

# Influence de la mortalité des cacaoyers sur la stabilité de la production dans une plantation industrielle

Ph. Bastide<sup>1</sup>, D. Paulin<sup>1</sup> & Ph. Lachenaud<sup>1</sup>

Keywords: Cocoa tree- Productivity- Stand evolution- Economic sustainability- Papua- Indonesia

## Résumé

Une analyse de la production d'une cacaoyère industrielle de 1.674 ha a été réalisée en Indonésie. Cette plantation, établie entre 1981 et 1990 à Ransiki (province de Papua), bénéficie de conditions édapho-climatiques favorables : une bonne répartition des pluies et des sols riches. Le matériel végétal est constitué d'hybrides de diverses origines, d'Amelonados et de sélections locales. Les mesures de densité au sein de la plantation mettent en évidence une diminution graduelle du nombre de cacaoyers, de 1.250 à l'origine à 835 pieds/ha après 21 ans. Parallèlement, la production globale durant la même période est restée stable. La mortalité des cacaoyers, responsable de la baisse progressive de la densité, n'affecte pas la production; elle n'altère pas non plus l'homogénéité de la couverture végétale des parcelles. Ce phénomène traduit un accroissement de la productivité par arbre. Les conditions d'une stabilisation de la production des cacaoyères apparaissent liées non seulement à des facteurs édapho-climatiques favorables et à une pression parasitaire limitée, mais également à la capacité d'adaptation des cacaoyers qui accroissent leur productivité face à la diminution de la densité provoquée par la mortalité naturelle des arbres.

## Summary

### Effect of Cocoa Tree Mortality on Production Stability in a Private Estate

Yields in a 1,674 ha cocoa estate were analysed in Indonesia. The plantation, which was set up between 1981 and 1990 at Ransiki (Papua province), benefited from suitable soil and climatic conditions: good rainfall distribution and rich soils. The planting material comprised hybrids of various origins, Amelonados and local selections. Density measurements inside the plantation revealed a gradual reduction in the number of cocoa trees, from 1,250 at the outset to 835 trees/ha after 21 years. At the same time, overall yields for the same period remained stable. Cocoa tree mortality, which was responsible for the gradual reduction in density, did not affect production; neither did it alter the uniformity of the plant cover in the plots. This situation reflected an increase in tree productivity. The conditions for stabilized cocoa yields appeared to be linked not only to suitable edapho-climatic conditions and limited parasite pressure, but also to the ability of cocoa trees to increase their yields in conditions of decreasing stand due to the natural thinning of the original plant population.

## Introduction

La culture du cacao fut introduite en Papouasie indonésienne en 1953. En 1962, il n'y avait que 1.350 ha plantés par des petits agriculteurs dont 20% dans les zones de Manokwari et Ransiki (12). Initialement, le matériel végétal était constitué de Trinitario de type Java auquel s'ajoutaient des descendances d'Amelonado ouest-africain introduites à partir des Célèbes (Sulawesi). Plus tard, des semences Trinitario provenant de Keravat furent introduites de Papouasie australienne (14). La province de Papua produit actuellement 13.500 tonnes sur environ 20.000 ha répartis dans les zones de Manokwari, Jayapura, Sorong

et Ransiki (1, 2). En 1979, la Commonwealth Development Corporation (CDC) aménagea une concession de 4.064 ha à Ransiki, au nord-ouest de la province (1°28' S, 134°11' E). Cette région bénéficie d'un climat de type équatorial avec une pluviosité dépassant 1.200 mm par an, bénéficiant d'une répartition équilibrée des pluies au cours de l'année, et de vents modérés et réguliers de type alizés. De 1989 à 2001, la pluviosité a été relativement régulière, excepté en 1997 et 1998 avec le phénomène El Niño / La Niña (Figures 1 et 2) matérialisé par une sécheresse importante en 1997 et des pluies abondantes en 1998.

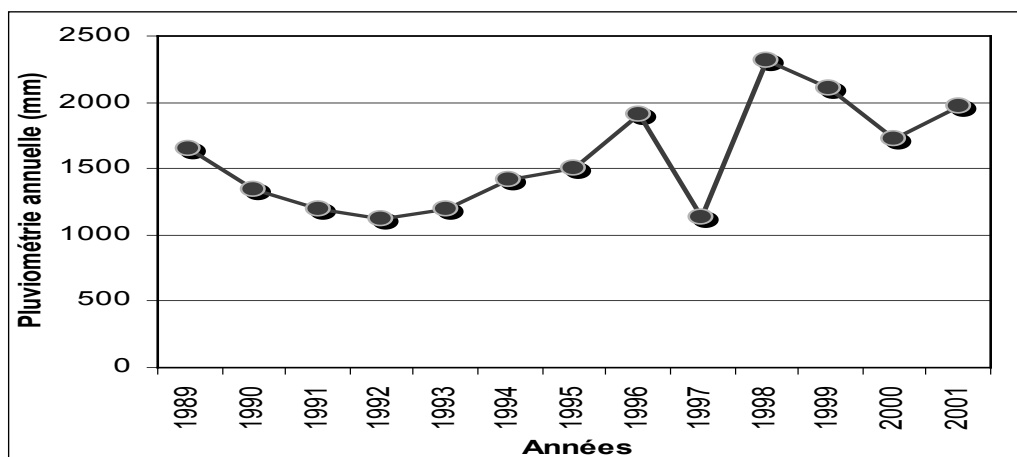


Figure 1: Pluviométrie annuelle (1989-2001). Source: PT Coklat.

<sup>1</sup>Cirad - Département des cultures pérennes, TA 80/16, 73 Avenue J.F. Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France. Tél: + 33 (0) 4 67 61 59 03, Fax: + 33 (0) 4 67 61 59 96. E-mail: [philippe.bastide@cirad.fr](mailto:philippe.bastide@cirad.fr)  
Reçu le 17.10.05 et accepté pour publication le 11.01.07.

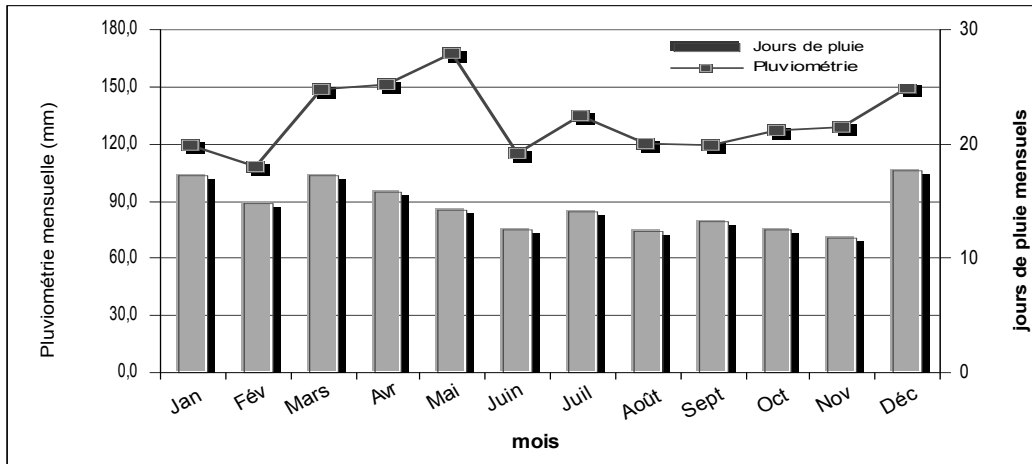


Figure 2: Pluviométrie (■-■) et nombre de jours de pluie (moyennes mensuelles 1989-2001). Source: PT Coklat.

La zone de Ransiki est caractérisée par un sous-sol formé de roches volcaniques métamorphiques (14). Traversé par de nombreux torrents et rivières aux eaux riches en carbonate de calcium, le site est formé de deux plaines orientées nord - sud. Les sols sont de type entisols (15): au sud, des sols bruns jaunes riches en éléments fins et pauvres en argile et au nord, des sols plus variés : bruns, bruns jaune et gris avec la présence d'éléments grossiers (14).

**Description du verger**

Les arbres actuellement âgés de 10 à 20 ans présentent généralement une bonne conformation de la couronne, signe de bonnes conditions de croissance et de développement. Il faut noter qu'aucune fertilisation n'a été appliquée depuis le début de l'exploitation. Les opérations d'entretien pour l'ensemble de la plantation, tailles et désherbages, sont effectuées mensuellement et les égourmandages sont réalisés tous les 15 jours. La pourriture des cabosses provoque peu de pertes malgré une pluviosité abondante. Cela pourrait être dû, en partie, à la fréquence élevée des récoltes (4, 8). Les dégâts les plus importants sont ceux causés par les mirides *Helopeltis antonii* et *Pseudodoniella laensis* (5, 9), dont les attaques sont aujourd'hui généralisées dans la plantation. L'accumulation de piqûres sur les fruits peut provoquer leur brunissement complet et masquer l'état de maturité du fruit. Dans certaines parcelles, le pourcentage de fruits présentant ce symptôme dépasse 30%. Les piqûres

sur branches n'ont pu être clairement mises en évidence. Bien que la présence du foreur de cabosse *Conopomorpha cramerella* ait été signalée dans cette zone (11, 14, 17), aucun dégât de foreur n'a cependant été observé.

En 2002, lors de l'évaluation agronomique de cette plantation, notre intérêt s'est porté sur le caractère stable de la production sur 21 ans en relation avec l'évolution des densités de cacaoyers. Les données collectées ont permis d'évaluer les effets de l'âge du verger et l'impact des pratiques culturales et des aléas climatiques sur les rendements des parcelles et la productivité des cacaoyers.

**Matériels et méthodes**

**Matériel végétal**

Le matériel végétal se répartit en 4 groupes:  
 - BAL-HASFARM: hybrides 2 voies faisant intervenir des combinaisons entre parents hauts amazoniens (NA 32, NA 33, PA 7, PA35, SCA 6 et SCA 12) et Trinitarios (UIT 1 et UIT 2) et, plus rarement Amelonados. En général, ces hybrides ont été sélectionnés pour leur résistance au *vascular-streak dieback*, maladie fongique causée par *Oncobasidium theobromae*. Ces hybrides proviennent des plantations de BAL (Malaisie) et de HASFARM (Indonésie);  
 - SYNTHETICS: hybrides produits en Indonésie, provenant de pollinisations libres de champs semenciers polyclonaux (PTP Medan) constitués de clones sélectionnés parmi des

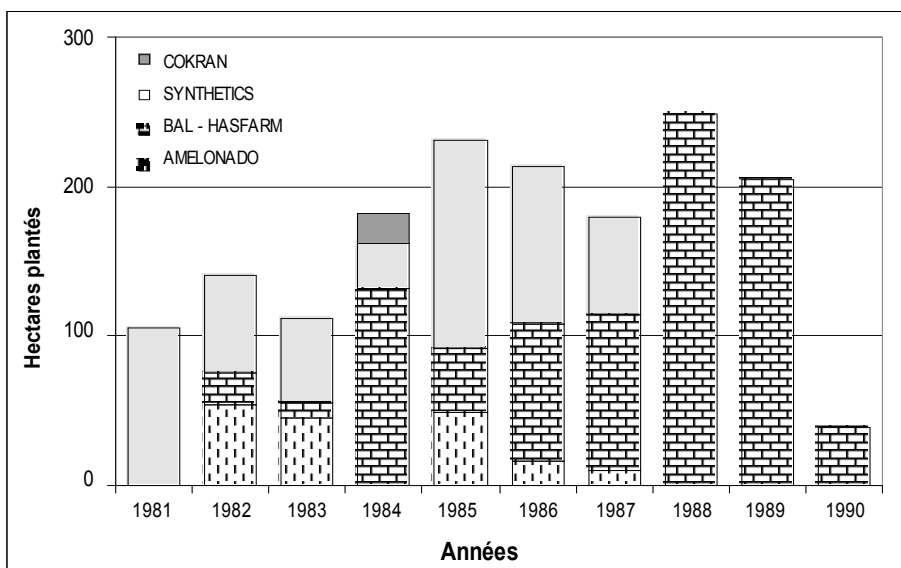


Figure 3: Déroulement chronologique des plantations. Source: PT Coklat.

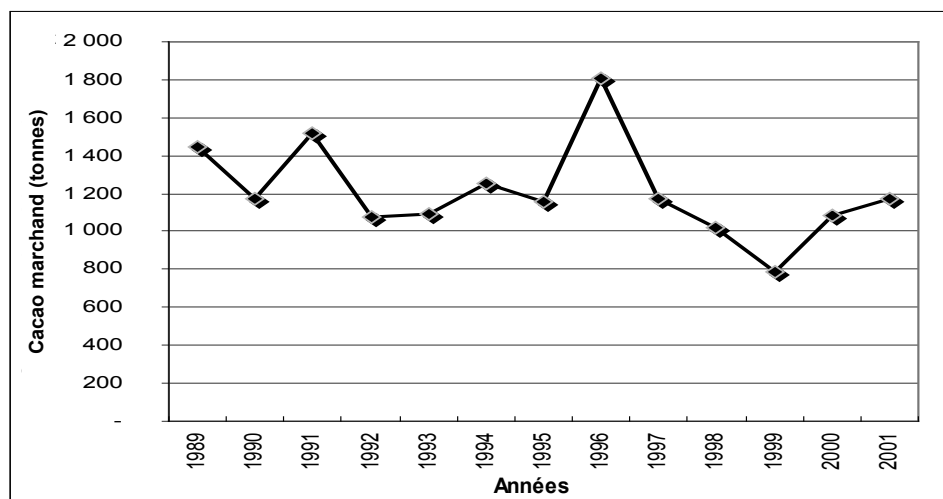


Figure 4: Production annuelle de cacao marchand (1989-2001). Source: PT Coklat.

descendances d'hybrides introduits de Malaisie en 1973. La base génétique est donc proche de celle des hybrides de BAL. Ces hybrides ont été introduits de 1981 à 1986;

- AMELONADO: descendances libres d'Amelonado introduites de Sabah (Malaisie);

- COKRAN: semences seulement utilisées en 1984, issues d'arbres sélectionnés localement dans d'anciennes cacaoyères. Ce matériel est assez hétérogène avec des individus aux caractères Criollo parfois marqués.

Les premières parcelles de cacaoyers furent plantées en 1981 (16). Les plantations se poursuivirent ensuite jusqu'en 1990. La surface totale des plantations a atteint 1.674 ha en 1990. La plantation est constituée de quarante-huit parcelles de production dans lesquelles sont répartis les différents cultivars. Ces mélanges de cultivars sont représentés en figure 3 selon l'année de plantation et le nombre total d'hectares plantés entre 1981 et 1990.

#### Dispositifs de plantation

Les cacaoyers ont été plantés à la densité de 1.250 pieds à l'hectare suivant un dispositif de 4 m entre les lignes et 2 m sur la ligne. L'ombrage est constitué de *Gliricidia sepium* plantés à une densité de 833 pieds à l'hectare et disposés sur les lignes de cacaoyers tous les 4 m. Les lignes sont orientées généralement selon un axe nord-sud. Les *Gliricidia* étaient destinés à l'origine à servir d'ombrage temporaire; toutefois, après 1994, ces arbres n'ont plus été taillés.

Ils se sont beaucoup développés devenant parfois trop encombrants ou subissant des mortalités importantes. En 1995, des essais de suppression d'ombrage ont été menés dans plusieurs parcelles. Si les effets ont été tout d'abord positifs avec une augmentation de production générale, ils ont été rapidement suivis d'une dégradation des branches sommitales des frondaisons des cacaoyers particulièrement marquée sur les cultivars AMELONADO. A partir de 2000, un programme de renouvellement de l'ombrage a démarré afin de reconstituer une strate homogène recouvrant les frondaisons de cacaoyers. La densité de plantation de ces arbres d'ombrage est de 156 pieds par hectare.

#### Analyse des rendements et des densités

Pour étudier les effets de l'âge des parcelles et des aléas climatiques sur les rendements, les méthodes de mesures et d'analyses des productions et de la densité par chaque parcelle sont les suivantes:

- les productions et les rendements ont été calculés d'après les données de production réelle depuis 1983, à partir des récoltes mensuelles de fruits par parcelle et après transformation en cacao fermenté et séché appelé aussi cacao marchand (17). L'ensemble de ces résultats a été enregistré sous forme de fichiers Microsoft Excel dans une base de données contenant également tous les éléments décrivant les parcelles (nom, emplacement, surface, date de plantation, présence ou non d'ombrage) ainsi que les

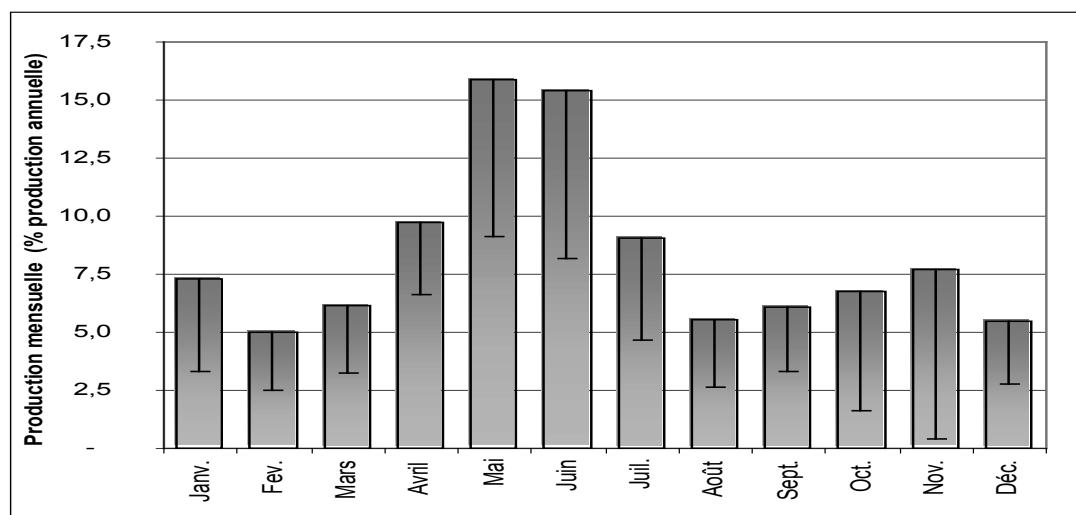


Figure 5: Répartition annuelle de la production (moyenne 1989-2001).

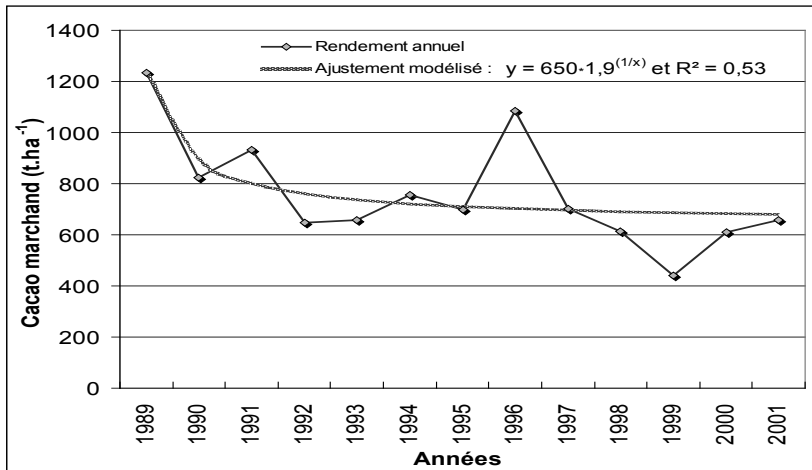


Figure 6: Evolution des rendements moyens des cacaoyers au cours de la période 1989- 2001.

données météorologiques enregistrées (pluviométrie).

- la densité réelle a été mesurée en 2002 par comptage du nombre d'arbres vivants sur 2 unités élémentaires de 160 m<sup>2</sup> dans chaque parcelle.

L'unité expérimentale retenue est la parcelle. Les facteurs étudiés sont l'année, l'origine génétique des hybrides, l'ombrage. Les variables mesurées sont le rendement et la densité de cacaoyers. L'effet de la densité sur le rendement est étudié par la constitution de classes de densités. Les études comparatives de moyennes et les analyses (test t, test F, ANOVA) ont été réalisées grâce aux logiciels Microsoft Excel et Statsoft Statistica édition 98.

**Résultats**

**Analyse des productions et des rendements**

**Evolution de la production**

Les productions de cacao marchand entre 1989 et 2001 sont présentées dans la figure 4. Les productions annuelles sont stables à l'exception de celles des années 1996 et 1999 (Figure 4).

Les productions mensuelles moyennes sont présentées en figure 5. La répartition annuelle des récoltes montre une concentration de 40% de la production entre avril et juin (Figure 5).

**Evolution des rendements**

L'évolution des rendements est présentée en figure 6. Les

rendements moyens sont élevés durant les premières années (1,14 ± 0,18 t/ha) et diminuent ensuite progressivement jusqu'en 1992; ils tendent à se stabiliser depuis autour de 687 ± 162 kg/ha (1993-2001).

Le tableau 1 présente les rendements moyens variétaux observés en 2000 et 2001. Les cultivars les plus productifs sont les hybrides BAL-HASFARM suivis des variétés SYNTHETICS. Il faut également noter le bon comportement des sélections locales COKRAN. Les moins productifs sont les cultivars AMELONADO. Cependant, les différences observées ne sont pas statistiquement significatives au seuil de 5%, (2000: F= 0,75; 2001: F= 1,52).

**Influence de l'ombrage**

Le tableau 2 montre l'effet négatif de la suppression de l'ombrage sur les rendements en 2000 et 2001 pour 2 cultivars.

**Analyse de la densité**

L'évolution de la densité de cacaoyers est présentée en figure 7. Pour l'ensemble des 48 parcelles de production, la mortalité moyenne est de 22% (coefficient de variation inter-parcelle: 14%). Les mesures de densité réelle de cacaoyers mettent en évidence une diminution du nombre d'arbres à l'hectare avec le vieillissement du verger. De 1.250 pieds/ha à l'origine et après une installation excellente au jeune âge, la densité varie de 1.090 pieds/ha pour les parcelles les plus jeunes plantées en 1989, à 835 pieds/ha pour les plus âgées

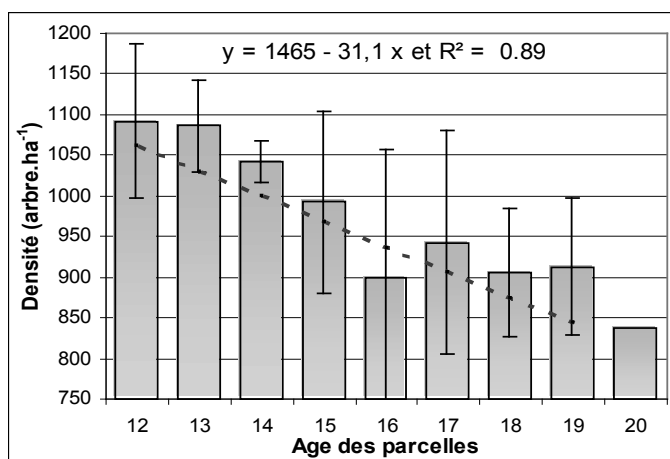


Figure 7: Evolution de la densité des cacaoyers en fonction de l'âge des parcelles.

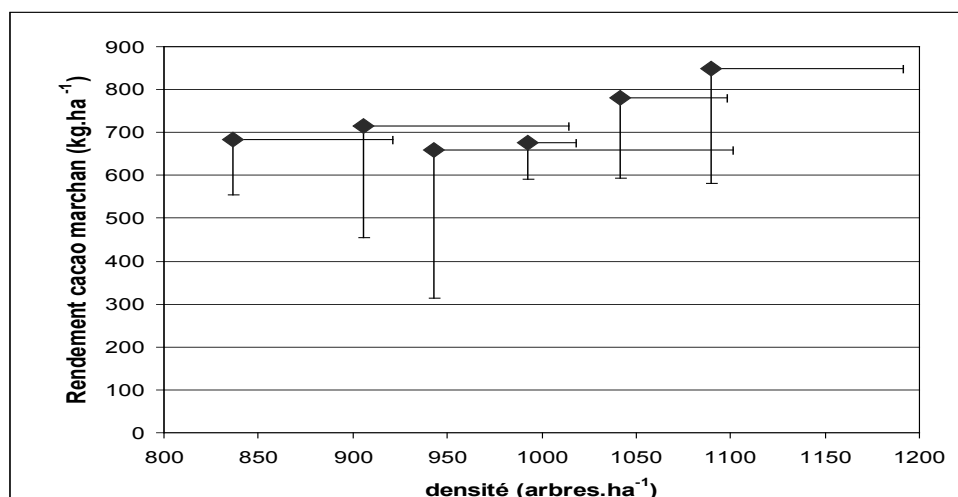


Figure 8: Evolution des rendements (moyenne 2000-2001) en fonction de la densité de cacaoyers.

**Tableau 1**  
Rendement moyen 2000-2001 des différentes variétés

Matériel végétal	Nombre parcelles	Rendement 2000 (kg.ha <sup>-1</sup> )		Rendement 2001 (kg.ha <sup>-1</sup> )	
AMELONADO	7	544 ± 356		736 ± 279	
SYNTHETICS	21	611 ± 239	F=0,75	721 ± 289	F=1,52
BAL - HASFARM	64	754 ± 350	NS	798 ± 325	NS
COKLAT	1	856		993	

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart type

F : valeur du test de Fisher au seuil de 5 %

**Tableau 2**  
Influence de l'ombrage sur les rendements en 2000 et 2001 de 2 types de matériel végétal

Matériel végétal	Rendement (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	2000		2001	
	Plein soleil	Ombrage	Plein soleil	Ombrage
Hybrides SYNTHETICS	471	589	300	714
Hybrides HASFARM	506	757	444	1020

Ces résultats montrent clairement l'intérêt d'un ombrage permanent pour maintenir une productivité élevée et stable.

plantées en 1981. Cette diminution est importante (- 33%) mais progressive (Figure 7).

Comme montré en figure 8, lorsque les densités sont comprises en 850 et 1.000 pieds/ha, il n'y a pas d'effet de la densité sur les rendements : ceux-ci sont stables, de l'ordre de 680 kg/ha. Au-delà de 1.000 pieds/ha, les rendements augmentent.

## Discussion

### Production et durabilité

La phase d'installation des jeunes cacaoyers dans cette grande plantation a été remarquable: dans les quatre premières années suivant la plantation et quel que soit le mélange d'hybride considéré, les rendements ont atteint des valeurs élevées dépassant une tonne de cacao marchand par hectare avant de diminuer progressivement pour atteindre les niveaux actuels de l'ordre de 680 kg/ha. Cette durée correspond également au temps de croissance et de développement des frondaisons des *Gliricidia*, jusqu'à la couverture complète des cacaoyers. Ainsi, ceci pourrait confirmer que l'effet de l'ombrage, dans un premier temps, a donc été de limiter les rendements comme cela a déjà été observé au Ghana (3, 17).

Au cours de la période 1989-2001, deux événements particuliers sont à souligner. En 1996, une augmentation

importante de la production totale est observée: 1.800 t contre environ 1.200 t en 1994 et 1995 (Figure 4). Elle est favorisée par une bonne répartition des pluies, sans saison sèche marquée: 1.906 mm avec un minimum égal à 68 mm et une moyenne mensuelle de  $159 \pm 77$  mm. Le deuxième événement, en 1999, est une forte baisse de production (787 t). Il est lié à un manque d'entretien des parcelles et des récoltes approximatives suite à des mouvements sociaux importants. En 2001, la production remonte pour atteindre 1.177 t et les données des trois premiers mois de 2002 confirment cette tendance à la hausse.

Contrairement à ce qui peut être observé dans les principales zones productrices de cacao pour lesquelles un à deux pics annuels de production alternent généralement avec des phases de repos végétatif (17), la production s'étale tout au long de l'année.

Les rendements obtenus sont moyens à bons (17) sans aucune fertilisation. Aucune carence en oligo-éléments n'a été décelée sur feuilles ou fruits (10, 13, 14). Cette relative stabilisation des rendements est l'expression d'une durabilité de la production. Elle peut s'expliquer par l'instauration d'un équilibre entre la production et le développement végétatif des arbres, bien entretenus. Toutefois, l'évolution des rendements reste sensible aux fortes variations climatiques.

### Effet de la mortalité sur la production

L'évolution du peuplement se traduit par une diminution importante et progressive de la densité consécutive à la mort des arbres. Cette diminution est linéaire (Figure 7): elle évolue de 1.250 pieds/ha à l'origine à 835 pieds/ha pour les cacaoyers les plus âgés (21 ans). Elle n'est pas liée à des problèmes sanitaires, pédoclimatiques ou bien encore à une vigueur insuffisante du matériel végétal. Elle est due à la bonne adaptation des cacaoyers aux conditions environnementales et aux phénomènes de compétition inter-arbres déjà décrits dans la littérature (7).

Le rendement des parcelles se stabilise au cours du temps (Figure 6) et avec la diminution des densités (Figure 8). Dans ces conditions, la production n'est donc pas limitée par la mortalité. Cette dernière est compensée par une augmentation progressive et proportionnelle de la productivité des arbres survivants (6, 7). Cette compensation est également visible en terme de développement végétatif puisque les frondaisons des cacaoyers restent fermées (peu de trous de lumière), tout l'espace libéré par les arbres morts et rendu disponible étant conquis. L'homogénéité des parcelles est ainsi maintenue.

### Conclusion

La plantation industrielle de Ransiki présente une production durable malgré une mortalité significative des cacaoyers les plus âgés qui atteint 33%. Cette durabilité peut s'expliquer par des conditions pédoclimatiques favorables, par l'utilisation de pratiques culturales adaptées (régulation de l'ombrage, récoltes bi-hebdomadaires) et une homogénéité des parcelles (continuité des frondaisons) peu altérée par la mortalité.

La réduction de la densité de cacaoyers, due à la mortalité naturelle liée au vieillissement du verger, s'accompagne donc de la mise en place d'un phénomène de compensation qui entraîne l'augmentation progressive de la productivité des arbres survivants.

Ce phénomène mis en évidence pour la première fois à grande échelle, sur une plantation industrielle, confirme les résultats obtenus dans des conditions expérimentales en station de recherche (6, 7). Il permet d'envisager de nouvelles stratégies de plantation de cacaoyers basées sur le choix de densités adaptées aux conditions environnementales, aux variétés et à la durabilité du système de production choisie.

### Références Bibliographiques

1. Agus P., 1999, Statistik Perkebunan Indonesia (Statistical Estate Crops of Indonesia) 1997-1999, KAKAO (Cocoa). Departemen Kehutanan dan Perkebunan (editors), Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta, Indonesia, 63 p.
2. Benton C. & Belfied J., 1995, Cocoa. Farming Notes, Department of Agriculture and Livestock (Editors) Port Moresby, Papua New Guinea, 42 p. ISBN: 9980-82-100-0.
3. Cunningham R.K., Smith R.W. & Hurd R.G., 1961, A cocoa shade and manurial experiment at the WACRI, Ghana. Second and third years. *Journal of Horticultural Science (London)*, 36, 151-152.
4. Erwin D.C. & Ribeiro O.K., 1996, *Phytophthora diseases worldwide*. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, USA, 562 p.
5. Kalshoven L.G.E. (revised by Van der Laan, P.A.), 1981, The pests of crops in Indonesia. P.T. Ichtiar Baru-Van Hoeve (Editors), Jakarta, 1981. 701 p.
6. Lachenaud Ph. & Montagnon C., 2002, Competition effects in cocoa (*Theobroma cacao* L.) hybrid trials. *Euphytica*, 128, 1, 97-104.
7. Lachenaud Ph. & Oliver G., 1998, Influence d'éclaircies sur les rendements d'hybrides de cacaoyers. *Plantations, recherche, développement*, 5, 1, 34-40.
8. Leach A.W. & Mumford J.D., 2001, A simulation model of the cocoa pod borer and its management: an extension and policy tool. Pp. 415-423, *In*: 13<sup>th</sup> International Cocoa Research Conference, Kota Kinabalu, Malaysia, 9-14 october 2000, Cocoa Producer's Alliance (Editors), Lagos, Nigeria.
9. Lavabre E.M., 1977, Mirides du Sud-Est Asiatique et de la région Pacifique. Les mirides du cacaoyer. I.F.C.C. Paris, G.-P. Maisonneuve et Larose (Editors), Paris, 6, 107-119.
10. Loué A., 1961, Etude des carences et des déficiences minérales sur le cacaoyer. *Bulletin de l'Institut Français du Café et du Cacao*, 7, 27 p.
11. Lim G.T., 1992, Biology, ecology and control of cocoa pod borer *Conopomorpha cramerella* (Snellen). pp. 85-100, *In*: Cocoa Pest and Disease Management in Southeast Asia and Australasia (Eds. Keane, P.J. & Putter, C. A. J.), FAO Plant Production and Protection Paper N° 112, FAO, Rome.
12. Ruinard J., 1964, Cocoa Research in West Irian (West New Guinea). *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 12, 2, 89-112.
13. Schroo H., 1959, Acute zinc deficiency observed in cacao on certain soils types in Netherlands New Guinea. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 7, 309-316.
14. Thomas P. & Varley J.A., 1981, The soils of the new and proposed areas of Ransiki Estate, Irian Jaya, Indonesia. London, Land Resources Development Centre, Overseas Development Administration (editors), Tolworth Tower, Surbiton, Surrey, England, 92 p.
15. USDA Soil Survey Staff, 1999, Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA Agriculture Handbook, 436, 869 p.
16. Van Paddenburg A., 1988, PT COKLAT RANSIKI MANOKWARI: Handing over notes. Ransiki & Manokwari, Irian Jaya, Indonesia, PT COKLAT Ransiki, 80 p. + annexes.
17. Wood G.A.R. & Lass R.A., 1985, Cocoa. Tropical Agriculture Series, London, Longman Group Limited. 620 p.

Ph. Bastide, Français, Docteur de l'Université des sciences et techniques du Languedoc en biologie et physiologie des organismes et des populations, agro-physiologiste, UMR Qualisud, Cirad.

D. Paulin, Français, DEA en agronomie option amélioration des plantes, sélectionneur cacaoyer, UPR maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes, Cirad.

Ph. Lachenaud, Français, Docteur-Ingénieur, Institut National Agronomique - Paris Grignon en biologie appliquée, amélioration du cacaoyer, UPR maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes, Cirad.