

Etude de la croissance en hauteur du palmier à huile en Côte-d'Ivoire

Application pratique au problème de la replantation

C. de BERCHOUX (1) et P. QUENCEZ (2)

Résumé. — La connaissance du rythme de croissance en hauteur du palmier à huile est essentielle car elle permet de prévoir à partir de quel moment un certain pourcentage de couronnes va devenir hors d'atteinte pour les récolteurs, entraînant ainsi des pertes de production de plus en plus élevées. L'étude de la croissance est destinée à apprécier la période de fin d'exploitation et celle de la replantation dont dépend l'approvisionnement des huileries pendant la période de remplacement des cultures anciennes. La méthode simple décrite dans l'article a permis de mettre en évidence les relations qui existent avec divers paramètres comme l'écologie, les sols, l'âge et l'homogénéité des populations de palmiers. Elle constitue un outil efficace de planification.

« La croissance en hauteur est un facteur important pour la rentabilité d'une palmeraie puisqu'elle détermine en fait la durée possible d'exploitation ; en effet, au fur et à mesure que les arbres grandissent, un certain pourcentage de couronnes devient hors d'atteinte pour les récolteurs, entraînant une baisse progressive de production » [Surre, *Oléagineux*, 1979, 34, n° 11, p. 491].

Le facteur de croissance est déjà introduit en tant que critère de sélection depuis environ 10 ans dans les programmes d'amélioration du palmier à huile. L'I. R. H. O. a poursuivi ses recherches dans ce domaine en précisant les caractéristiques de la croissance, notamment dans un article paru dans le même numéro de la Revue : « Contribution à l'étude de la croissance en hauteur du stipe d'*Elaeis guineensis* » [J. C. Jacquemard, 1].

Des études ont été également entreprises immédiatement en plantation industrielle pour tenter de mettre au point une méthode destinée à apprécier la période de fin d'exploitation et celle de replantation dont dépend l'approvisionnement des huileries pendant la période de remplacement des cultures anciennes.

La méthode décrite ci-après a été mise au point à la suite d'observations menées sur plus de 50 000 ha de plantations industrielles de palmiers à huile en Côte-d'Ivoire. Ces plantations étant établies depuis la frontière du Ghana jusqu'au Bas-Cavally à la frontière du Libéria, dans une zone de 500 km le long de la mer et sur 100 km de profondeur, dans des régions à caractéristiques agro-écologiques différentes, il a été possible également d'examiner les relations existantes entre la croissance et divers paramètres.

I. — MÉTHODES DE MESURE DE LA HAUTEUR DES ARBRES ET D'ANALYSE DES RÉSULTATS

Les cultures antérieures à 1970, des plantations de Côte-d'Ivoire concernées par l'étude, occupent une superficie de 33 506 ha.

Les lignes observées sont situées toutes les 20 lignes sur toutes les parcelles et tous leurs arbres sont mesurés, ce qui correspond à un échantillon de 5 p. 100 de la population régulièrement réparti sur toute la plantation.

Les mensurations ont été faites sur 170 550 arbres en décembre 1978 et janvier 1979 pour les plantations 1959 à 1968, et sur 26 250 arbres en janvier 1980 pour les plantations 1969.

1. — Méthode de mesure.

La hauteur de l'arbre est mesurée entre sa base et le niveau du pédoncule du régime mûr ou au niveau de la feuille 33 s'il ne porte pas de régime mûr.

Chaque mesure est exécutée à l'aide d'une perche dont la longueur est fonction de la hauteur des arbres, et d'un double décimètre à ruban.

Les arbres morts sont notés ainsi que les anormaux qui ne sont pas pris en compte dans les calculs.

2. — Analyse des résultats.

Une unité de plantation peut être constituée pour une année de plantation, une saison de plantation ou un groupe de parcelles présentant un caractère particulier.

L'unité est caractérisée par : la superficie, le nombre total d'arbres étudiés, l'âge au moment de la mesure (n), la hauteur moyenne des arbres (\bar{h}_n) et l'écart-type de cette distribution réelle (s_n).

Dans les conditions de la Côte-d'Ivoire, le calcul de la croissance moyenne annuelle (c) est établi en fonction des observations effectuées sur la Station de La Mé où l'on a constaté que la croissance d'un arbre commence lentement à partir de sa mise en place jusqu'à l'âge de 6 ans, puis que la vitesse de croissance se stabilise et reste relativement constante au moins jusqu'à 25 ans.

Sur les plantations 1968, où l'on a pu réaliser des mesures à 1 an d'intervalle, on a pu déterminer que le « point de décollage théorique » de la linéarité de la courbe « taille des arbres en fonction de l'âge » pour la moyenne des plantations (en prenant pour hypothèse que le décollage intervient au même moment pour toutes les plantations), se réalise en moyenne à 4 ans 1/2 (dans d'autres conditions, ce point de décollage théorique pourrait être légèrement plus précoce ou plus tardif).

(1) Directeur de la Station de la Mé, I. R. H. O., B. P. 13 Bingerville (Côte-d'Ivoire).

(2) Coopération technique PALMINDUSTRIE, Station de La Mé (Côte-d'Ivoire).

En Côte-d'Ivoire, la croissance moyenne annuelle s'exprime donc par :

$$c = \frac{\bar{h}_n}{n - 4,5}$$

Compte tenu de l'imprécision des dates de plantations et de leur étalement dans le temps pour chaque campagne, on a convenu de donner à « n » des valeurs entières d'année pour les arbres plantés en octobre (2^e saison), et des valeurs intermédiaires pour les arbres plantés en mai (1^{re} saison), les mesures ayant été généralement effectuées en décembre-janvier.

Pour toutes les cultures de 10 ans et plus, le calcul de la croissance moyenne (c) est valable même s'il existe une variation de quelques mois pour la date de décollage réel. Ainsi, pour des plantations réalisées en mai 1962 par exemple, le décollage théorique des arbres se situe au début de l'année 1967 et la durée d'élongation constante est donc de 12 ans à la date des mesures (décembre 1978-janvier 1979).

Les mensurations obtenues sont réunies par unité de plantation en vue d'établir des « courbes de distribution ». Toutefois, les échantillons analysés n'ayant pas été tirés au sort et, dans certains cas, des erreurs systématiques de mesure dues aux observateurs ayant été décelées (arrondis plus fréquents des mesures sur les valeurs entières du mètre que sur les valeurs intermédiaires), il a été procédé à un ajustement des distributions réelles, en distributions normales correspondantes, caractérisées par la même moyenne (\bar{h}_n) et le même écart-type (s_n).

C'est sur ces distributions normales que les études qui suivent ont porté.

Elles ont permis de montrer, compte tenu de la hauteur limite d'accessibilité des régimes (H) et d'un certain pourcentage de pertes maximales de production tolérables dans une plantation âgée (P_M), que l'on peut définir la date limite d'exploitation d'une plantation et par conséquent la date de sa replantation.

II. — RELATIONS ENTRE LA CROISSANCE EN HAUTEUR ET DIVERS PARAMÈTRES

1. — Croissance en hauteur et écologie.

On a pu classer les plantations industrielles de Côte-d'Ivoire selon leur rythme de croissance annuelle.

On a aussi constaté que la croissance la plus rapide est observée sur les plantations établies sur sols issus de sables tertiaires, après forêt, et bénéficiant d'une alimentation hydrique très satisfaisante.

Les plantations à croissance rapide se situent sur sols issus du socle ancien avec une alimentation hydrique au moins satisfaisante (nappe phréatique peu profonde).

Une croissance moyenne prévaut sur les plantations réalisées sur sables tertiaires derrière caféière ou mi-forêt mi-savane, et sur socle avec une alimentation hydrique moins bonne que pour les précédentes.

Enfin, la croissance est lente pour les plantations sur socle plus ou moins gravillonnaire avec une alimentation hydrique limite, et sur sables tertiaires derrière savane.

2. — Variabilité de la hauteur : écart-type.

L'écart-type (s_n) donne une indication précise de la variabilité au sein des populations étudiées, une fois admis le principe que la population suit, pour ce caractère, la loi de distribution normale. Il permet de calculer le pourcentage d'arbres dont la hauteur est comprise entre certaines limites, grâce à la loi normale réduite.

Ainsi, pour une hauteur de 5 m avec un écart-type de 1 m : 95 p. 100 de la population se situe entre 3 et 7 m.

On sait que l'écart-type des populations **augmente avec leur âge** [1]. Il permet en outre de mettre en évidence que, pour une même hauteur moyenne de deux populations de même âge, celle dont l'écart-type est le plus grand est la plus hétérogène.

Par exemple, entre deux plantations 1968, présentant les caractéristiques suivantes :

— A : $s_n = 88$ cm, pour $\bar{h}_n = 3,04$ m,

— B : $s_n = 59$ cm, pour $\bar{h}_n = 3,14$ m,

la population de la plantation B est très homogène par rapport à la plantation A, bien que sa croissance soit semblable.

Si l'on compare, enfin, pour différentes hauteurs, l'écart-type d'un unique croisement, planté régulièrement chaque année, avec des plantations de même âge composées d'un mélange de nombreux croisements, on constate qu'il faut éviter de mélanger le matériel végétal destiné à être planté et que l'on aura tout intérêt à individualiser sur le terrain le matériel végétal au moins au niveau d'une même reproduction d'hybrides, et à réaliser une sélection en pépinière la plus soignée possible (Tabl. I).

TABLEAU I. — Hauteur et écart-type
(Height and standard deviation)

Hauteur référence (Reference height) (m)	Ecart-type s_n (Standard deviation) (cm)	
	Plantation	
	Mélange de croisements (Mixture of crosses)	Croisement unique (Single cross)
3	60	40
3,5	66	45
4	72	50
4,5	77	54
5	82	58
5,5	87	63
6	92	66

3. — Croissance en hauteur et saison de plantation.

En Côte-d'Ivoire, les plantations sont normalement réalisées au début de la grande saison des pluies en mai. Toutefois, à cause de certains retards, ou par suite de programmes trop importants la même année, une partie de programme a pu être plantée au début de la petite saison des pluies en octobre. Des couples d'une même unité ainsi constitués, on a observé que les plantations de petite saison ont en moyenne une croissance en hauteur annuelle inférieure de 2,2 cm à celles réalisées en grande saison des pluies. Cet écart, significativement différent ($t = 2,339$ *) par le test de Student, est d'autant plus élevé que la grande saison sèche est plus sévère.

III. — PERTES DE PRODUCTION ET CROISSANCE EN HAUTEUR

1. — Notions techniques.

Le palmier à huile croît régulièrement en hauteur et sa production reste constante, aux aléas climatiques près, jusqu'à un âge au-delà duquel on ne l'exploite plus industriellement, mais la hauteur de l'arbre est le facteur limitant de son exploitation.

Actuellement, les perches utilisées pour la récolte au couteau malais n'excèdent pas 12 m en Côte-d'Ivoire, et l'on a retenu l'hypothèse selon laquelle elles permettent de couper les régimes des arbres de 13 m.

Les mesures de croissance en hauteur permettent donc de planifier, pour chaque plantation, les pertes que l'on enregistrera du seul fait de la hauteur trop élevée des arbres.

Dans le contexte actuel, on estime que la limite de rentabilité de l'exploitation de la palmeraie se situerait, pour la Côte-d'Ivoire, aux alentours de 8 t de régimes/ha. Il serait donc logique de dire que la replantation doit intervenir lorsque la production d'une palmeraie atteint ce seuil en dessous duquel l'exploitation n'est plus rentable. En réalité, il faut tenir compte essentiellement du nombre d'arbres qui ne peuvent être récoltés sur la parcelle.

Il a été préféré, pour l'estimation de la période de replantation, de fixer la limite tolérable des pertes à 30 p. 100 de la production attendue, ce qui signifie que 30 p. 100 des arbres ne sont plus récoltables du fait de leur hauteur.

Pour atténuer les pertes de récolte qui en résultent, on peut procéder à l'abattage préalable des palmiers ayant dépassé 13 m de haut, ce qui permet d'augmenter la production des arbres voisins en améliorant leur nutrition hydrique, et en leur donnant plus d'espace.

Cette notion de « pertes de récolte » donne une indication assez précise sur la limite prévisible d'exploitation. Sachant qu'il est intéressant de disposer assez longtemps à l'avance des indications nécessaires à l'établissement du planning de replantation d'une unité, on a tenté de mettre au point une méthode de calcul utilisable dans tous les cas et permettant un traitement rapide des données de bases.

2. — Méthode de calcul des pertes de production et de l'âge limite d'exploitation.

Une unité de plantation, à un âge déterminé (i), est caractérisée par sa hauteur moyenne (\bar{h}_i) et l'écart-type de la population (s_1).

On a estimé que la distribution des hauteurs des arbres d'une unité pouvait être ajustée à la distribution normale correspondante.

Pour déterminer le pourcentage d'arbres dont la taille sera inférieure ou égale à la hauteur limite de récolte (H), on peut appliquer la fonction de distribution de la loi normale réduite P(t).

Ainsi le pourcentage de perte (P_m) est :

$$P_m = 1 - P(t) \quad (1)$$

$$\text{avec : } t = \frac{H - \bar{h}_i}{s_1} \quad (2)$$

Détermination de \bar{h}_i :

$$\bar{h}_i = \bar{h}_n + c(i - n)$$

avec \bar{h}_n : hauteur moyenne à l'âge de la mesure n, et c : vitesse de croissance moyenne,

$$c = \frac{\bar{h}_n}{n - 4,5}$$

(la valeur 4,5 est déterminée par le « point zéro théorique » de la hauteur qui correspond à l'âge moyen à partir duquel la vitesse de croissance de l'arbre est constante).

$$\text{D'où } \bar{h}_i = k\bar{h}_n \quad (3)$$

$$\text{avec : } k = 1 + \frac{i - n}{n - 4,5} \quad (4)$$

Détermination de s_1 :

Il a été montré par Dagnélie [2] que :

$$s_1 = ks_n \quad (5)$$

A partir des équations précédentes, il est possible de déterminer :

— le pourcentage de pertes (P_m) que l'on aura à un âge défini (i) et pour une hauteur limite de récolte (H, 13 m),

— l'âge (i) auquel les pertes de récolte atteindront la valeur limite tolérable (P_m , 30 p. 100), pour une hauteur limite de récolte (H, 13 m).

Ainsi :

$$i = \frac{H(n - 4,5)}{\bar{h}_n + ts_n} + 4,5 \quad (6)$$

Exemple d'étude : supposons une plantation constituée de 4 unités de plantation dont les caractéristiques sont données dans le tableau II.

Le pourcentage de pertes maximales tolérables étant fixé à 30 p. 100 de la production attendue, et la hauteur limite de récolte à 13 m :

$$\begin{aligned} \text{soit } P_m &= 0,30 \\ \text{de (1) } P(t) &= 0,70 \\ \text{de la table statistique } t &= 0,52 \end{aligned}$$

L'équation (6) donne alors l'âge limite d'exploitation (i) :

TABLEAU II

Année de plantation (Planting year)	Age au moment des mesures n (Age at time of measurement n) (ans-years)	Hauteur moyenne (Average height) \bar{h}_n (m)	Ecart-type (Standard deviation) s_n (m)
1962	16,5	5,83	0,84
1963	15,5	5,52	0,86
1964	14,5	5,02	0,73
1965	13,5	4,91	0,79

Plantations	Valeur de i	soit, en :
1962 (juin)	29,4 ans	1991 (nov.)
1963 (juin)	28,5 ans	1991 (déc.)
1964 (juin)	28,6 ans	1993 (janv.)
1965 (juin)	26,5 ans	1991 (déc.)

3. — Pertes de production.

Le pourcentage de pertes de production peut être calculé pour chaque exercice annuel en prenant la valeur résultant du calcul en milieu d'exercice. Ceci présente l'avantage d'appliquer la perte de production à l'époque de la pointe de production annuelle.

Si l'on calcule « k » à partir de l'équation (4), puis t de l'équation (2) et P_m de (1) après avoir déduit P(t), on peut calculer les pertes pour chaque unité de plantation.

Le calcul de ces pertes, pour les plantations 1962, en fonction de l'âge (i) fait l'objet du tableau III.

TABLEAU III. — Calcul des pertes de production
(Calculation of yield losses)

Dates	(Années) (Years)	P. 100 de pertes (loss) P _m			
		i	k	t	P(t)
Mars (March)					
1985	22,7	1,517	3,26	0,999	—
1986	23,7	1,600	2,73	0,997	0,3
1987	24,7	1,683	2,26	0,988	1,2
1988	25,7	1,767	1,82	0,966	3,4
1989	26,7	1,850	1,43	0,924	7,6
1990	27,7	1,933	1,07	0,858	14,2
1991	28,7	2,017	0,73	0,767	23,3
1992	29,7	2,100	0,43	0,666	33,4

Un calcul pour les 4 unités citées donne les résultats présentés dans le tableau IV.

TABLEAU IV. — Pourcentage de pertes de production en milieu d'exercice comptable avec une hypothèse de hauteur de récolte limitée à 13 m
(Percentage yield losses in middle of financial year with hypothesis of harvesting height limited to 13 m)

Année de culture (Planting year)	Année d'exploitation (Exploitation year)							
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
1962	0,3	1,2	3,4	7,6	14,2	23,3	33,4	
1963	0,3	1,3	3,5	7,6	14,2	22,7	32,6	
1964	0	0,2	0,8	2,6	6,4	12,5	21,2	31,6
1965	0,2	0,8	2,7	6,5	12,9	32,6	43,6	

IV. — PLANIFICATION DE LA PLANTATION

Le problème posé par la replantation des plantations industrielles est l'un des plus importants que cette étude met en évidence.

En effet, si la plantation pouvait être plantée régulièrement pendant 20 à 25 ans, on pourrait prévoir sans difficulté la replantation des diverses tranches au terme de leur limite respective d'exploitation économique sans nuire à l'ensemble. Mais comme les plantations sont réalisées en un très petit nombre

d'années pour des raisons évidentes de rentabilité financière et qu'elles occupent généralement toute la superficie dont elles disposaient, le planning de replantation est délicat à établir.

Si l'on attend la limite d'exploitation économique de chaque année de culture pour replanter, on risque de voir l'usine travailler avec un coefficient de remplissage très faible pendant de nombreuses années. Il faut donc programmer assez longtemps à l'avance la replantation, ou des plantations complémentaires, en prenant pour base de raisonnement la capacité de production de l'huilerie. L'interprétation des données de croissance permet de le faire.

Si l'on suppose que la plantation de l'exemple qui précède a été réalisée en 4 ans à raison de :

156 ha en 1962	901 ha en 1964
668 ha en 1963	956 ha en 1965

total : 2 681 ha,

on s'aperçoit en examinant le tableau IV que, pour limiter les pertes de récolte, il faudrait avoir replanté la totalité de la surface en 1992. Sachant que cette plantation ne dispose pas d'autres surfaces que celles qui sont déjà plantées, il est essentiel d'établir un plan de replantation échelonné qui assure à l'usine le meilleur rythme d'approvisionnement.

A titre d'exemple, on a étudié dans le tableau V 3 plans de replantation et de production basés sur des estimations de rendement en usage en Côte-d'Ivoire.

TABLEAU V. — Perspectives de production annuelle de régimes livrés à l'huilerie, selon 3 schémas de replantation
(Forecasts of bunch production for delivery to mill according to 3 replanting schemes)
(en tonnes — in tons)

Année (Year)	Schémas (Schemes)		
	A	B	C
1981	37 712	37 712	37 712
1982	37 712	37 712	25 060
1983	33 648	37 712	25 060
1984	29 994	37 712	25 060
1985	26 219	29 934	25 060
1986	22 787	22 787	19 858
1987	21 189	15 943	21 564
1988	19 945	7 973	24 434
1989	19 123	3 752	26 151
1990	18 796	8 576	20 652
1991	18 713	15 276	22 350
1992	20 234	23 316	25 479
1993	24 522	31 899	34 859
1994	28 810	36 725	34 859
1995	33 098	40 480	36 645
1996	37 393	42 359	42 003
1997	39 807	42 896	42 896
1998	41 686	42 896	42 896
1999	42 627	42 896	42 896
2000	42 896	42 896	42 896
Total	596 911	601 452	611 155

Schéma A : replantation en 10 ans de 1983 à 1992 à raison de 268 ha/an (Tabl. VI),

Schéma B : replantation en 5 ans de 1985 à 1989 à raison de 536 ha/an (Tabl. VI),

Schéma C : replantation en 3 ans espacés de 4 années, soit : en 1982, 1986, 1990 à raison de 894 ha/an (Tabl. VI).

TABLEAU VI

Replantation- Année de culture (<i>Replanting- Planting year</i>)	Année de plantation (<i>Planting year</i>)											Total
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
Schéma A : Replantation en 10 ans (<i>Scheme A : Replanting in 10 years</i>)												
1962		156										156
1963		112	268	268	20							668
1964					248	268	268	117				901
1965								151	268	268	269	956
Total		268	268	268	268	268	268	268	268	268	269	2 681
Schéma B : Replantation en 5 ans (<i>Scheme B : Replanting in 5 years</i>)												
1962				156								156
1963				380	288							668
1964					248	536	117					901
1965							419	537				956
Total				536	536	536	536	537				2 681
Schéma C : Replantation en 3 ans espacés de 4 ans (<i>Scheme C : Replanting in 3 years at 4 years intervals</i>)												
1962	156											156
1963	668											668
1964	70				831							901
1965					63				893			956
Total	894				894				893			2 681

On remarque tout d'abord que la quantité totale de régimes produite sur une durée d'exploitation de 20 ans diffère relativement peu d'un schéma à l'autre (2, 2 p. 100 entre les schémas extrêmes), par contre, la répartition des tonnages au cours de cette période est très différente et c'est sur ce critère que doit porter le choix entre les diverses hypothèses.

Le schéma C permet d'obtenir toujours plus de la moitié de la production récoltée au régime de croisière actuel (37 712 t), alors que l'adoption du schéma B entraîne une baisse considérable de production pendant plusieurs années (moins de 50 p. 100 pendant 5 ans de 1987 à 1991, et même moins de 10 p. 100 au plus bas en 1989). Le schéma A est moins mauvais en regard de la production, avec 4 ans à 50 p. 100 environ.

Le choix entre les scénarii A ou C (ou d'un schéma voisin dérivé) dépendra des possibilités de compensation de traitement à l'huilerie par des régimes provenant d'autres plantations existantes à proximité (plantations villageoises), ou des possibilités de création d'extensions supplémentaires si l'on trouve des terrains disponibles dans un rayon de collecte satisfaisant aux critères de rentabilité des coûts de transport.

La méthode décrite ci-dessus constitue en fait la première phase d'un travail plus vaste, intégrant par exemple d'autres paramètres à caractère économique : limite de rentabilité d'une huilerie en fonction de sa capacité de traitement, problèmes sociologiques, possibilité d'extension, présence de plantations voisines, extension de zones urbaines, etc.

CONCLUSION

Les mesures de hauteur réalisées sur plus de 200 000 arbres des plantations industrielles en Côte-d'Ivoire ont permis de mettre au point une méthode d'estimation de l'évolution des productions et d'examiner les relations de la croissance en hauteur avec différents paramètres.

Ces estimations sont d'un intérêt pratique évident pour le planteur car elles lui permettent, d'une part, de mieux organiser sa récolte (constitution d'équipes plus spécialisées, adoption de nouveaux outillages, prévisions d'usage, etc.) — sujet que l'on se propose d'étudier dans un prochain article — et, d'autre part, de planifier rationnellement sa replantation avec une avance suffisante pour en prévoir et examiner les conséquences économiques.

BIBLIOGRAPHIE

[1] JACQUEMARD J. C. (1979). — Contribution à l'étude de la croissance en hauteur du stipe d'*Elaeis guineensis* Jacq. Étude du croisement L 2 T × D 10 D. *Oléagineux*, 34, n° 11, p. 491-497.

[2] DAGNELIE P. (1969). — *Théories et méthodes statistiques*. Ed. J. Duculot, S. A. Gembloux (Belgique), vol. I, p. 43.
[3] VESSEREAU A. (1960). — *Méthodes statistiques en biologie et en agronomie*. Ed. Baillière et Fils, Paris, tome II, p. 59.

SUMMARY

Study of oil palm height growth in the Ivory Coast. Practical application to the replanting problem.

C. de BERCHOUX and P. QUENCEZ, *Oléagineux*, 1980, **35**, N° 10, p. 431-438.

The knowledge of the height growth rate of the oil palm is essential as it makes it possible to foresee the moment at which a certain percentage of the crowns will grow out of reach of the harvesters, leading to a steadily increasing amount of lost yield. The study of growth is intended to lead to the appraisal of the probable extent of the useful life of a plantation and of the date when replanting will start, the supply of bunches to the oil mills during the period in which the old crops are being replaced depending on this. The simple method described in the article has brought out the relationships with various parameters such as the ecology, the soils and the age and uniformity of the palm populations. It is an effective tool for planning.

RESUMEN

Estudio del crecimiento longitudinal de la palma aceitera en Costa de Marfil. Aplicación práctica al problema de la reciénbra.

C. de BERCHOUX y P. QUENCEZ, *Oléagineux*, 1980, **35**, N° 10, p. 431-438.

El conocimiento del ritmo de crecimiento longitudinal de la palma aceitera es sumamente importante porque permite prever a partir de qué momento cierto porcentaje de coronas estará fuera de alcance de los cosecheros, causando así pérdidas de producción cada vez más altas. El estudio del crecimiento está encaminado a apreciar el período de fin de explotación y el de la reciénbra, de la que depende el abastecimiento de las plantas de extracción de aceite durante el período de sustitución de los cultivos antiguos. El método sencillo que se describe en el artículo ha permitido evidenciar las relaciones que existen con diversos parámetros como ecología, suelos, edad y homogeneidad de las poblaciones de palmas. Constituye un instrumento eficaz de planificación.

Study of oil palm height growth in the Ivory Coast Practical application to the replanting problem

C. de BERCHOUX (1), and P. QUENCEZ (2)

« Height growth is an important factor in so far as profitability of the oil palm plantation is concerned, as it in fact determines the period for which exploitation is possible; in effect, as the trees grow, a certain percentage of the crowns grow out of the harvesters' reach thus leading to a gradual drop in yield » [Surre, *Oléagineux*, 1979, **34**, no. 11, p. 491].

The growth factor has already been used as a selection criterion for about a decade in the oil palm improvement programs. The I. R. H. O. has continued its research in this field, detailing growth characteristics, notably in an article which appeared in the same issue of our review [1].

Studies were immediately undertaken in industrial plantations to try to develop a method of evaluating when the useful life will end and consequently, when replanting must start, as the supply of the oil mill while the old crops are being replaced depends on this.

The method described below was worked out following observation on more than 50 000 ha of industrial oil palm plantations in the Ivory Coast. As these plantations stretch from the Ghana frontier to Bas-Cavally on the Liberian border, over a zone 500 km long and 100 km wide along the coast, in regions with varying agro-ecologies, it was also possible to examine the relations between growth and various parameters.

I. — METHODS OF HEIGHT MEASUREMENT AND OF ANALYSING THE RESULTS

The pre-1970 crops in the Ivory Coast plantations dealt with in the study cover an area of 33 506 ha.

One row in 20 was observed in every plot and all the trees in it measured, giving a 5 p. 100 sample of the population evenly distributed over the whole plantation.

The measurements were made on 170 550 trees in December 1978 and January 1979 for the 1959-1968 plantings and on 26 250 trees in January 1980 for the 1969 plantings.

1. — Method of measurement.

The height is measured from the foot to the peduncle of the ripe bunch, or to leaf 33, if the tree bears no ripe bunch. Measuring is done with a pole, the length of which depends on the height of the trees, and with a 20 m measuring tape.

The dead trees and runts are noted but are not taken into account in the calculations.

2. — Analysis of results.

One planting unit can be constituted for one planting year, a planting season or a group of plots with a particular character.

A unit is characterised by : area, total number of trees studied, age at time of measurement (n), average tree height (\bar{h}_n), and standard deviation of the real distribution (s_n).

Under Ivory Coast conditions, the calculation of average annual height growth (g) is based on observations on the La Me station, where it was noted that tree growth starts slowly from the time of planting until 6 years, then the rate stabilises and remains relatively constant until at least 25 years.

On the 1968 plantings, where measurements were taken at one-year intervals, it could be determined that the « point of theoretical take-off » of the linearity of the curve « tree height in function of age » for the mean of the plantings (taking as hypothesis that take-off occurs at the same time for all plantings) occurs on the average at 4 1/2 years (Under other conditions, this theoretical take-off point could be either slightly earlier or later).

In the Ivory Coast, annual growth is expressed thus :

$$g = \frac{\bar{h}_n}{n - 4.5}$$

Given the imprecise planting dates, and their spread over time for each campaign, it was agreed that « n » should have whole year values for trees planted in October (2nd season) and intermediate values for those planted in May (1st season), as the measurements were generally taken in December and January.

For all crops of over 10 years, the calculation of average growth (g) is valid even if there is several months variation in the real take-off date. For example, for plantings made in May 1962, « theoretical take-off » for the trees occurs in early 1967, and the length of constant elongation is therefore 12 years at the date of measurement (December 1978-January 1979).

The figures obtained are grouped by « planting unit » to establish « distribution curves ». However, as the samples analysed had not been drawn by lot, and as in some cases, systematic errors due to the observers had been noted (measurements rounded out to the nearest metre more frequently than to intermediary values), the real distributions were adjusted in corresponding normal distributions, characterised by the same average (\bar{h}_n), and the same standard deviation (s_n). *The following studies deal with these normal distributions.*

They showed that, allowing for the height limit for bunch accessibility (H) and a given maximum p. 100 of acceptable yield losses in an old plantation (ML), the extent of the useful life, and consequently, the date of replanting, can be defined.

(1) Director of La Me Station, I. R. H. O., B. P. 13 Bingerville (Ivory Coast).

(2) Technic Co-operation PALMINDUSTRIE, La Me Station (Ivory Coast).

II. — RELATIONS BETWEEN HEIGHT GROWTH AND VARIOUS PARAMETERS

1. — Height growth and ecology.

Ivory Coast industrial plantations have been classified according to their annual growth.

It was also noted that growth was fastest in plantations on soils derived from tertiary sands after forest and with very satisfactory water supply.

Quick-growing plantations are on soils derived from the old base rock with at least satisfactory water supply (high water table).

Medium growth prevails on plantations on tertiary sands after coffee or half forest/half savannah, and over the base rock, with poorer water supply than above.

Finally, slow growth occurs on plantations on a more or less gravelly base with a limit water supply, and on tertiary sands after savannah.

2. — Height variability : standard deviation.

Standard deviation (s_n) gives a precise indication of variability within the populations studied once the principle that the population follows the law of normal distribution for this character is admitted. It enables the p. 100 of trees with a height between certain limits to be calculated, thanks to the reduced normal law.

Thus, for a 5 m height with a standard deviation of 1 m : 95 p. 100 of the population is between 3 and 7 m.

It is known that standard deviation of populations **increases with age** [1]. Furthermore, it shows that when two populations of the same age have the same average height, **the one in which the standard deviation is greatest is the most heterogeneous.**

For example, two 1968 plantings with the following characteristics :

- A : $s_n = 88$ cm, for $\bar{h}_n = 3.04$ m,
- B : $s_n = 59$ cm, for $\bar{h}_n = 3.14$ m,

the population of plantation B is very homogeneous compared to plantation A, although its growth is similar.

Lastly, if for different heights, we compare the standard deviation of a single cross planted regularly each year with that of plantations of the same age composed of a mixture of many crosses, we find that it is best to avoid mixing the planting material and very much better to separate the types of material in the field, at least into reproductions of the same hybrids, and to cull as carefully as possible in the nursery (Table I).

3. — Height growth and planting season.

In the Ivory Coast, planting is generally done at the start of the main rainy season in May. However, due to delays or to over-large programs in the same year, part of the program was planted at the start of the short rainy season in October. Comparing the trees in the planting unit created in this way, it was observed that mean annual height growth of short season plantings was 2.2 cm less than that of trees planted in the main rainy season. Significantly different ($t = 2.339^*$) by Student's test, this deviation is in direct proportion to the severity of the main dry season.

III. — PRODUCTION LOSSES AND HEIGHT GROWTH

1. — Technical notions.

The oil palm grows regularly in height, and its yield remains constant — subject to climatic variations — up to the age where it is no longer industrially exploited. But tree height is the limiting factor for its exploitation.

At present, the poles used for harvesting with Malayan knives are under 12 m long in the Ivory Coast, and it has been taken that they can be used to cut bunches on trees 13 m tall.

Consequently, height growth measurements make it possible to forecast losses which will be suffered in each plantation simply because of the excessive height of the trees.

In the present context, it is estimated that the limit of profitability in a palm plantation in the Ivory Coast is around 8 tons bunches/ha. It would therefore be logical to say that replanting must occur once production drops to this threshold. In fact, it is mainly the number of trees which cannot be harvested on the plot which must be taken into account.

For estimating the replanting period, it was judged preferable to fix the acceptable loss limit at 30 p. 100 of expected production, which means that 30 p. 100 of the trees are no longer harvestable due to height.

(To reduce resulting harvest losses, the palms over 13 m high can be felled to start with, which will increase the yield of surrounding trees by improving their water supply and giving them more space.)

This notion of « lost harvest » gives quite an accurate indication of the foreseeable useful life. As we are aware that it is an advantage to know well in advance all the information required to plan replanting, we have attempted to work out a method of calculation universally applicable and allowing quick treatment of the basic data.

2. — Method of calculating lost harvest and limit of useful life.

A planting unit of a given age (i) is characterised by : average height (\bar{h}_i), and standard deviation of the population (s_i).

It has been estimated that height distribution in one unit can be adjusted to the corresponding normal distribution.

To determine the p. 100 of trees whose height will be lower or equal to the harvesting limit H , the distribution function for the reduced normal law $L(t)$ can be applied.

Thus the p. 100 of loss (L_m) is :

$$L_m = 1 - L(t) \quad (1)$$

$$\text{with : } t = \frac{H - \bar{h}_i}{s_i} \quad (2)$$

Determination of \bar{h}_i

$$\bar{h}_i = \bar{h}_n + g(i - n)$$

with : \bar{h}_n = average height at age of measurement n ,
and g = average growth rate

$$g = \frac{\bar{h}_n}{n - 4.5}$$

(The value 4.5 is determined by the « theoretical zero point » of height which corresponds to average age from which the growth rate is constant.)

Thus, $\bar{h}_i = k\bar{h}_n$

$$\text{with : } k = 1 + \frac{i - n}{n - 4.5} \quad (4)$$

Determination of s_i :

Dagnellie [2] has shown that :

$$s_i = ks_n \quad (5)$$

From the above equations, the following can be determined :
— p. 100 of losses (L_m) at a given age (i) and for a harvesting height limit (H , 13 m),

— the age « i » at which harvest losses reach the acceptable limit value (L_m , 30 p. 100),
for a harvest height limit of 13 mH. Thus :

$$i = \frac{H(n - 4.5)}{\bar{h}_n + t s_n} + 4.5 \quad (6)$$

Example : Take a plantation made up of 4 « planting units » the characteristics of which are given in table II.

P. 100 of maximum acceptable losses is fixed at 30 p. 100 of expected yield and harvest height limit at 13 m :

$$\begin{aligned} \text{say, } L_m &= 0.30 \\ \text{from (1) } L(t) &= 0.70 \\ \text{from the statistical table } t &= 0.52 \end{aligned}$$

Equation (6) thus gives exploitation age limit (i) :

Planting	Value of (i)	i. e. in :
1962 (June)	29.4 years	1991 (Nov.)
1963 (June)	28.5 years	1991 (Dec.)
1964 (June)	28.6 years	1993 (Jan.)
1965 (June)	26.5 years	1991 (Dec.)

3. — Harvest losses.

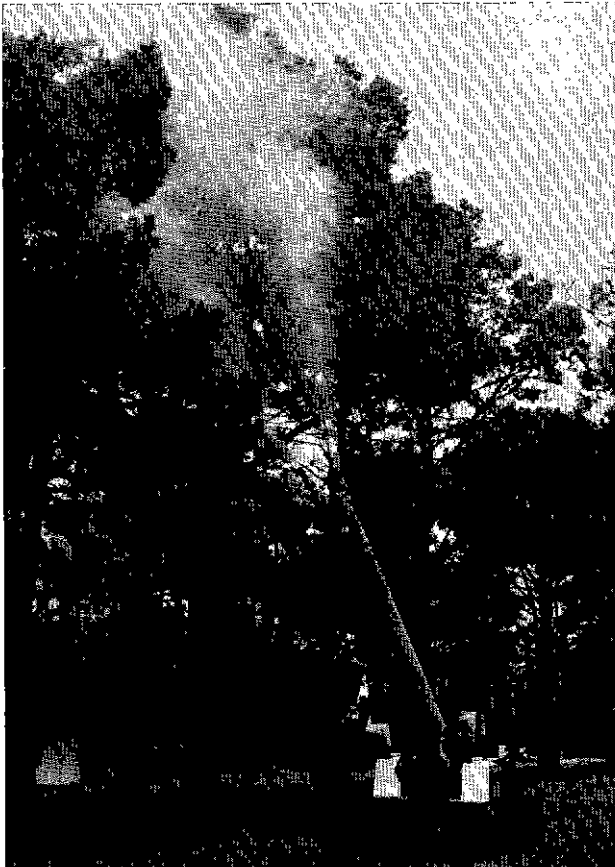
The p. 100 of harvest lost can be calculated for each annual campaign by taking the value resulting from the calculation in mid-campaign. This has the advantage of applying yield loss to the peak production season.

If « k » is calculated from equation (4) then t from equation (2) and L_m from (1) after having deduced $L(t)$, losses for each planting unit can be worked out.

The calculation of losses for the 1962 plantings in function of age (i) is shown in table III.

For the 4 units mentioned, the calculation gives the results presented in table IV.

PULVÉRISATEURS POUR TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES DES ARBRES À HAUTE TIGE



Les appareils d'application « DEFONTAINE » pour produits phytosanitaires, sont destinés aux traitements des maladies et à la lutte contre les ravageurs des arbres à haute tige.

Ils permettent d'effectuer des pulvérisations de liquides (Modèle T 501), ou des poudrages ou les deux simultanément (Modèle T 502), sur des arbres de moyenne ou haute tige.

Le travail peut se faire en marche ou à l'arrêt.

Par rapport aux solutions classiques, cette disposition permet :

- d'éviter les retombées de matière active sur le sol ;
- une pulvérisation plus régulière car moins sensible au vent ;
- une application localisée si nécessaire sur de très petites zones ;
- un travail dans des conditions d'hygiène améliorées ;
- une consommation d'énergie réduite.

Existe en versions portées et motorisées.

Pour tous renseignements, demander la documentation 80-1 à :

DEFONTAINE S. A.

3, rue Louis-Renault

B. P. 57 — 44800 SAINT-HERBLAIN, FRANCE

Téléphone : (40) 76.31.06 — Télex : 710 698 F

DEFONTAINE

IV — PLANNING REPLANTING

The problem of replanting industrial plantations is one of the most important highlighted by this study.

In effect, if the plantation could be regularly planted over 20 to 25 years, it would be easy to provide for the replanting of the various instalments when they reach the end of their respective economic useful lives without damaging the whole. But since planting is done in very few years for obvious financial reasons and generally takes in the whole area available, the planning of replanting is tricky.

If we wait for each planting year to reach the end of its useful life before replanting, there is a risk of the mill running with a very low throughput over many years. So replanting or extra planting must be programmed sufficiently in advance, taking as the key factor the mill processing capacity. The interpretation of growth data enables this to be done.

Supposing that the plantation in the above example was carried out in 4 years as follows :

156 ha in 1962	901 ha in 1964
668 ha in 1963	956 ha in 1965
Total : 2 681 ha.	

Table IV shows that to limit harvest losses, the whole area should be replanted by 1992. As the plantation disposes of no land other than that already planted, the replanting plan must be staggered to ensure the best possible rate of supply to the mill.

For example, table V studies production forecasts according to 3 replanting plans, based on yield estimates used in the Ivory Coast.

Scheme A : replanting in 10 years from 1983 to 1992, at the rate of 268 ha/year (Table VI).

Scheme B : replanting in 5 years from 1985 to 1989, at the rate of 536 ha/year (Table VI).

Scheme C : replanting in 3 separate years 4 years apart, i. e. 1982, 1986, 1990, at the rate of 894 ha/year (Table VI).

The first thing we see is that the total quantity of bunches produced over a 20-year exploitation period differs very little from one scheme to the other (2.2 p. 100 between the extremes) whereas tonnage distribution over the same period varies widely, and this is the criterion which governs the choice of hypotheses.

With scheme C, we always get more than half the yield harvested currently on stream (37 712 tons) whereas under scheme B there is a considerable yield drop over several years (less than 50 p. 100 in 5 years from 1987 to 1991, and even less than 10 p. 100 at the lowest point in 1989). Scheme A is better as regards production, with 4 years at about 50 p. 100.

The choice between A and C (or a similar scheme derived from them) depends on the possibility of compensating the supply shortfall to the oil mill by bunches from other nearby plantations (smallholdings) or of making extensions if land is available within a collection radius which satisfies transport cost criteria.

The method described above is in fact the first phase of a vaster work taking in other economic parameters e. g. : limit of profitability of an oil mill in function of processing capacity, sociological problems, extension possibilities, presence of nearby plantations, expansion of urban zones etc.

CONCLUSION

Height measurements taken on more than 200 000 trees of Ivory Coast industrial plantations have made it possible to work out a method of estimating production evolution, and to examine the relations between height growth and different parameters.

These estimates are of obvious practical value for the planter as they enable him on the one hand, to organise his harvest better (constitution of more specialised teams, adoption of new tools, mill forecasts etc.), a subject which a forthcoming article will study, and on the other hand to plan his replanting rationally far enough ahead to study and foresee the economic consequences.

