

ASSOCIATIONS CULTURALES A BASE D'HEVEA : BILAN DE 20 ANNEES D'EXPERIMENTATIONS EN COTE D'IVOIRE

PARTIE I : COMPORTEMENT VEGETATIF

J. Z. KELI¹, H. OMONT², A. A. ASSIRI³, K. A. M.-C. BOKO⁴, S. OBOUAYEBA⁴,
B. G. DEA⁵ et A. DOUMBIA⁶

¹01 BP 1740 Abidjan 01 Tél. : 23 47 25 55 Email : jules.keli@cnra.ci

²CIRAD/CP, MONTPELLIER, FRANCE

³BP 602 Gagnoa Tél.: 32 77 72 58 Email : alexis.assiri@cnra.ci

⁴1 BP 1536 Abidjan 01 Tél.:23 45 41 76 Email : cboko@yahoo.fr

⁵CNRA / DReg Korhogo, BP 856 Korhogo

⁶HEVEGO BP 793 San-Pédro - Tél. : 34 71 19 79

RESUME

Dans les plantations hévéicoles en milieu non industriel de Côte d'Ivoire, le problème de la stabilisation des systèmes de cultures, à base d'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. arg.), a été abordé sous l'angle de l'association à des cultures vivrières et industrielles. Ainsi, deux types d'associations culturales, temporaire et permanente, ont été étudiés dans la perspective d'assurer aux petits planteurs une autoconsommation familiale et éventuellement, un revenu supplémentaire pendant la période improductive des hévéas (5 à 6 ans), ainsi qu'une diversification et une stabilisation des systèmes de cultures. Vingt années d'expérimentation ont permis de montrer la possibilité d'introduire certaines espèces vivrières ou pérennes en intercalation avec les hévéas pendant les 3 à 4 premières années de plantation, sans danger pour les plants d'hévéas. Les cultures vivrières comme le riz, l'igname, l'arachide, le bananier plantain et le maïs, ainsi que le caféier, le cacaoyer, le palmier à huile, l'ananas, le kolatier et le citronnier sont convenables. Cette faisabilité agronomique des associations est corroborée par la bonne croissance de l'hévéa qui peut être 29 % supérieure à celle du témoin hévéa-planté de couverture. Elle est aussi soutenue par les productions des cultures associées qui se situent dans l'intervalle de celles obtenues en monoculture en milieu villageois et en stations expérimentales : de l'ordre de 7 à 21 t/ha pour le plantain, de 50 à 100 t/ha pour l'ananas et de 0,5 à 5 t/ha pour les autres cultures intercalaires. Ces systèmes de cultures sont conduits suivant des itinéraires techniques spécifiques. Ils suscitent un grand intérêt dans le milieu de l'agriculture traditionnelle et y sont par conséquent utilisables, à condition de maîtriser les problèmes variétaux, la qualité des semences, de date de plantation, de parasites et d'entretien.

Mots clés : *Hevea brasiliensis*, système de culture, cultures associées, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

RUBBER-BASED INTERCROPPINGS : REVIEW OF 20 YEARS OF EXPERIMENTATION IN COTE D'IVOIRE

PART 1 : GROWTH CHARACTERISTICS

Within the framework of rubber tree (Hevea brasiliensis Muell. arg.) cultivation in the smallfarmer sector in Côte d'Ivoire, some rubber-based cropping systems were investigated, with regard to intercropping in immature rubber, associated with food and perennial crops. Thus, short-term and long-term intercroppings were studied. Data from twenty years of experimentations show that intercropping food and industrial crops, during the first three or four years after rubber planting, was beneficial. Food crops such as upland rice, yam, groundnut, banana plantain, maize, as well as industrial crops like coffee, cocoa, palm oil, pineapple, coca and lemon tree were found to be suitable intercrops. Rubber tree growth was improved to 29 % under

intercropping, as compared to the control plot (rubber with legume cover crop). Intercrops yields were moderate, but quite beneficial to farmers. Some rubber-based crop rotation systems were suggested to the smallfarmer sector.

Keywords : *Hevea brasiliensis, cropping system, intercropping, Ivory Coast.*

INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, l'hévéaculture est une activité relativement récente, car les premières réalisations en la matière ne datent que de 1955. Elle a cependant connu un développement important, avec pour conséquence un accroissement rapide de la production. Celle-ci est passée de 82 tonnes en 1961 (Kéli et al., 1997) à 108 600 tonnes en 1998 (Anonyme, 1999a), soit 1,8 % de la production mondiale (Anonyme, 1999b). L'hévéaculture était surtout le fait de sociétés industrielles jusqu'en 1978 (Kéli et al., 1997). L'apparition tardive des plantations villageoises a été la volonté du gouvernement ivoirien de créer d'abord des blocs agro-industriels autour desquels devaient ultérieurement se développer, ces plantations villageoises. De plus en plus, on assiste au passage de cette spéculation dans le monde paysan où elle s'insère dans les systèmes de production déjà existants : cultures vivrières ou industrielles. En effet, en 1996, sur une superficie hévéicole totale de 80 270 ha, 37 180 ha (environ 46 % des surfaces) appartenaient au secteur hévéicole non industriel (Tableau 1) (Kéli et al., 1997).

L'hévéaculture joue un rôle socio-économique important. Elle procure des revenus financiers mensuels aux planteurs tout au long de l'année. Par ailleurs, la création de complexes agro-industriels d'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) s'accompagne toujours de la mise en place d'infrastructures (routes, écoles, centres de santé) qui bénéficient aux populations rurales. Au total, l'activité hévéicole implique plus de 15 000 personnes et génère environ 35 milliards de F CFA par an (Kéli et al., 1997).

Un des problèmes majeurs de cette spéculation en milieu non industriel est la durée de la période immature des arbres qui est de 6 ans. Pendant ce temps, les interlignes sont généralement occupées par une plante de couverture, notamment le *Pueraria phaseoloides* qui, bien que satisfaisante au plan agronomique (Broughton, 1977 ; Kéli et al., 1990 ; 1991) peut entraîner des contraintes socio-économiques et

foncières pour les petits planteurs villageois pendant les 5 ou 6 premières années improductives des arbres (Kéli et De La Serve, 1988). En effet, la plante de couverture ne fait l'objet d'aucune exploitation, ni alimentaire, ni commerciale. Alors que les petits planteurs ne disposent le plus souvent que de surfaces agricoles restreintes, ce qui peut entraîner une concurrence pour l'espace entre l'hévéa et les autres cultures.

Dans ce contexte, l'intégration de cultures vivrières ou industrielles dans les plantations d'hévéa pendant la période juvénile des arbres pourrait alors constituer une politique de gestion des interlignes qui offre de nombreux avantages aux planteurs (Kouadio et al., 1995) comme : l'entretien plus facile des jeunes plantations grâce à la présence de la main d'œuvre sur une même parcelle comportant à la fois les plantes associées et l'hévéa, la diversification des cultures et la stabilisation de leurs rendements, l'amélioration de la productivité de la terre et de la force de travail, etc. Ces avantages pourraient rendre ainsi l'hévéaculture plus attrayante.

Cependant, les pratiques associant l'hévéa à d'autres spéculations pourraient comporter des risques comme l'érosion du sol, les blessures des hévéas aux racines et les stress qu'elles peuvent provoquer lors de la préparation du terrain, la compétition pour l'eau, la lumière et les éléments minéraux, la création de conditions favorables à la propagation des maladies, etc.

Seule une association culturale raisonnée qui prend en compte ces risques et qui vise une meilleure utilisation des ressources du milieu donnera des rendements stables grâce à une incidence moins forte des maladies, des ravageurs et des adventices. Aussi, à partir de 1975, l'étude des possibilités d'association temporaire de l'hévéa à des espèces vivrières a-t-elle été entreprise. Quant aux recherches sur les associations de longue durée de l'hévéa à des cultures vivrières ou industrielles, elles sont plus récentes. Elles n'ont commencé qu'en 1988 (Guédé, 1988 ; Kéli, 1988 ; Kéli et De La Serve, 1988 ; Kéli et al., 1990 ; 1991). Les objectifs de ces recherches étaient d'ordre agronomique et socio-économique.

Tableau 1 : Situation de l'hévéaculture en décembre 1996 en Côte d'Ivoire.*Rubber tree cultivation status in December 1996 in Ivory Coast.*

Secteurs	Superficies			Production (t)
	plantées		exploitées (ha)	
	(ha)	(%)		
Secteur industriel	40 770	50,8	38 157	70 000
SAPH (Société Africaine des Plantations d'Hévéas) + SPROA (Société des Plantations Réunies de l'Ouest Africain)	18 000		16 700	26 650
SOGB (Société des caoutchoucs de Grand Béréby)	13 750		13 500	30 000
CCP (Compagnie des Caoutchoucs du Pakidié)	2 740		2 250	4 500
SAIBE (Société Agro-Industrielle de Béttié)	2 465		2 465	3 700
CHC (Compagnie Hévéicole de Cavally)	2 400		2 042	3 300
TRCI (Tropical Rubber Côte d'Ivoire)	1 415		1 200	1 900
Secteur de recherche	2 320	2,9	1 475	2 050
CNRA (Centre National de Recherche Agronomique)	820		575	950
HEVEGO (Société Hévéicole du Gô)	1 500		900	1 100
Secteur non industriel	37 180	46,3	17 722	22 139
Autres	19 946	24,8	5 321	5 232
JAMH (Jeunes Agriculteurs Modernes d'Hévéa)	730		611	161
PMPH (Petites et Moyennes Plantations d'Hévéa)	1 849		1 296	741
PHI (Plantations d'Hévéa Indépendantes)	17 367		3 414	4 330
Total	80 270		57 354	94 239

Source : Kéli *et al.*, 1997

Au plan agronomique, les études visent :

- l'identification des espèces et des variétés intéressantes ;
- l'élaboration de successions culturales vivrières et de techniques culturales adaptées ;
- la connaissance des niveaux de production des plantes associées ;
- la détermination et la quantification des incidences probables des associations sur la croissance et le développement des hévéas.

Au plan socio-économique, les études avaient pour objectifs la connaissance des :

- cultures pratiquées par les agriculteurs, de leurs surfaces et de leur ordre de succession ;
- techniques culturales utilisées et des rendements des principales cultures ;

- finalités de ces cultures (autoconsommation familiale et/ou commercialisation) ;

- motivations des agriculteurs vis-à-vis des cultures intercalaires, des disponibilités en force de travail, des contraintes foncières, etc.

Des essais ont donc été mis en place en station expérimentale et en milieu réel. Des enquêtes ont été effectuées en milieu villageois pour inventorier et comprendre les pratiques paysannes en vue de mieux concevoir l'association dans ce contexte.

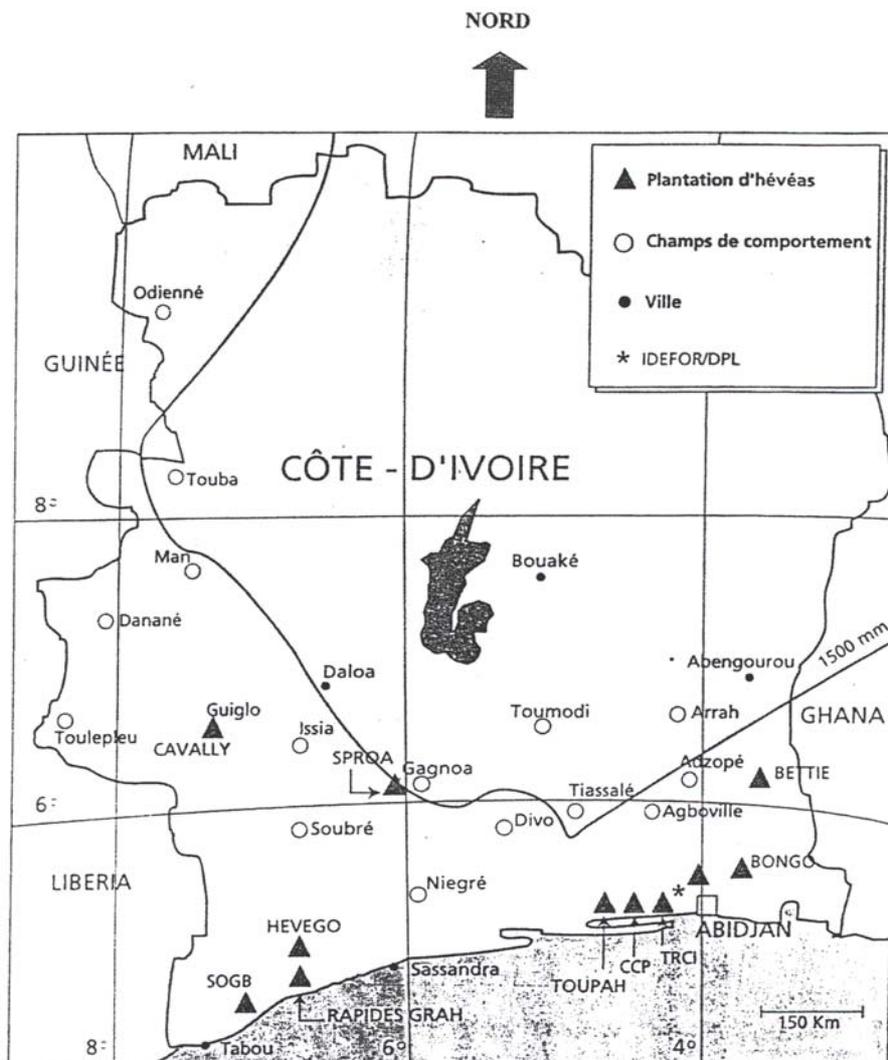
Cet article a pour objet de faire le bilan de ces travaux de recherches dans le domaine des associations culturales temporaires et de longue durée de l'hévéa à des espèces vivrières ou de rente.

MATERIELS ET METHODES

ZONE D'ETUDE

Les recherches sur les associations culturales, à base d'hévéa, ont été menées dans la frange sud du pays (Figure 1), zone de prédilection de l'hévéaculture (Kéli *et al.*, 1997). La pluviométrie moyenne annuelle dans cette zone est supérieure à 1600 mm et se caractérise par un régime bimodal ; (existence de deux saisons de pluies, d'avril à juillet et d'octobre à novembre) et de deux saisons sèches allant de décembre à février-mars et d'août à septembre (Kéli *et al.*, 1992).

Au Sud-Est où ont été développées les premières plantations d'hévéas, les sols sont ferrallitiques fortement désaturés. Ils sont sablo-argileux issus de sables tertiaires, acides, meubles et bien drainés. Ils sont néanmoins sujets à l'érosion hydrique et pauvres en potassium. Au Sud-Ouest où ont été établies les plantations plus récentes, les sols sont également ferrallitiques fortement désaturés, mais d'origines migmatites et schisteuses (Kéli *et al.*, 1997). Ils sont chimiquement plus riches que ceux du Sud-Est et ont une bonne capacité de rétention en eau. En revanche, ils présentent une carence en phosphore et sont généralement peu profonds avec présence de gravillons.



Source : KELI *et al.*, 1997

Figure 1 : Localisation des plantations d'hévéa en Côte d'Ivoire.

Location of rubber plantations in Ivory Coast.

ASSOCIATIONS TEMPORAIRES HEVEA - VIVRIERS

Essais en station

De 1975 à 1988, 6 essais ont été réalisés pour identifier, d'une part, les techniques et les rotations culturales possibles et, d'autre part, pour vérifier la possibilité de faire de la monoculture vivrière en intercalaire des hévéas avec ou sans apport de fumure :

- deux essais préliminaires, en plantation industrielle (1975) et en 1976 en plantation villageoise (1976) ;
- un premier essai rotation en plantation expérimentale de l'IDEFOR/DPL (actuel CNRA/ Bimbresso), de 1977 à 1979 ;
- un deuxième essai rotation 1983 à 1985, et 2 essais rotations contrastées et de fumures de 1986 à 1988, sur la plantation expérimentale ;
- enfin, pour comprendre le fonctionnement des systèmes culturaux testés, un essai a été mis en place sur la plantation expérimentale de l'IDEFOR/DPL et suivi de 1993 à 1997. L'utilisation des ressources du milieu (eau du sol, éléments minéraux et lumière) par les plantes associées a été appréciée pour objectiver les résultats des associations.

Les deux premiers essais ont été menés sans dispositif statistique particulier. Tous les autres (essais de rotations et d'engrais) ont été entrepris selon des dispositifs en blocs de Fisher comportant 4 à 5 traitements avec 3 à 4 répétitions.

Des mesures d'humidité du sol à la sonde à neutrons (type SOLO 25), d'indice de surface foliaire et de rayonnement transmis au moyen d'analyseurs de couvert foliaire (type LAI 2000) et des analyses physico-chimiques du sol ont été effectuées en vue de suivre l'évolution des ressources du milieu dans les cultures associées. Elles ont été couplées à des mesures de hauteur des hévéas et de largeur de leur couronne foliaire, paramètre qui a permis d'évaluer le recouvrement de l'interligne dévolue aux cultures vivrières. De plus, des excavations racinaires ont été réalisées pour apprécier l'exploitation de cette interligne par les hévéas. Dans le cadre de ces études, les cultures pures d'hévéa sur sol nu, système dans lequel il n'existe pas de compétition interspécifique, et d'hévéa avec *Pueraria phaseoloides* dans les

interlignes ont été utilisées comme traitements témoins.

Enquêtes

Parallèlement aux expérimentations, deux enquêtes ont été menées : la 1^{ère} en 1986 (sur 141 parcelles appartenant à 72 paysans) et la seconde en 1987 (sur 7 parcelles d'autres paysans), dans trois zones hévéicoles de la Basse Côte d'Ivoire (Anguédedou, Dabou et Bonoua). Les paysans enquêtés appartiennent à un ensemble de planteurs impliqués dans un projet intégré de plantations villageoises d'hévéa dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Les échantillons ont été constitués en tenant compte essentiellement de l'appartenance ethnique (Kéli, 1988). En effet, certains éléments des systèmes de cultures pouvaient varier entre eux en fonction des spécificités (surtout habitudes alimentaires) de chacun des quatre groupes ethniques rencontrés (Koffi, 1983). Les sols ne pouvaient pas constituer un critère de sélection discriminant, en raison de leur relative homogénéité (sols ferrallitiques dérivés de sables tertiaires). Ensuite à l'intérieur de chaque groupe ethnique, le choix des paysans a été effectué de manière à explorer une gamme d'âge important (de 24 à 80 ans) et de surfaces diversement emblavées en hévéas (de 1 à 20 ha) qui pouvaient également intervenir dans la variabilité des systèmes culturaux (Kéli, 1983). Ces enquêtes avaient pour objectifs d'étudier dans les trois secteurs hévéicoles considérés, les caractéristiques des systèmes vivriers, c'est-à-dire les cultures pratiquées, leurs combinaisons dans le temps et dans l'espace ainsi que les techniques culturales mises en œuvre. Il s'agissait en outre d'aborder les problèmes liés à l'association hévéa-vivriers en milieu villageois.

Suite à ces deux enquêtes, des tests ont été mis en place en milieux réels dans le but d'étudier les principaux facteurs limitants identifiés et de démontrer aux paysans l'intérêt des innovations apportées (variété, fumure).

Association de longue durée

Après l'identification des principales cultures de rente pratiquées dans les zones hévéicoles d'étude, suite aux enquêtes, 3 essais ont été mis en place en 1988 et 1989 en station expérimentale de l'IDEFOR/DPL, avec les clones

PB 260 et GT 1 en association avec des cultures pérennes ou industrielles (caféiers, palmier à huile, kolatier, citronnier, ananas) et des vivriers dans le Sud-Est et le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.

Sur ces essais, la densité de plantation a été ramenée à 421 arbres par ha au lieu de 510 qui est la densité recommandée en Côte d'Ivoire. Le dispositif de plantation a été, par conséquent, modifié, de sorte à aménager un grand écartement de 16 m entre des doubles-lignes d'hévéa (3 m de large entre 2 lignes jumelées et 2,5 m entre hévéa sur une même ligne). Ceci devrait permettre d'associer les cultures vivrières et industrielles à l'hévéa pendant une période longue que dans le cas des associations temporaires, grâce à un recouvrement *a priori* moins rapide des interlignes de plantation par le couvert d'hévéa.

Ces essais ont été complétés par un 4^e, mis en place en 1992, pour étudier plus particulièrement l'association de l'hévéa planté à différentes densité (198, 376 et 510 arbres par ha) au caféier, plante qui présentait un bon comportement dans les essais précédents.

Dans le cadre de ces essais, les cultures industrielles ont été conduites conformément aux recommandations (dispositifs et densités, fertilisation et traitements phytosanitaires, etc.) des instituts de recherche ivoiriens spécialisés. Les dispositifs statistiques utilisés dans ces essais sont des blocs de Fisher avec 4 à 5 traitements répétés 4 fois. Sur les hévéas, des mesures de largeur de couronnes et des observations racinaires ont été effectuées afin de suivre la dynamique de recouvrement et d'exploitation des interlignes. La croissance des hévéas a été appréciée en considérant essentiellement l'augmentation de la circonférence du tronc à 1 m au dessus du sol. Les cultures pures de caféiers et d'hévéa avec du *Pueraria phaseoloïdes* dans les interlignes, étaient utilisées comme traitements témoins.

RESULTATS ET DISCUSSION

REPONSE DES COMPOSANTS DES ASSOCIATIONS

Croissance des hévéas

A l'exception du manioc (Tableau 2) dont l'effet dépressif a été mis en évidence dans l'essai

étudiant les compétitions (Kouadio *et al.*, 1997), on note chez les hévéas auxquels sont associés des cultures vivrières ou industrielles, une croissance au moins comparable à celle des arbres témoins avec *Pueraria phaseoloïdes*. Cette croissance qui a été variable d'un essai à l'autre serait due à l'amélioration de la fertilité du sol suite aux apports de fumures aux vivriers et au bon niveau d'entretien de ces derniers (Kéli *et al.*, 1992). En effet, un enrichissement du statut chimique des 30 premiers centimètres du sol a été mis en évidence. Il s'agit d'une augmentation des teneurs des cations bivalents (Ca^{2+} et Mg^{2+}), de la capacité d'échange cationique, de la matière organique et du phosphore total attribuable à un apport de 2500 kg/ha de dolomie à la mise en place des essais (Kéli *et al.*, 1992). Par ailleurs, la confrontation des apports d'éléments minéraux aux vivriers avec les exportations par les récoltes a révélé un excédent d'engrais dont une partie a pu être utilisée par les hévéas (Kéli *et al.*, 1991).

Sur certains essais de rotation, les hévéas ont montré une supériorité de croissance significative (Tableau 3), maintenue dans le temps et atteignant quelque fois 15 % en première année, 26 % en deuxième et 29 % en 3^e année (Kéli *et al.*, 1990 ; 1991). Cette amélioration de la croissance devrait conduire à une précocité de mise en saignée des hévéas et aussi à une production de latex plus importante.

Cette influence favorable des systèmes vivriers a été confirmée dans les essais de successions culturales (Kéli *et al.*, 1992). Mais dans ces dernières, l'envahissement après la 3^e année des parcelles ayant comme précédent culturel les vivriers, par diverses mauvaises herbes qui compétissent probablement avec les hévéas pour l'eau et les éléments minéraux, a entraîné une circonférence des hévéas identique pour tous les traitements (Tableau 4).

Quant aux essais de fumure, ils ont montré que les apports d'engrais aux vivriers pouvaient également profiter aux arbres, mais à partir de la troisième année (Tableau 5), période pendant laquelle les racines des arbres commencent à exploiter le sol dans l'interligne (Kéli *et al.*, 1992 ; Kouadio *et al.*, 1995).

En ce qui concerne les associations permanentes, l'effet bénéfique des systèmes vivriers sur la croissance des hévéas n'est significatif qu'à la 5^e année après plantation (Kouadio *et al.*, 1995). Ceci pourrait provenir entre

autres des faibles niveaux de production de certains vivriers, malgré les apports d'engrais à ces cultures (Tableau 6).

Quant aux associations permanentes hévéa-cultures de rente, elles sont comparables du point de vue de la croissance de l'hévéa. L'on observe, par contre, une meilleure croissance des arbres plantés selon le dispositif en double-ligne à 421 arbres par ha, comparativement aux hévéas des dispositifs classiques (Kouadio *et al.*, 1995). Cet écart qui est significatif les 2 premières années après plantation, s'annule par la suite (Tableau 7).

EVALUATION DES RENDEMENTS

Cultures vivrières

Les niveaux de rendement des vivriers (Tableau 8) observés dans les associations temporaires sont dans l'ensemble moyens (Obouayéba, 1991). Des rendements comparables ont été obtenus dans les associations permanentes au cours des 4 premières années (Kouadio *et al.*, 1995). Comparés à la production en culture pure, ils ont été :

- faibles à médiocres pour l'arachide (200 à 600 kg/ha) et l'igname (200 à 5000 kg/ha) ;
- moyens pour le maïs (2000 kg/ha) ;
- satisfaisants pour la banane plantain (7 à 21 t/ha), le riz (800 à 3000 kg/ha) et le manioc (10 à 30 t/ha).

Ceux-ci deviennent ensuite très faibles à pratiquement nuls sous peuplement hévéicole de 4 à 5 ans, aussi bien dans les associations temporaires que permanentes. On en conclut que l'augmentation de la largeur de l'interligne (16 m) ne suffit pas pour maintenir à un niveau satisfaisant la production des vivriers associées à l'hévéa (Kouadio *et al.*, 1995). Des systèmes de production durables à base de vivriers intégrant des plantes améliorantes doivent être imaginés.

Cultures pérennes

Les niveaux de production obtenus (Tableau 9) sont très encourageants (Kouadio *et al.*, 1995), sauf pour le kolatier, dont le développement végétatif est moyen dans le Sud-Ouest et médiocre dans le Sud-Est. Le palmier à huile, planté 3 ans après la mise en place des hévéas, présente un développement végétatif moyen (effet probable de l'ombrage des hévéas). Comparées

aux rendements observés sur les parcelles expérimentales et en milieu villageois, les productions enregistrées après 4 années d'exploitation peuvent être évaluées comme suit :

- très satisfaisants pour le caféier, avec une production supérieure au rendement observé en milieu villageois qui est de 0,5 t/ha et sensiblement comparable à celle obtenue en culture pure en station expérimentale (4,0 t/ha) ;
- très satisfaisants également pour l'ananas, dont la production se situe dans la fourchette de celle de la culture pure en station expérimentale (50 à 100 t/ha) ;
- faibles pour le cacaoyer, avec des productions comparables à celles du milieu villageois qui sont de l'ordre de 0,5 t/ha ; l'installation des hévéas exige en effet le déboisement préalable des parcelles contrairement aux cacaoyers qui nécessitent un ombrage initial.

Conduite des cultures intercalaires

Des espèces vivrières intéressantes ont été identifiées (Tableau 10). De plus, des successions possibles de ces dernières et des techniques culturales (densité, fumure, travail du sol, distance par rapport à la ligne d'hévéa) praticables en intercalaire des hévéas ont été élaborées sur la base des résultats de croissance et de production des espèces associées. Les successions triennales préconisées sont (Kéli et De La Serve, 1988) :

- Igname - Riz/Arachide - Maïs/Arachide
- Igname - Riz/Arachide - Bananier plantain
- Igname - Igname - Igname
- Plantain - Plantain - Arachide.

Les techniques spécifiques de conduite mises au point pour ces cultures (Kéli *et al.*, 1992) et pour les plantes pérennes, sur la même base que pour les successions, sont rassemblées dans les tableaux 11 et 12.

IDENTIFICATION DES GOULOTS D'ETRANGLEMENT

L'étude du fonctionnement des systèmes de cultures à base d'hévéa a mis en évidence l'existence d'une compétition entre les hévéas et les cultures associées pour au moins un des paramètres du milieu (eau du sol, éléments minéraux, lumière) dans chaque système (Assiri, 1996 ; Kéli *et al.*, 1991 ; 1992 ; Kouadio *et al.*, 1997 ; Willey, 1979 ; Willey et Rao, 1980). Ce

phénomène apprécié à travers le développement des organes aériens et racinaires des cultures associées, ainsi qu'à travers le statut hydro-minéral du sol sous ces cultures, ont permis de :

- montrer une croissance aérienne et racinaire supérieure des hévéas du témoin « sol nu » où il n'existe pas de compétition interspécifique ;
- confirmer l'effet bénéfique des systèmes vivriers, en particulier le riz, l'arachide et le bananier plantain, sur la croissance des hévéas, comparativement au témoin classique hévéa-*Pueraria phaseoloïdes* ;
- mettre en évidence l'effet dépressif du manioc sur la croissance aérienne et racinaire des hévéas (Tableau 2).

Ces différences de croissance observées entre les associations comparées sont liées pour :

- le riz et l'arachide, à un excédent de la fumure apportée à ces plantes (compte tenu des faibles exportations par les récoltes) et qui aurait profité aux arbres ;
- *Pueraria phaseoloïdes*, à une concurrence pour l'eau du sol, surtout pendant les périodes sèches (Kéli et De La Serve, 1988 ; Kéli *et al.*, 1990) comme démontrée par des profils hydriques du sol plus secs sous cette culture (Kouadio *et al.*, 1997) ;
- le manioc, à une forte immobilisation et exportation d'éléments minéraux par la plante et dans une moindre mesure, par une compétition pour l'eau du sol (Kouadio *et al.*, 1997 ; Silvestre et Arraudeau, 1983).

En ce qui concerne la lumière, les mesures de largeur de la couronne des hévéas ont indiqué, sur certains essais, que 5 ans après la mise en place des hévéas dans les associations permanentes, 29 % de la surface initiale réservée aux cultures (16 m) étaient recouvertes, dans le cas du GT 1, tandis que 38 % l'étaient avec le clone PB 260 (Kouadio *et al.*, 1995). Les déterminations de rayonnement transmis faites plus tard (Anonyme, 1992 ; Welles, 1990 ; Welles et Norman, 1991), dans les interlignes, à partir de mesures d'Indice de Surface Foliaire (ISF) des hévéas dans le cadre des compétitions ont montré que la réduction du flux lumineux est d'autant plus importantes que l'ISF est élevé (Assiri, 1996 ; Kouadio *et al.*, 1997). Ainsi, sous le clone PB 217 âgés de 3 ans, les fractions de lumière atteignant les cultures vivrières étaient

de l'ordre de 37 % du rayonnement incident pour le riz et l'arachide, 43 % pour le manioc et 32 % pour le bananier plantain (Tableau 13).

Ces données ont permis de conclure à une concurrence pour la lumière, en relation avec le niveau de développement des hévéas (Tableau 2) et d'expliquer, en partie, la chute des rendements des cultures associées avec la durée de l'association (Kéli *et al.*, 1990 ; 1992 ; Obouayéba, 1992).

INSERTION EN MILIEU PAYSAN ET DE LIMITATION DE LA PRODUCTION

L'étude des systèmes de production paysans par enquêtes agronomiques en 1986 et en 1987, a montré l'intérêt des planteurs villageois pour les pratiques d'association (Kéli, 1988). En outre, elle a permis une meilleure connaissance des caractéristiques dominantes des systèmes vivriers : espèces et variétés cultivées, associations et rotations, techniques culturales mises en œuvre et devenir des récoltes (autoconsommation et/ou commercialisation).

Les enquêtes ont aussi mis en évidence que les rendements des vivriers observés sur les parcelles villageoises sont dans l'ensemble moyens. Mais, dans ces systèmes où les cultures intercalaires ne sont pas en général fertilisées, des apports de fumures se sont révélés bénéfiques. En effet, la fertilisation sur quelques variétés d'igname et de maïs a conduit à une meilleure valorisation des engrais et, corrélativement, à un meilleur rendement. Les recommandations en matière de combinaison des cultures dans le temps et dans l'espace, de fertilisation et de travail du sol sont consignées dans le tableau 11.

De nombreuses contraintes sont cependant liées à la pratique des associations en milieu paysan et y affectent leur mise en œuvre ; Les principales contraintes identifiées sont : la saturation foncière dans certaines régions, la force de travail limitée, le prix d'achat faible et non garanti, le circuit de commercialisation peu organisé, etc. (Kouadio *et al.*, 1995).

Les principales sources de limitation de la production des cultures vivrières et leurs incidences sur le comportement des hévéas ont été identifiées :

- les phénomènes de compétition interspécifiques pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière dans une agriculture sans intrant ;

- la pression parasitaire qui a entraîné des rendements de vivriers très variables, avec une diminution de la production au cours du temps pour certaines plantes comme le bananier plantain, l'arachide, le riz et l'igname. Il s'agit d'attaques de parasites et de ravageurs dont les nématodes, les charançons et les champignons (Kéli *et al.*, 1992 ; Kouadio *et al.*, 1995 ; 1997). Chez le bananier plantain en particulier, il n'est pas possible de faire trois cycles consécutifs sans traitements intensifs contre les nématodes et les charançons ;

- la qualité des boutures et des semences utilisées, notamment pour l'arachide et l'igname, et les dates de mise en place des cultures conditionnent leurs rendements ultérieurs. En ce qui concerne les dates de mise en place, c'est surtout l'irrégularité et la faiblesse des précipitations lors de la petite saison de pluies

(octobre à novembre) qui est préjudiciable (Kéli *et al.*, 1992) ;

- le niveau d'entretien des parcelles montre que la pratique des associations hévéa-vivriers bien que suscitant un grand intérêt chez les planteurs, pose quelques problèmes (Kouadio *et al.*, 1995). Divers essais installés sur des parcelles villageoises des secteurs hévéicoles enquêtés ont montré des corrélations significatives entre la qualité de l'entretien des cultures et la croissance végétative des jeunes hévéas (Tableau 14).

Ces contraintes permettent de penser qu'une motivation réelle du paysan, son dynamisme au travail, son âge et surtout sa disponibilité devraient constituer un préalable à la pratique des associations culturales en hévéaculture en milieu rural.

Tableau 2 : Croissance en épaisseur des jeunes hévéas.

Growth insire of young rubber trees.

Systèmes de cultures	Diamètre au collet (mm)	Circonférence à 1 m du sol (cm)		
	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
Sol nu	25,4 a	15,7 a	26,3 a	34,6 a
Pueraria	20,9 c	12,4 c	20,3 c	29,7 bc
Riz/Arachide	23,3 b	14,0 b	22,5 b	31,8 ab
Manioc	21,0 c	11,4 d	18,4 c	27,0 c
Bananier plantain	23,0 b	13,5 b	23,0 b	33,0 a

Source : Kouadio *et al.*, 1997

Tableau 3 : Croissance en épaisseur des hévéas (clone PB 217, à Anguédédou).

Growth insire of rubber trees (PB 217 clone at Anguédédou) station.

Traitements	Nombre d'arbres par ha	Circonférence à 1 m du sol (cm)		
		année 1	année 2	année 3
Igname-Riz (Arachide)-Maïs (Arachide)	426	7,6 a	18,8 a	30,7 a
Riz (Arachide)-Maïs (Arachide)-Igname	422	8,1 a	19,6 a	34,4 ac
Maïs (Arachide)-Igname-Riz (Aracide)	398	7,9 a	18,9 a	31,0 a
Igname-Riz (Arachide)-Banane plantain	437	8,0 a	19,8 a	31,0 a
Moyenne cultures vivrières	421	7,9	19,3	31,2
% du témoin		115	125	129
Moyenne Pueraria (témoin)	400	6,9 b	15,4 b	24,1 b

Source : Kéli *et al.*, 1990

Tableau 4 : Croissance en épaisseur des clones GT1 d'hévéa en rotation contrastées à Anguédédou.*Depth growth of rubber trees - GT 1 clone in rotational cropping systems at Anguédédou.*

Traitements (Successions triennales)	Circonférence à 1 m du sol (cm)		
	Année 1	Année 2	Année 3
Pueraria – Pueraria – Pueraria	7,49 b	14,97 c	26,50 a
Igname - Riz/Arachide - Maïs/Arachide	8,74 a	16,50 ab	26,22 ac
Igname - Riz/Jachère - Maïs/Jachère	8,60 a	16,15 ab	25,28 a
Igname – Igname – Igname	8,64 a	15,82 bc	25,83 a
Plantain – Plantain – Plantain	8,68 a	17,25 a	25,75 a

Source : Kéli et al., 1992

Tableau 5 : Croissance en épaisseur des clone GT 1 d'hévéa en fonction de la fumure à Anguédédou.*Depth Growth of GTI clone rubber trees as a function of fertiliser levels at Anguededou station.*

Traitements (Différentes modalités de fertilisation de l'association)	Circonférence à 1 m du sol (cm)		
	1 an (6/87)	2 ans (6/88)	3 ans (6/89)
Sans apport d'engrais sur vivriers, avec apport su hévéa	7,93 a	15,71 a	24,08 a
Avec apport sur vivriers, sans apport sur hévéa	6,97 b	13,10 b	21,20 b
Avec apport sur les 2 composantes	8,15 a	15,56 a	24,05 a
Sans apport sur les 2 composantes	6,76 b	12,27 b	18,80 c

Source : Kéli et al., 1992

Tableau 6 : Circonférence à 1 mètre du sol des hévéas (GT 1) (Association permanente Hévéas - Vivriers).*Girth at one meter above ground of the GTI clone (Permanent rubber trees Food Crop association).*

Traitements	Circonférence (cm)			
	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Pueraria	16,2	27,2	34,3	43,0 b
Igname/Riz/Arachide/Maïs	17,7	28,9	36,2	45,1 a
Manioc/Manioc/ Arachide	16,9	27,9	35,1	43,4 ab
Plantain	17,1	28,2	35,6	44,7 a
Moyenne	17,1	28,1	35,3	44,0

a, b, c : Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (Newman-Keuls, P = 5 %)

Source : Kouadio et al., 1995

Tableau 7 : Circonférence des hévéas en fonction du dispositif de plantation.*Girth of rubber trees according to planting layout.*

Clone	Dispositif	Circonférence à 1 m du sol (cm)			
		Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
GT 1	Lignes simples *	15,3	23,2	33,8	42,2
	Doubles lignes *	17,1	28,1	35,3	44,0
	Pourcentage de témoin	114	121	104	104
PB 260	Lignes simples *	15,8	25,7	37,5	46,4
	Doubles lignes *	24,0	27,6	38,5	47,3
	Pourcentage de témoin	152	107	103	102

* : Référence fiches de clones.

Source : Kouadio *et al.*, 1995**Tableau 8** : Rendements des vivriers et comportement végétatif des hévéas associés en milieu villageois après un an d'expérimentation.*Food Crop yields and vegetative status of rubber trees in on-farm intercropping in one year.*

Localités	Critères	Superficiés (ha)	Cultures associées	Rendement vivrier (q/ha)	Circonférence à 1 m des hévéas à 1 an (cm)
KOUTOUKRO		5,1	Maïs	18,8	4,90
BONOUA					
TIAGBA 2		4,1	Igname	125	5,60
DABOU			Gombo	6,5	
TIAGBA			Igname	70	
DABOU		4,1	Maïs	3	5,24
			Arachide	9,2	
			Igname	78	
KOLOUKRO		1	Gombo	ND	6,10
ANGUEDEDOU			Piment	14,4	
			Igname	177	
KAKOUKRO		2	Maïs	8,4	7,62
BONOUA			Arachide 1 ^{er}	6,0	
			Arachide 2 ^e	4,3	
		1,3	Tomate	51,5	5,90
ABADJIN-KOUTE			Igname	41	
ANGUEDEDOU			Tomate	31,5	
		1,3	Piment	26	5,90
			Gombo	5,2	
			Igname	37	
ALOKOA		1,3	Tomate	35	7,24
ANGUEDEDOU			Gombo	32	
			Piment 1 ^{er}	12	
		1,3	Piment 2 ^e	20	7,24
			Aubergine	ND	

ND : non déterminé

Source : Obouayéba, 1991

Tableau 9 : Rendements des cultures pérennes en association permanente avec l'hévéa de 1991 à 1994.
Yields of the perennial intercrops with rubber trees.

Cultures	Zone de culture	Rendement (t/ha)			
		1991	1992	1993	1994
Café	Sud-Est	2,04	1,92	1,80	1,12
	Sud-Ouest	1,22	2,56	3,51	3,86
Citron	Sud-Ouest	0,36	2,07	5,03	6,90
Cacao	Sud-Ouest	-	0,08	0,36	0,63
Ananas	Sud-Est	75,0	-	81,0	-

Source : Kouadio *et al.*, 1995

Tableau 10 : Espèces vivrières associables et leurs rendements.

Food crops Species as potential intercrops.

Espèces	Variétés associables	Rendement (q/ha)
Igname	FLORIDO, KRENGLE	80 à 250
Riz	IRAT 112, IRAT 14, IDESSA 10, IDESSA 16, IAC 164	25 à 40
Maïs	F 7635, F 7928, IRAT 83, IRAT 81	15 à 30
Arachide	KH 149 A	15 à 25
Bananier plantain	CORNE 1, ORISHELE	35 à 50
Manioc	Non actuellement conseillé (essais en cours)	80 à 300

Source : Kéli et De La Serve, 1988

Tableau 11 : Itinéraires techniques de différentes spéculations*Cultural practices of the different crops*

Plantes	Distances par rapport à la ligne d'hévéa (m)	Densités (plants/ha)	Fumure (application manuelle)	Travail du sol
Plante de couverture	1	40 000 poquets/ha (5 graines/poquet) ; 12 kg/ha de semences	Sans apport	aucun
Igname	1,5 à 2,5	10 000 buttes/ha ; 1 m x 1 m	- au plantage : 100 kg/ha NPK 10.18.18 ; - à 70 jours : 50 kg/ha Urée + 50 kg/ha KCl	Buttage
Banancier plantain	2,5 à 3 ou 3,0 à 3,5	1 786 plants/ha : 2 entre lignes et 2,8 m sur ligne 513 plants/ha : 4,75 x 4,75 m, en quinconce	- au plantage : 500 g/plant de dolomie - par an et par plant : . 300 g d'Urée . 500 g de KCl	Trouage manuel
Maïs	1 à 2	50 000 pieds/ha ; 80 cm x 25 cm	- au semis : 200 kg/ha NPK 10.18.18 ; - montaison : 100 kg/ha Urée	Binage manuel
Arachide	1 à 2	166 667 pieds/ha ; 40 cm x 15 cm (1 graine/poquet)	- au semis : 100 kg/ha NPK 10.18.18	Binage manuel
Riz	1 à 2	100 000 pied/ha, 40 cm x 25 cm (4 à 6 graines/poquet)	- au semis : 200 kg/ha NPK 10.18.18 ; - montaison : 100 kg/ha Urée	Binage manuel
Manioc	2,5	10 000 pieds/ha ; 1 m x 1 m	- au plantage : 150 kg/ha NPK 10.18.18 ; - au 45 ^{ème} jour : 150 kg/ha KCl	Buttage
Tomate ou gombo	1 à 2	*	- au semis : 200 kg/ha NPK 10.18.18 ; - montaison : 50 kg/ha Urée	Binage manuel

Source : Kéli *et al.*, 1992**Tableau 12** : Itinéraires techniques de cultures pérennes.*Cultural practices for perennial intercrops.*

Plantes	Distances par rapport à la ligne d'hévéa	Densités (plants/ha)	Fumures (application manuelle)	Travail du sol
Cacaoyer	2,5 à 3,5m	1 333 plants/ha (3 x 2,5 m)	- <u>jeunes cacaoyers</u> : . après plantation : 200 g/plant de TSP * . à 1 an : 100 g/plant - <u>cacaoyers en production</u> : . TSP : 267 kg/ha . KCl : 200 kg/ha . Kiésérite : 67 kg/ha	Trouaison manuelle : 40x40x40 cm ³
Caféier	2,5 à 3,5m		- N ₀ : 300 kg/ha NPK 20.10.5 - N ₁ : 600 kg/ha NPK 20.10.5 - N ₂ -N ₇ : 1000 kg/ha 20.10.5 - N ₈ : 600 kg/ha 20.10.5 - N ₉ -N ₁₀ : 1000 kg/ha 20.10.5 - <u>Fumure de fond</u> ; . 2 g/plant P ₂ O ₅ . 4 g/plant MgO	Trouaison manuelle : 40 x 40 cm ³
Ananas	2 m	54 000 à 55 000 plants/ha (18 x 40 x 90 cm)	- <u>Fumure d'entretien</u> : . 5,33 g/plant de N . 13,33 /plant K ₂ O à 2, 5, 6, 7 et 7,5 mois du cycle, sous forme solide à l'aisselle des feuilles basales	Billonnage
Citronnier	8 m	156 pieds/ha (8 x 8 m)	500 g/plant NPK 0.20.20	Trouaison manuelle : 60 x 60 cm ³

* : Phosphate Super Triple

Tableau 13 : Indice de surface foliaire (ISF) et rayonnement transmis.*Leaf area index and transmitted radiance.*

Systèmes de cultures	Valeurs des paramètres					
	Juin 1996			Août 1996		
	ISF hévéa	ISF système	Rayonnement transmis (%)	ISF hévéa	ISF système	Rayonnement transmis (%)
Sol nu	1,66 a	2,0 bc	28	1,80 a	non déterminé	24
<i>Pueraria</i>	1,11 cd	4,50 a	44	1,20 cd	4,66 a	37
Riz/arachide	1,23 bc	1,64 d	37	1,50 ab	récolté	27
Manioc	0,97 d	2,34 b	43	1,10 d	2,0 b	40
Bananier	1,38 b	1,82 cd	32	1,42 bc	1,50 c	30

a, b, c, d : Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (Newman-Keuls, P = 5 %)

Source : Kouadio *et al.*, 1997

Tableau 14 : Effet du niveau d'entretien des cultures associées sur la croissance radiale des jeunes hévéas.*Effect of levels of maintenance of associated crops on the radial growth of young rubber trees.*

Localités	Taux de débourrement %	Circonférence à 1 m au dessus du sol (cm)			Accroissement (cm/an)	
		An 1	An 2	An 3	1 à 2 ans	2 à 3 ans
			----- % -----	-----		
Anguédédou	65	4,68	10,43 (- 32)	20,50 (- 12)	05,75	10,07
Bonoua	81	6,64	15,63 (+ 02)	26,62 (+ 15)	09,19	09,99
Dabou	90	8,34	20,72 (+ 35)	35,05 (+ 51)	12,38	13,33
référence	-	-	15,3	23,2	-	-

CONCLUSION

Dans l'agriculture paysanne où bien souvent c'est la productivité du travail qui est le critère adopté par le paysan pour juger de l'adoption d'une technique, la stabilisation des systèmes de culture à base d'hévéa passe par la conduite judicieuse de l'association de l'hévéa à d'autres plantes présentes dans ce contexte.

Le travail entrepris par le CNRA dans ce domaine, à ce jour, a permis de mettre en évidence :

- la faisabilité technique de l'utilisation de certaines espèces en cultures vivrières ou de leur succession, en intercalaire dans les hévéas pendant les 3 ou 4 premières années de plantation, sans dommage pour les arbres. Il s'agit notamment de l'igname, du riz, du maïs, de l'arachide, du bananier plantain, des légumes divers tels que le piment, l'aubergine, le gombo ;
- la possibilité d'introduire ces pratiques en milieu villageois, à conditions de lever d'une part, les principales contraintes qui tels que la force de travail limitée, le faible prix d'achat et la non garanti des récoltes et, d'autre part, la maîtrise

des problèmes variétaux, parasitaires et d'entretien. Ceci permet de porter la durée de jachère à 3 ou 4 ans ;

- l'effet bénéfique de l'association rationnellement conduite sur la croissance des hévéas, pouvant entraîner une précocité de mise en saignée des hévéas ;

- l'existence de phénomènes de compétitions interspécifiques, entre les hévéas et les cultures associées, pour les paramètres du milieu qui sont l'eau, les éléments minéraux et la lumière et de montrer leur impact sur la croissance et la production des composantes de l'association.

L'étude d'une association de longue durée entre hévéa, cultures vivrières et cultures industrielles, va dans le sens de la stabilisation de l'agriculture et doit permettre d'aboutir, à terme, à des recommandations de systèmes d'associations pertinents sur le double plan agronomique et économique. Ainsi, les résultats des 5 premières années d'expérimentation font-elles entrevoir la possibilité d'introduire, avec succès, des plantes vivrières ou industrielles comme le caféier, le cacaoyer, le palmier à huile, le kolatier, le citronnier et l'ananas dans les plantations d'hévéa sans dommage pour les arbres.

Des enquêtes menées dans le milieu de l'agriculture traditionnelle ont mis en évidence certaines caractéristiques importantes de ce milieu. Des essais mis en place *in situ* ont permis de montrer l'intérêt agronomique des recommandations en matière d'itinéraires techniques. Cependant, les thèmes techniques développés en milieu paysan doivent faire l'objet d'une évaluation économique de façon à sélectionner les systèmes de cultures susceptibles d'intéresser les paysans. De même, l'étude des associations de cultures nécessite une approche interdisciplinaire et interinstitutionnelle compte tenu de la complexité des phénomènes qui régissent le fonctionnement des plantes en association. Cette approche concerne en particulier les aspects agronomiques, bioclimatologiques et socio-économiques.

Les meilleures croissances des hévéas observées sur les parcelles avec cultures vivrières ou industrielles pourraient se traduire, au stade adulte des arbres, par un gain significatif de production de caoutchouc. Les recherches sur les systèmes de cultures à base d'hévéa devraient être donc poursuivies, en s'orientant vers l'étude de leurs arrières-effets sur la production de la culture principale qu'est l'hévéa, et aussi vers l'étude de la rentabilité économique de ces systèmes.

REFERENCES

- Anonyme, 1999a. Newsletter. International Natural Rubber Organization (INRO). April 1999, Issue N° 7.
- Anonyme, 1999b. International Rubber Study Group (IRSG). Vol. 53 (8), may 1999.
- Assiri (A. A.), 1996. Contribution à l'étude de l'évolution des paramètres du milieu (eau du sol, éléments minéraux et lumière) sous l'influence de différents systèmes de cultures associées à l'hévéa. Mémoire de fin d'études, ENSA Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 55 p.
- Boyer (J.), 1982. Les sols ferrallitiques. T. X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols. ORSTOM, Paris : Init. Doc. Techn. N° 52, 384 p.
- Broughton (W. J.), 1977. Effect of various covers on soil fertility under *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. and on growth of the tree. Agroecosystems 3 : 147 - 170.
- Compagnon (P.), 1986. Le caoutchouc naturel. Biologie, culture, production. Paris. G P : Edition Maisonneuse et Larose, 595 p.
- Guédé (W.), 1988. Méthodologie pour l'étude de l'association de cultures vivrières aux hévéas. Mémoire pour l'obtention du DAT, ESAT Montpellier, France, 72 p.
- Kéli (Z. J.), 1988. Enquêtes préliminaires sur les systèmes vivriers dans trois zones hévéicoles de basse Côte d'Ivoire : Anguédédou, Dabou, Bonoua. Les cahiers de la Recherche-Développement 18 : 38-47.
- Kéli (Z. J.), De La Serve (M.), 1988. Association temporaire hévéa - cultures vivrières en basse Côte d'Ivoire. Rev. Générales des Caoutchoucs et plastiques 679 : 95-106.
- Kéli (Z. J.), Omont (H.), Hainnaux (G.), 1990. L'association temporaire hévéa-vivriers dans le sud de la Côte d'Ivoire. Rev. Générales des Caoutchoucs et plastiques. 701 : 121-187.
- Kéli (Z. J.), Omont (H.), Hainnaux (G.), 1991. Comportement de jeunes hévéas dans leur association avec des vivriers en basse Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine 3 (2) : 77-85.
- Kéli (Z. J.), Obouayéba (S.), Zéhi (B.), 1992. Influence de quelques systèmes vivriers sur le comportement de jeunes hévéas en basse Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine 4 (2) : 91-101.
- Kéli (Z. J.), Kpolo (D. M.), Dea (G. B.), Boa (D.), Allet Don (A.), 1997. L'hévéaculture en Côte

- d'Ivoire : situation actuelle et perspectives. *Plantations, Recherches, Développement* 4 (1) : 5-11.
- Koffi (K. A.), 1983. Etude des systèmes de production. Cas des planteurs du projet intégré des plantations villageoises d'hévéa dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Anguédedou, Toupah et Bongo). Mémoire de 3^e année, ENSA d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 74 p.
- Kouadio (A. M-C.), Kéli (Z. J.), Assiri (A. A.), Déa (G. B.), 1997. Study of the intercropping of rubber trees and food plants: vegetative growth and changes in the environmental parameters. *Seminaire STD III (Sembawa, Indonesia, 8 - 9 juillet 1997)*; 27 p.
- Kouadio (A. M-C.), Kéli (Z. J.), Déa (G. B.), Obouayéba (S.), Doumbia (A.), 1995. Essai de stabilisation des systèmes de cultures à base d'hévéa en Côte d'Ivoire. Actes du Séminaire sur la fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides (Montpellier, France, 13 - 17 novembre, 1995), 18 p.
- Obouayéba (S.), 1991. Cultures vivrières intercalaires des jeunes hévéas en milieu villageois du Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Systèmes agricoles en Afrique* 1 (2) : 21-32.
- Obouayéba (S.), 1992. Intérêt agro-économique de l'association hévéa - cultures vivrières en milieu villageois du sud-est de la Côte d'Ivoire : analyse d'un modèle de plantation. *Agronomie africaine* 4 (1) : 21-23.
- Silvestre (P.), Arraudeau (M.), 1983. Le Manioc. ACCT, Coll. Techniques agricoles et productions tropicales. Edition G. P. Maisonneuve et Larose, Paris, 1 - 99.
- Welles (J. M.), 1990. Some indirect methods of estimating canopy structure. *Remote sensing reviews* 5 (1) : 31 - 43.
- Welles (J. M.), Norman (J. M.), 1991. Instrument for indirect measurement of architecture. *Agronomy journal* 80 (5) : 818 - 825.
- Willey (R. W.), 1979. Intercropping: Its importance and research needs.
Part I : Competition and yields advantage.
Part II : Agronomy and research approach. *Field crop abstracts* 32 (1 et 2).
- Willey (R. W.), Rao (M. R.), 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Expl. Agric.* 16 : 117 - 125.