvement programme. In this respect, two genetic trials set up in 1976 and 1977 at Akpadanou are interesting, on the one hand because exceptional deficits were recorded in two successive years (1982-1983 and 1983-1984), and on the other because 37 crosses from the first breeding cycle were studied, including 18 Deli x La Mé and 19 Deli x Yangambi types.

Differences in sensitivity between materials

There are two types of reaction to water stress in sensitive palms: a drop in production and vegetative damage.

Of the two reactions, the more serious is the drop in production, as it happens even in the event of moderate stress. There are no oil palm varieties or types of cross in which production is not affected, but it is important to determine whether the drop is of the same order of magnitude for all types of material. In the absence of appropriate experiments, it is currently impossible to reach a definite verdict as to the existence or absence of interactions between genotype and environment. However, the study carried out in a relatively dry ecology at Akpadanou, and under more favourable conditions at La Mé, on a set of 18 crosses (Deli x La Mé and Deli x Yangambi), revealed a weak but significant correlation between the two ecologies (0.54* for FFB weight; 0.59** for oil production) (figure 5). The widely demonstrated relation between FFB and number of bunches was also seen in the relatively dry zone ($r = 0.80^{**}$ for the number of bunches and $r = 0.38$ for mean bunch weight) (Meunier *et al.*, 1989). However, it would seem that the yields of

certain crosses are particularly affected, resulting in coefficients of variation that are much higher in Benin than in Côte d'Ivoire (13.6% compared to 11.2% for FFB production). In drier ecologies, the possibilities of improvement would thus seem, in relative terms, to be the same as in more favourable ecologies, and the best materials are generally the same in both cases. Nevertheless, the fact is that the very poor performance of some crosses may reflect a degree of sensitivity to drought. The planting of 50 crosses in genetic trials in Benin and Indonesia between 1995 and 1997 should provide a clearer picture of whether there really are interactions between genotype and environment.

Vegetative damage and palm death are the most spectacular consequences of sensitivity to drought. To assess the sensitivity of the vegetative apparatus to stress, Maillard *et al.* (1974) and Houssou (1985) drew up a sensitivity index, attributing a coefficient to each type of symptom—broken leaves, etc.—depending on the mean mortality rate it caused from one season to the next. However, in a normal year, only the lower reaches of the scale are represented, and the index loses its significance. The ability to recover after vegetative damage should also be taken into account, although most of the crosses studied apparently have that ability. Lastly, the best way of assessing the sensitivity of the vegetative apparatus to drought is the mortality rate. Palms only usually die after particularly dry periods (annual water deficit > 700 mm). Considerable differences in mortality rate and sensitivity index were observed in the Akpadanou trials. It is clear that FFB production makes the palms more fragile, since the mortality rate was lower for less productive palms. However, losses were also low for several high-yielding crosses. The low frequency of critical dry periods in the Akpadanou genetic trials makes it difficult to attribute the differences in sensitivity between high-yielding crosses to either intrinsic resistance factors or differences in bunch load. Were the dead palms exceptionally heavily loaded? The production records considered only healthy FFB harvested, and not bunch load.

However, there is no doubt that there are intrinsic factors. There were significant differences in the above two trials and at different ages, depending on genetic origin:

- the mortality rate for Deli x La Mé crosses was higher than for Deli x Yangambi ;
- within the Deli x La Mé crosses, those involving certain Deli parents, such as DA8D and DA10D, were characterized by good tolerance and good individual yields (figure 6).

Water stress tolerance factors

Studies are under way to identify the biological tolerance factors that enable plants to remain in

good physiological condition, whilst maintaining satisfactory yield levels. They affect water uptake, water saving and water stress tolerance.

The factors that favour water uptake under dry conditions are the most valuable, as they do not penalize production. They include root system growth, renewal and functioning. The oil palm has a large fascicular root system that is particularly dense down to a depth of 50 cm, but roots are also found at depths of up to 4 or 5 metres in the sandy ferrallitic soils of Côte d'Ivoire (Dufrière, 1993). The root system's role in oil palm drought tolerance is clear. Houssou (1985) showed that crosses with a high root density had low mortality rates. This applied to Deli x Yangambi crosses and crosses using parent DA8D. He also observed that high-yielding crosses were generally characterized by a low root density, thus increasing their sensitivity to drought.

This relation may be due to antagonism between production and root development, as the latter mobilizes a share of assimilates. However, it is not absolute, and there are high-yielding crosses with a high root density. Such crosses are obviously of great interest. Their good performance may stem from certain insufficiently studied aspects of root system functioning (for instance a lower renewal rate).

Moreover, a study of root profiles showed that water is drawn more from the topsoil during the rainy season and at the start of the dry season, and then from lower down when the topsoil dries out (Rey *et al.*, 1998). Cornaire (1992) observed that tolerant materials make better use of the topsoil at the start of the dry season. Little is yet known about the variability of performance deeper down, and that factor would be worth studying. The same goes for root system functioning in young palms. The nursery studies undertaken by the oil palm research station are very interesting in this respect, as they could enable the establishment of early criteria for evaluating sensitivity to drought.

The oil palm shows a certain number of reactions to drought, which can be interpreted as water saving mechanisms. Unlike the above factors, they do not generally favour production. Stomatal closure (Reis de Carvalho, 1991) and inflorescence abortion are just two examples. As a result, although they are useful in that they enable the palm to survive, they are of less interest.

However, a reduction in water requirements for production can be sought by improving their seasonal distribution. In effect, in a certain sense, the main difficulties encountered by oil palms in relatively dry ecologies are linked to the production peak. Water requirements for FFB ripening are particularly high when water is in short supply. Crop techniques such as castration

are proof that the oil palm can produce FFB out of season with no sign of physiological fatigue, but these techniques are cumbersome and lead to yield losses. It is thus very important to determine whether seasonal distribution could be improved by genetic means.

There are two possible ways of improving distribution, either by breeding materials with an offset production peak, or by developing crosses that would produce more consistently all year round. In ecologies in which the agroclimatic conditions are not limiting, there is substantial genetic diversity linked to production patterns (Nouy *et al.*, 1996). Unfortunately, in the event of a severe water deficit, the production cycles of all types of material are affected by seasonal climatic variations (Corley, 1977), and that genetic diversity is expressed less and less. The differences seen between plots are more a result of variations in the soil or in palm age than of the planting material.

As regards the time of the production peak, all the Deli x La Mé type crosses in the Akpadanou trials were virtually synchronized in terms of production (figure 7). There was a very slight difference between Deli x La Mé and Deli x Yangambi crosses, but the peaks were generally only a few weeks apart at most. The palms that continued to bear during production troughs proved to differ from one year to the next, and within-cross variability was also very low. The only notably offset peaks (one to two months) were observed between *Elaeis guineensis* material and *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera* hybrids. The latter produce too little to be grown commercially, but this observation proves that there may be a possibility of improving production distribution in the long term.

There is greater variability in terms of seasonal production regularity. In the trials, the production troughs and peaks were less marked for the Deli x Yangambi crosses than for the Deli x La Mé crosses (figure 7). The variability between crosses of the same origin is far from negligible, but is not sufficient to achieve the same distribution as in wetter ecologies, by genetic means (table 3).

The differences in production between high- and low-yielding palms are proportional throughout the year (figure 8), and an increase in production potential thus results in an increase in peak production, and not in an increase in the length of the production period. High-yielding palms are thus more vulnerable to the effects of drought than low-yielding palms.

For a given production, there is no obvious difference in the quality of yield distribution between sensitive and tolerant material. The variability of production distribution is insufficient to affect sensitivity to drought. The

tolerance of certain high-yielding palms is thus provided by other mechanisms.

When plants are no longer able to avoid drought, they at least need to limit its effects. As a last resort, the cells have to adapt so as to withstand varying degrees of dehydration.

Adjahossou (1983) and Cornaire (1990) observed hydrolysis of leaf starch and an increase in soluble sugar contents in oil palm during the dry season. Such mobilization of carbohydrate reserves is extremely useful in that it helps to maintain cell moisture and compensates for the reduction in photosynthesis. However, the differences in performance in the event of drought do not seem to be linked to differences in ability to mobilize those reserves.

On the other hand, Cornaire *et al.* (1994) revealed cellular dehydration resistance mechanisms in oil palm, like those already seen in annual crops: the most tolerant crosses are characterized by a low fatty acid content and lower fatty acid unsaturation.

Discussion

The oil palm is still very common on the Beninese landscape. Natural palm groves, which are still dominant, account for some 200 000 ha (Nouy and Daniel, 1994). There is currently a revival in the use of selected palms: on the one hand, it has been decided that most of the commercial and cooperative blocks planted in the 1960s are to be replanted, but above all, a so-called "spontaneous" plantation sector has developed, centring on individual rural or urban planters, which seems to be quite dynamic, to wit the planting of over 4 000 ha of selected palms from 1993 to 1998. This return to favour of selected palms is largely due to the oil palm research station which, with help from planters, has been able to show that even under the marginal climatic conditions in southern Benin, oil palm growing can be a profitable activity.

However, a certain number of rules have to be respected. The first is to choose planting sites with the best possible water supply conditions. This approach is primarily agronomic: the choice of soil type and climatic zone is crucial. Soils with a low water retention capacity should be ruled out, as should zones that frequently have an annual water deficit of over 600 or 700 mm. Every attempt should be made to irrigate where possible. A certain number of agronomic techniques are propitious to water uptake: removing inflorescences on young palms, which stimulates root system development, bare soil, which reduces competition with weeds for water, and reducing oil palm planting density, which reduces competition with other palms. This last technique is the only one that can be combined with other practices in an intercropping system, as the others can have adverse indirect effects.

In support of agronomic practices, choosing a planting material with a strong, deep root system favours water uptake.

The second rule is to limit the effects of drought. This is often detrimental to yields, irrespective of whether it involves agronomic practices such as FFB removal, or physiological mechanisms such as stomatal regulation. Preserving the palm and its ability to produce clashes with the natural logic of oil palm production cycles, which is that due to the close link between climate and floral and leaf development, all the palms bear FFB during the dry season. Under limiting water supply conditions, the possibilities of improving seasonal production distribution by genetic means would seem to be limited, but that is precisely where they would be most useful: any improvement, however slight, is desirable. The

observations at Akpadanou also show that an improvement in production potential results in a proportional increase in peak production, which further jeopardizes the palms in the event of severe drought. The existence of variations in the physiological characters involved in tolerance, such as membrane oil composition, nevertheless hints of interesting possibilities.

Until now, the Akpadanou observations have not warranted major changes to the genetic improvement programme. The highest-yielding palms are roughly the same in relatively dry ecologies as in wet ones. However, particular attention should be paid to the characteristics likely to reduce oil palm sensitivity to drought. The research on resistance, which began in the Akpadanou block in conditions where oil palm cultivation is no longer economically viable, is to be continued in the new Obéké-Ouèrè, which is

more representative of the zones propitious to oil palm cultivation in Benin. The material planted in the genetic trials set up recently will enable a more effective evaluation of the interactions between genotype and environment and should tell us, amongst other things, whether certain materials react to drought by drastically reducing production. The possibilities of improving production distribution, by genetic or agronomic means, should be pinpointed by observing phenological parameters. For instance, an agronomic study is looking into the adverse effects of castrating young palms and how to remedy them. More detailed phenological studies of root system functioning and water profile trends are to be carried out on a wide range of crosses. Physiological research is also moving towards the search for early selection criteria that can be applied right from the nursery stage.■

Résumé

La culture du palmier à huile est implantée de longue date au sud du Bénin. La pluviométrie y est le principal facteur limitant. Le régime pluviométrique comporte deux saisons des pluies et deux saisons sèches. Au cours des 70 dernières années, l'importance de la petite saison sèche tend à se réduire en faveur de la grande saison. Si la hauteur totale des précipitations annuelles reste stable à long terme, on note des fluctuations marquées. Le palmier subit un déficit hydrique fluctuant entre 400 mm et 700 mm avec des pointes à 900 mm. Il en résulte une entrée en production tardive, une production réduite et soumise à des variations saisonnières importantes. Les épisodes les plus secs provoquent des dégâts végétatifs pouvant aller jusqu'à la mort. Du point de vue agronomique, la culture du palmier en conditions sèches impose un choix rigoureux des zones destinées à la culture du palmier, et des pratiques agricoles adaptées. L'ablation des inflorescences à l'entrée en production améliore l'installation du système racinaire. La réduction de la densité de plantation et l'allègement des couronnes réduisent la mortalité au détriment de la production. Le matériel génétique doit cumuler productivité et tolérance à la sécheresse. Si des différences de mortalité sont constatées, leur déterminisme et les sources de tolérance doivent être étudiés plus systématiquement. Les principaux facteurs à prendre en compte sont l'alimentation hydrique, l'utilisation optimale de l'eau disponible, la répartition des cycles de production et les mécanismes cellulaires de tolérance.

Abstract

Oil palm has been grown in southern Benin for some considerable time. Rainfall is the main limiting factor in the area, where the rainfall pattern includes two rainy and two dry seasons. Over the past 70 years, the short dry season has tended to have less of an effect, whilst that of the long dry season has increased. Although total annual rainfall has remained stable in the long term, there are marked fluctuations. Oil palm is grown in areas with a water deficit of between 400 and 700 mm, with peaks at 900 mm. This delays the first harvest and reduces production, which also varies significantly from season to season. The driest periods cause vegetative damage, and sometimes even kill palms. From an agronomic point of view, growing oil palm under dry conditions means taking great care in choosing the areas for planting, and adopting appropriate crop techniques. Cutting off the inflorescences when production starts improves root system establishment. Reducing the planting density and thinning the palm crowns reduces mortality, albeit to the detriment of production. The planting material used has to combine productivity and drought tolerance. If variations in mortality are seen, the underlying reasons and the sources of tolerance need to be studied more systematically, and the main factors to be taken into account are water supply, optimum use of the available water, production cycle distribution and cellular tolerance mechanisms.

Resumen

El cultivo de la palma aceitera se halla implantado desde hace mucho tiempo en el sur de Benin. La pluviometría es allí el principal factor limitante. El régimen pluviométrico incluye dos temporadas de lluvias y dos temporadas secas. En el transcurso de los últimos 70 años, la importancia de la pequeña temporada seca tiende a reducirse en beneficio de la temporada grande. Si la altura total de las precipitaciones anuales permanece estable a largo plazo, se anotan fluctuaciones marcadas. La palma sufre un déficit hídrico fluctuante entre 400 mm y 700 mm con puntas a 900 mm. De allí resulta una entrada en producción tardía, una producción reducida y sometida a variaciones temporales importantes. Los episodios más secos provocan deterioros vegetativos pudiendo llegar hasta la muerte. Desde el punto de vista agronómico, el cultivo de la palma en condiciones secas impone una selección rigurosa de las zonas destinadas al cultivo de la palma, y prácticas agrícolas adaptadas. La ablación de las inflorescencias en la entrada en producción mejora la instalación del sistema radicular. La reducción de la densidad de siembra y la disminución de las coronas reducen la mortalidad en detrimento de la producción. El material genético debe acumular productividad y tolerancia a la sequía. Si se observan diferencias de mortalidad, su determinismo y las fuentes de tolerancia deben estudiarse más sistemáticamente. Los principales factores por tomar en cuenta son la alimentación hídrica, la utilización óptima del agua disponible, la distribución de los ciclos de producción y los mecanismos celulares de tolerancia.