



Département territoires,
environnement et acteurs
Cirad-tera

L'AMELIORATION DES AGROFORETS A
HEVEA EN INDONESIE

(Article paru dans la revue Plantations, Recherche et
Développement - Vol 5 N° 2/98)

Eric PENOT
Agro-économiste

Progr. Tropiques Humides
N° 7/98

L'AMELIORATION DES AGROFORETS A
HEVEA EN INDONESIE

(Article paru dans la revue Plantations, Recherche et
Développement - Vol 5 N° 2/98)

Eric PENOT
Agro-économiste

Progr. Tropiques Humides
N° 7/98

AVANT-PROPOS

- ➔ Sont reproduites ci-après les versions en Français et en Anglais d'un article d'Eric PENOT parus dans la revue :
Plantations, Recherche-Développement - Vol. 5, N° 2 de 1998.

Sommaire

Le point sur...

Amélioration variétale de *Coffea canephora* -**II. Les programmes de sélection et leurs résultats** **89**

Montagnon C., Leroy T., Eskes A.B.

C'est d'abord une histoire de la sélection du caféier à travers le temps et les continents ; puis un coup de projecteur sur la sélection récurrente réciproque menée en Côte d'Ivoire.



L'amélioration des agroforêts à hévéas en Indonésie **99**

Penot E.

Les agroforêts à hévéas ou jungle rubber créées et perfectionnées par les petits planteurs indonésiens ont montré leurs efficacité. Elles ont atteint leurs limites. On se propose d'étudier des systèmes de culture plus productifs.



Etudes

Relance de la production d'huile de coco par la technique de séchage-friture **111**

Hounhouigan J., Rouzière A., Noël J.M., Bricas N., Marouzé C., Raoult-Wack A.L.

Le séchage de l'amande fraîche de coco, par friture, améliore l'efficacité de l'extraction et la qualité de l'huile produite. Un procédé aisément transférable en huilerie artisanale ou industrielle.

Dégâts des termites dans les plantations de palmiers à huile en Côte d'Ivoire : évaluation et méthodes de lutte **119**

Han S.H., Tokro G.P., Tano Y., Lepage M.

*Un sujet très rarement abordé. Pourtant les dégâts existent ; ils sont évalués. Des traitements sont proposés pour lutter contre *Amitermes evuncifer*.*

Réduction de l'acidité du cacao lors du séchage **127**

Augier F., Nganhou J., Barel M., Benet, J.C., Berthomieu G.

Il s'agit d'éliminer une grande partie de l'acide acétique des graines après qu'il ait joué son rôle dans le développement des précurseurs de l'arôme cacao. C'est faisable, mais il faut y aller avec douceur.

Rubriques

Nouvelles des filières **134**

Congrès et symposiums **150**

Vient de paraître **152**

Contents

Spotlight on...

-
- Varietal improvement of *Coffea canephora* - II. Breeding programmes and their results** 89
 Montagnon C., Leroy T., Eskes A.B.
Following a history of coffee breeding over the years and the continents, this article focuses on the reciprocal recurrent selection being carried out in Côte d'Ivoire.
-
- Jungle rubber improvement in Indonesia** 99
 Penot E.
Jungle rubber, planted and perfected by Indonesian farmers, has proved its worth, but has reached its limits. A study of more productive cropping systems is proposed.

Studies

-
- Revival of coconut oil production through the hot oil immersion drying technique** 111
 Hounhouigan J., Rouzière A., Noël J.M., Bricas N., Marouzé C., Raoult-Wack A.L.
Drying fresh coconut meat by hot oil immersion improves extraction efficacy and the quality of the oil produced. The process can easily be transferred to small or large-scale oil mills.
-
- Termite damage in oil palm plantations in Côte d'Ivoire: evaluation and control methods** 119
 Han S.H., Tokro G.P., Tano Y., Lepage M.
*A subject that is very rarely covered, though the damage is there for all to see and this article assesses it. Treatments are proposed to control *Amitermes evuncifer*.*
-
- Reducing cocoa acidity during drying** 127
 Augier F., Nganhou J., Barel M., Benet, J.C., Berthomieu G.
The aim is to remove a large proportion of the acetic acid in seeds once it has played its role in the development of cocoa flavour precursors. It is feasible but it is a delicate business.

Regular features

-
- Sector news** 134
-
- Congresses and symposia** 150
-
- Just published** 152

L'amélioration des agroforêts à hévéas en Indonésie

Penot E.

CIRAD-CP/ICRAF, Forest Research and Development Centre, Jalan Gunung Batu 65, Bogor 16001, Indonésie

Contrairement à ses voisins malais et thaïlandais, l'Indonésie n'a pas donné la priorité au développement hévéicole dans les années 60 et 70. En effet, si on a pu constater une volonté politique très nette de l'administration pour le développement rizicole, puis celui des « palawijas »¹, avec pour objectif l'autosuffisance alimentaire sur la base du concept de révolution verte, en revanche, le secteur des petits planteurs d'hévéas a toujours été considéré comme dynamique et expansif par nature, donc ne nécessitant pas d'intervention massive directe des pouvoirs publics. Plusieurs types d'intervention ont cependant été développés au début des années 70 par une approche partielle (ARP²), basée sur un « paquet » technologique comparable à celui des grandes plantations (PRPTE³, P3RSU, P3RSB⁴, de 1968 à 1979 puis SRDP⁵, à partir de 1980 et,

actuellement, TCSDP⁶, ainsi que les projets NES⁷ de transmigration). Les résultats de ces projets sont relativement controversés, à l'exception du projet SRDP qui a significativement contribué à la plantation de plus de 75 000 ha de bonnes parcelles en 15 ans, et, de façon indirecte, à la diffusion d'informations techniques (méthode de greffage, fertilisation, système de saignée...) et de matériel végétal clonal de qualité, principalement les clones GT 1 et PB 260. Néanmoins, ces projets, dont à peine 60 % ont réellement débouché sur des plantations viables, n'ont approximativement touché que 15 % des petits planteurs. La majeure partie d'entre eux n'a donc encore aucun accès aux innovations techniques, à l'exception notable des provinces de Nord et Sud-Sumatra où un certain nombre d'opérateurs privés peuvent fournir des clones aux planteurs. Le principal inconvénient de ces approches de développement, où la plantation est généralement fournie « clé en main », est leur coût prohibitif à une large échelle. Au rythme actuel, il faudrait 165 ans d'intervention sous forme de projets pour toucher la totalité des paysans indonésiens (Tomish, 1992).

Depuis le début du siècle, les petits planteurs de Sumatra et Kalimantan ont su développer seuls un système agroforestier basé sur l'hévéa permettant la fixation de l'agriculture dans les zones basses des grandes plaines à travers une production durable, une conservation importante de la

¹ « Palawijas » ou cultures secondaires tels que le maïs, le soja, les cultures légumières, les tubercules...

² ARP : Assisted Replanting Programme, de 1968 à 1978.

³ PRPTE : Project for Replanting, Rehabilitation and Extension of Export Crops, de 1968 à 1979, surface totale : 128 300 ha.

⁴ P3RSU et P3RSB étaient des projets de développement de l'hévéa pour les provinces de Nord et Ouest-Sumatra, de 1968 à 1979.

⁵ SRDP : Smallholder Rubber Development Project, de 1980 à 1992, surface totale : 75 000 ha.

⁶ TCSDP : Tree Crop Smallholder Development Project, depuis 1992. Surface projetée : 45 000 ha.

⁷ NES : Nucleus Estate Scheme. Surface plantée : 160 000 ha.

biodiversité (de Foresta, comm. pers. ; de Foresta et Michon, 1992) et un revenu stable. L'évolution du processus de production d'innovations techniques endogènes des populations locales a atteint un point maximal dans les années 80, au-delà duquel des innovations exogènes deviennent nécessaires. Elles nécessitent l'intervention des pouvoirs extérieurs : gouvernement, sociétés privées, intrants, matériel végétal, information et crédit pour optimiser ce système.

Cependant, l'évolution du monde économique indonésien et la présence d'alternatives techniques ou économiques créent un nouvel enjeu pour ces petits planteurs : la nécessaire augmentation de productivité des *jungle rubber*, tout en conservant les avantages de ces systèmes en matière de diversification du revenu, de biodiversité et d'environnement. Des systèmes de culture améliorés très proches des systèmes actuels, les systèmes RAS (*Rubber Agroforestry Systems*) sont proposés et testés en milieu paysan pour répondre à cet enjeu (encadrés 1 et 2). A terme, c'est la reconnaissance implicite des systèmes agroforestiers à base d'hévéas, comme base d'un développement futur du secteur, qui sous-tend ce programme de recherche dans un pays où les agroforêts de toute nature couvrent plus de cinq millions d'hectares.

Augmentation de productivité des *jungle rubber*

L'établissement des *jungle rubber* dès le début du XX^e siècle a permis la stabilisation de l'agriculture itinérante sur brûlis et le passage à une agriculture basée sur un système souple, peu exigeant en intrants, dégagant un revenu suffisant et une trésorerie hebdomadaire adaptée aux besoins locaux. Cette dynamique a été soutenue par l'acquisition du foncier à titre individuel lié à la plantation d'arbres (Gouyon, 1995). A Sumatra et Kalimantan, toutes les conditions étaient réunies : un foncier disponible, une population croissante, une culture peu exigeante, adaptée au climat et aux sols et d'une remarquable souplesse d'utilisation, un marché en expansion avec des prix toujours suffisamment rémunérateurs pour le plant sur malgré la faible productivité du matériel végétal utilisé. Autre conséquence remarquable : ces *jungle rubber* sont devenus le principal réservoir de biodiversité de ces îles dans les zones basses et déforestées.

Encadré 1. *Smallholder Rubber Agroforestry Project* (Srap)

Le programme de recherche Srap est développé conjointement par le Cirad-cp (département des cultures pérennes du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) et l'Icraf (Centre de recherche internationale sur l'agroforesterie). Le projet Srap était initialement basé sur l'expérimentation en milieu paysan, la caractérisation des exploitations agricoles et la problématique de l'adoption des innovations techniques. Il a débordé son mandat originel à travers une série d'expérimentations ou d'études connexes, groupées sous l'appellation *the Rubber Agroforestry Initiative* où d'autres chercheurs de l'Icraf et de l'Orstom (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération) sont impliqués dans des recherches sur la biodiversité, les compétitions racinaires interpérennes, les dynamiques des nutriments, en fonction des modes de mise en valeur... L'identification de la problématique générale des agroforêts à hévéas (*jungle rubber*) et la caractérisation des exploitations agricoles centrées sur ce système de conduite particulier de l'hévéa ont été réalisées entre 1988 et 1991 par Anne Gouyon (Gouyon et Nancy, 1989 ; Gouyon, 1993 ; 1995) dans la région de Sud-Sumatra et par de Foresta (de Foresta et Michon, 1992) pour la partie botanique. Les autres régions ont été partiellement examinées par d'autres auteurs (Barlow, comm. pers.). Le projet est initialement basé sur leurs conclusions : les agroforêts à hévéas ont un potentiel non négligeable d'amélioration ; elles constituent probablement la meilleure approche écologique de maintien d'un milieu de type forestier tout en fournissant un revenu qui, par le passé, a permis la colonisation et l'établissement de petits planteurs (plus d'un million à Sumatra et Kalimantan) et d'une filière représentant plus de dix millions de personnes en Indonésie (sur une population de 200 millions). Le développement économique, l'apparition de nouvelles opportunités (huile de palme, fruits et légumes près des villes...) et l'amélioration générale du cadre de vie en Indonésie, dans les 30 dernières années, imposent maintenant une amélioration sensible de la productivité de ces systèmes afin de rester compétitifs. Si les petits planteurs ont su développer, au cours du siècle, un certain nombre d'innovations endogènes, il sont arrivés à un point où ces innovations sont nécessairement exogènes et nécessitent une évolution du système de conduite de l'hévéa par l'introduction et l'adaptation de matériel végétal amélioré et, en particulier, les clones qui nécessitent des conditions propres de mise en culture. Ce texte présente les principales caractéristiques de ces innovations regroupées en trois systèmes de culture.

Encadré 2. L'objectif du Srap

Le programme consiste à expérimenter, en milieu paysan, un certain nombre de systèmes techniques agroforestiers hévéicoles sur la base d'hypothèses préalables (Penot, 1995) comme la coexistence de clones d'hévéa améliorés à forte productivité avec d'autres plantes pérennes (arbres à bois et à fruits, rotin...) et annuelles (pendant la période immature de l'hévéa). Les innovations techniques exogènes sont incorporées aux innovations « indigènes ». L'étude inclut la problématique de l'adoption des innovations techniques par le biais du suivi technico-économique de 100 petits planteurs formant le réseau d'expérimentation sur trois provinces (Ouest-Kalimantan à Bornéo, Jambi et Ouest-Sumatra à Sumatra). La composante technique du programme est donc le suivi de ces 100 parcelles réparties en 27 essais, avec 3 à 5 répétitions par essai, et 3 à 10 sous-parcelles par répétition (un à trois traitements par répétition). La composante agro-économique repose sur la caractérisation des exploitations agricoles, une analyse contraintes-opportunités, avec des populations différentes (dayak, malayu, javanaise transmigrante et minang), des stratégies et des environnements variés (forêts, savanes à imperata, transmigration, zones planes ou montagneuses, sols plus ou moins dégradés, traditions agroforestières...), représentatifs de la majeure partie des zones hévéicoles de l'Indonésie (plus de 3,5 millions d'hectares), où les petites plantations couvrent 84 % des superficies et produisent 75 % du caoutchouc naturel.

L'augmentation de la productivité du système, à un coût limité en intrants et en travail, est devenue prioritaire pour les planteurs. Nombre de petits planteurs ne sont pas encore intéressés par une intensification prononcée de ce type de monoculture, tant par le coût de celle-ci (sans crédit total) que par leur volonté de maintenir un système à revenu diversifié, basé sur le caoutchouc, qui reste la principale source

de revenu, mais, aussi, sur les fruits (*durian, rambutan, duku, cempedak...*), le bois et les produits non ligneux tel le rotin. Cependant, la première révolution, en terme de productivité de l'ensemble du système et, en particulier, de l'hévéa, par l'adoption de matériel végétal amélioré, reste à faire. La problématique générale est donc centrée sur les conditions d'adaptation d'un matériel végétal clonal, initiale-

ment prévu pour des plantations en monoculture, à un environnement forestier à plus forte compétition (sol, eau, lumière, enherbement...).

Il y a aussi une volonté manifeste de conserver des systèmes agroforestiers complexes, en particulier chez les Dayaks, voire même de les reconstruire en zone de transmigration où, malheureusement trop souvent, l'arbre a disparu, par exemple à Ouest-Kalimantan, en zone de savanes à imperata. En revanche, les transmigrants d'origine javanaise souhaitent développer des systèmes agroforestiers très intensifs, avec cultures intercalaires pendant la période immature de l'hévéa. Ceci pour deux raisons : leur foncier est généralement limité à deux hectares et l'arbre reste la seule alternative fiable et peu chère pour restaurer la fertilité des sols dégradés et empêcher l'envahissement de la parcelle par l'imperata.

Ces différentes situations aboutissent à la nécessité de proposer plusieurs modèles agroforestiers à base d'hévéas (*Rubber Agroforestry Systems* : RAS). Ils doivent comporter : un coût faible à moyen en intrants et en travail, différents niveaux d'intensification, une amélioration de la productivité du système et pas seulement de la composante hévéa, et un revenu diversifié, stable et souple, tout en conservant les avantages en terme d'environnement et de biodiversité du *jungle rubber* (Penot, 1996). L'adoption des innovations techniques semble d'autant plus aisée que les systèmes RAS sont très proches des pratiques paysannes actuelles et ne constituent donc pas une rupture technologique. Le facteur primordial de productivité est l'adoption d'un matériel végétal certifié à haut potentiel de production : les clones. La majeure partie des petits planteurs possèdent des plantations du type *jungle rubber* dont le potentiel de production est limité à 500 kg/ha à cause du matériel végétal *seedlings* non sélectionné, mais suffisamment robuste pour croître avec le recru forestier naturel. Le potentiel de production des clones se situe entre 1 400 et 2 000 kg/ha, ce qui constitue une réserve de productivité remarquable par rapport au système traditionnel. On considère ces clones comme fragiles et nécessitant plus d'entretien en période immature pour atteindre ce potentiel de production. Cependant, aucune

recherche n'a été faite à ce jour pour tester les clones les plus vigoureux et productifs dans des conditions de *jungle rubber* ou avec d'autres arbres de tailles similaires ou supérieures. L'essentiel des recherches va donc porter sur l'identification des conditions nécessaires aux clones pour croître et produire correctement sous ces contraintes : fertilisation, type de matériel végétal, entretien minimum et combinaisons possibles avec les autres plantes pérennes.

Les innovations techniques seront donc présentées en fonction de leur intensification croissante, selon les modèles techniques qui ont été préparés et développés en concertation avec les paysans motivés et volontaires, pour réaliser l'expérimentation en milieu réel sur leurs parcelles. Il a été décidé, en effet, dès le départ, que la phase d'expérimentation en station serait esquivée. Elle aurait demandé trop de temps pour être opérationnelle et n'aurait jamais pu reconstituer un environnement forestier et les mêmes conditions socio-économiques de production.

Ces innovations sont liées essentiellement au matériel végétal amélioré et adapté, à la reconstitution d'un système agroforestier complexe par l'introduction d'arbres associés à l'hévéa (fruitiers et arbres à bois à croissance longue ou rapide), par la fertilisation pour favoriser la croissance des hévéas pendant les deux premières années (période jugée la plus critique) et maintenir la production des cultures annuelles en

intercalaires (Penot et Gede Wibawa, 1996) et à l'emploi d'un certain nombre de techniques de cultures basées sur les plantes de couverture et d'ombrage et les arbres à croissance rapide pour la production de pâte à papier.

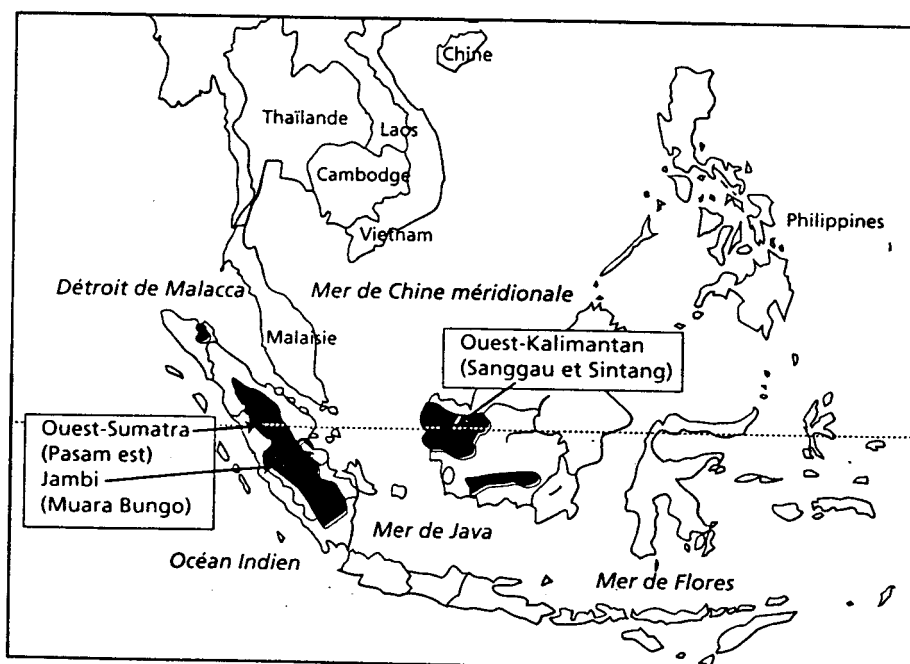
L'originalité de ce programme est de tester des innovations mises au point pour des plantations industrielles (*estates*) dans des systèmes agroforestiers totalement différents sur les plans de l'écologie et du mode de gestion des ressources par les petits producteurs.

Les Rubber Agroforestry Systems

Trois systèmes RAS⁸ 1, RAS 1 et RAS 3 sont actuellement testés en milieu paysan (Penot, 1995).

Le programme est développé avec plus de 100 paysans et deux écoles locales d'agriculture, dans trois provinces (carte) sur les deux îles de production hévéicole :

- Ouest-Kalimantan, île de Bornéo, représentative de zones encore pionnières où la transmigration joue un rôle important, avec des sols pauvres et relativement peu d'opportunités économiques (RAS 1, 2 et 3), avec 60 petits planteurs ;
- la province de Jambi (Centre-Sumatra), représentative d'une bonne partie de Sumatra, où la terre est encore disponible et où la demande porte sur des systèmes peu ou moyennement intensifs (RAS 1 et 2), avec 32 petits planteurs ;



Principales zones de production hévéicole en Indonésie et sites d'expérimentation du SRAP. / Main rubber production zones in Indonesia and SRAP trial sites

⁸ On conserve le terme anglais RAS car c'est sous ce vocable que ces systèmes sont connus en Indonésie.

- Ouest-Sumatra, représentative de zones à *imperata* très dégradées (RAS 2), avec 8 planteurs.

Un *jungle rubber* avec des clones

RAS 1 est un *jungle rubber* dans lequel la seule modification apportée au système traditionnel consiste à remplacer des *seedlings* par des clones adaptés⁹ à ces conditions particulières de culture. Ces clones doivent avoir une croissance rapide, être résistants aux maladies de feuilles et adaptés au régime d'exploitation (saignée) des petits planteurs. La biodiversité attendue de RAS 1, comparable au *jungle rubber* (elle-même assez proche des forêts primaires) est la plus élevée des trois systèmes testés. L'intensification du système est faible. Les facteurs également testés sont la densité de plantation (550 et 750 arbres/ha), et l'intensité du désherbage ; l'objectif étant de se rapprocher, au mieux, des conditions d'un *jungle rubber* avec le meilleur matériel végétal possible et dans des conditions d'entretien minimum. RAS 1 ne peut être réalisé que dans des zones de plantation ou de replantation non dégradées, avec une biodiversité environnante suffisante, en présence de forêts secondaires, agroforêt à fruits et bois (les « Temawang » à Ouest-Kalimantan) ou vieux *jungle rubber*. Par définition, les zones de transmigration et les zones dégradées du type savane à *imperata* se sont pas souhaitables pour ce type de système. Les arbres associés à l'hévéa seront donc ceux issus du recru naturel de la forêt, dont certains seront ultérieurement sélectionnés par le planteur (en général entre la 8^e et la 10^e année après plantation).

Trois types d'essais sont réalisés : RAS 1.1 qui compare le matériel végétal de qualité différente (*seedlings* clonaux, *seedlings* polyclonaux, BLIG¹⁰ et clones). L'intérêt des *seedlings* clonaux et polyclonaux, malgré leur potentiel de production limité, est leur coût faible et leur facilité d'usage, le greffage n'étant pas alors nécessaire ; RAS 1.2 qui compare deux densités de plantation et trois

niveaux d'entretien ; RAS 1.3 qui compare différents niveaux de fumure.

Des agroforêts à hévéas optimisées

RAS 2 et 3 sont des systèmes agroforestiers complexes où les éléments de la combinaison hévéa et arbres associés sont choisis dès la plantation. La biodiversité est donc moindre et sélective en fonction de l'intérêt économique des arbres associés sélectionnés par le planteur, comprenant des fruitiers et des arbres à bois à croissance rapide (*Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, *Paraserianthes facaltaria*) ou à croissance plus lente (*Meranti* et espèces locales...). Les densités de plantation sont de 550 hévéas par hectare et de 150 à 250 autres arbres associés. Les problèmes de compétition entre arbres seront étudiés à travers différentes associations avec des densités de plantation variables. Une telle structure permet d'échelonner, dans le temps, des productions différentes : caoutchouc entre les années 5 et 35, bois pour pâte à papier entre les années 6 et 10 (arbres à croissance rapide), fruits entre les années 10 et 50 puis bois entre les années 40 et 50 (arbres à croissance lente). Plusieurs évolutions sont possibles en fonction des stratégies paysannes et de l'environnement économique. A la fin de la durée de vie économique de l'hévéa (35 ans), les arbres restants peuvent être coupés à ras, le résultat économique de la coupe représente un investissement en intrants permettant la replantation d'un système RAS ou d'un autre type de plantation. Il peut, également, être conservé jusqu'aux années 45 à 50 en profitant des productions fruitières, en particulier celle très rémunératrice du *durian*, et des productions de bois de qualité (Diptérocarpacées...). Dans cette option, on s'aperçoit que le seul acteur susceptible de planter des espèces de bois de qualité reste le petit planteur, par sa capacité à supporter un retour sur investissement très long (de l'ordre de 40 à 50 années), avec un investissement initial minimum car combiné à des arbres producteurs : l'hévéa et les fruits lui conférant un revenu tout à fait appréciable pendant les 30 à 40 premières années. On notera également que ces grands arbres ne deviennent réellement compétitifs avec l'hévéa, en terme de lumière, qu'à partir de la 20^e année (cas de certains *Meranti* et du *durian*). L'élément moteur de cette combinaison reste la production hévéicole à un niveau élevé grâce aux clones. Aucune recherche n'a été effectuée sur les possibilités des clones au sein de systèmes agrofo-

restiers complexes, l'expérimentation réalisée à ce jour ayant plutôt porté sur les systèmes simples d'associations entre hévéa et cultures de rente comme le caféier et le cacaoyer par exemple.

Un système intensif centré sur les cultures intercalaires en période immature

Des cultures intercalaires sont cultivées durant les trois ou quatre premières années de la période immature de l'hévéa. L'enjeu majeur est, ici, de maintenir la production de riz à un niveau compatible avec une bonne productivité du travail et un minimum d'intrants et de risques, pendant plusieurs années consécutives. A terme, le planteur, avec deux ou trois hectares d'hévéas en culture pure ou en agroforêt, cesse de cultiver du riz dans les « ladangs »¹¹, diminuant ainsi la pression foncière sur les zones de forêt encore existantes et achète le riz dont il a besoin. La monétarisation de l'exploitation devient plus importante. Les systèmes RAS lui fournissent également des produits d'autoconsommation tels les fruits, les légumes et le bois utilisé pour la construction de maisons.

Plusieurs formules sont testées : des rotations riz/riz/riz ou riz/*palawijas*/riz, des variétés améliorées de riz pluvial, des fumures adaptées au potentiel d'investissement des planteurs, limitant le risque en cas d'échec des cultures. Des essais sont consacrés à des combinaisons entre hévéa et arbres associés avec des densités de plantation ou des espacements variables.

RAS 2 est surtout conçu pour les zones de transmigration, les zones où le foncier est extrêmement limité et les zones fortement dégradées (savanes à *imperata*...). C'est le système le plus intensif. RAS 2.1 teste les rapports de compétition entre l'hévéa et différentes espèces pérennes à des densités de population différentes. RAS 2.2 est focalisé sur les cultures intercalaires. RAS 2.5 associe l'hévéa et la cannelle.

Une stratégie anti-*imperata*

Le planteur ne souhaite pas, pour diverses raisons, semer de cultures intercalaires (absence de marché, niveau moyen d'intensification recherché, disponibilité en main-d'œuvre limitée...). L'enjeu est alors de mettre en place un système de plantes qui permettront une bonne couverture et une protection du sol avec un minimum d'entretien en première année et pas ou peu d'entretien les années suivantes. Une telle combinaison fait appel à des plantes de couvertures non grimpanes, plus ou moins

⁹ Les clones sélectionnés sont PB 260, RRIC 100, RRIC 600, et BPM 1.

¹⁰ Les *seedlings* clonaux sont des *seedlings* issus de plantations clonales et sont constitués de graines illégitimes d'un clone donné. Les *seedlings* polyclonaux sont des graines issues de jardins grainiers plantés avec un nombre limité de clones. Seule la plantation London Sumatra possède un tel jardin grainier et commercialise BLIG (*Bah Lius isolated garden*).

¹¹ Les « ladangs » sont les zones de culture sèche (*upland crops*) par opposition aux « sawah » zone de culture inondée ou irriguée (*wetland*) (Guertz, 1974).

autorégulantes (*Flemingia congesta*, *Crotalaria*, *Setaria*...), voire améliorant la faible fertilité initiale du sol (*Chromolaena odorata*) combinée à des plantes arbustives d'ombrage (*Leucena leucocephala*, *Gliricidia*, *Calliandra*...) ou des arbres d'ombrage à croissance rapide (type *Acacia mangium* ou *Gmelina arborea*).

RAS 3 peut être également considéré dans une stratégie anti-imperata pour la réhabilitation des savanes à imperata.

RAS 3.1 et 3.2 testent différentes combinaisons de cultures de couvertures, d'arbres à croissance rapide et de plantes à usages multiples (MPT's). RAS 3.3 compare, pour une même plante de couverture, différentes espèces de plantes à croissance rapide pour la production de pâte à papier. RAS 3.4 est similaire à RAS 3.3 mais sans arbres associés (fruitiers, bois). Tous les systèmes RAS 2 et 3 ont les densités de plantation suivantes : 550 hévéas/ha et 94 arbres associés/ha.

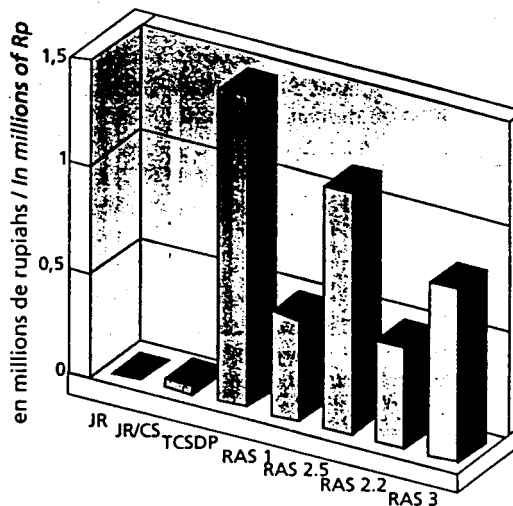
Modélisation de l'exploitation agricole basée sur les systèmes RAS

Toutes les exploitations agricoles du réseau d'essais seront enquêtées et suivies sur le plan socio-économique, ce qui permettra de dégager une typologie opérationnelle liée aux situations rencontrées, aux stratégies paysannes, aux composantes des systèmes les plus adaptés, en terme d'allocation de facteurs de production.

Un modèle d'exploitation agricole sera créé en 1997, basé sur l'analyse des rentabilités incluant plusieurs systèmes de culture possibles sur la base des données issues des parcelles d'expérimentation et des enquêtes de suivi. Ce modèle prospectif permettra de mieux comprendre les choix techniques et les stratégies paysannes en fonction de l'évolution possible des intrants (prix et disponibilité...) et des sorties (productions, productivité du travail...).

L'analyse de la problématique de l'adoption des innovations techniques en fonction des stratégies paysannes locales et des ressources et opportunités possibles est un élément majeur du programme afin de rendre opérationnels, en termes de développement agricole, les modèles testés. Il est important de noter que les paysans ont été activement impliqués, par les méthodes classiques de l'approche participative, et à tous les stades de la conception du programme, dans la réalisation des modèles RAS.

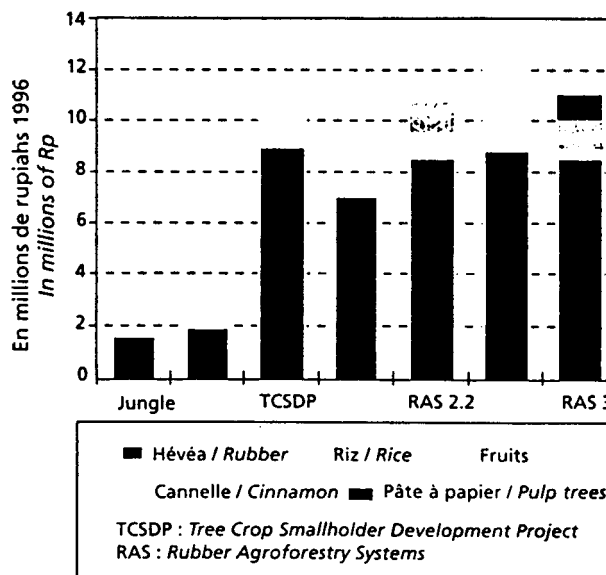
Figure 1. Investissement initial par système. Initial investment per system.



Systèmes à base d'hévéas / Rubber based farming systems

JR : Jungle rubber — CS : Clonal seedling
TCSDP : Tree Crop Smallholder Development Project
RAS : Rubber Agroforestry Systems

Figure 2. Valeur nette actualisée par culture. Nett present value per crop.



Analyse économique des systèmes RAS

Une analyse économique préalable coût/bénéfice en valeur incrémentielle nette actualisée (*incremental benefit analysis*), sur la totalité de la durée de vie du système, soit 35 ans, a été réalisée (Penot, 1996) afin de tester, sur la base des hypothèses préalables et des premiers résultats des essais en cours, la validité économique des systèmes de cultures RAS proposés à l'expérimentation. Sept systèmes sont présentés : l'agroforêt à hévéas traditionnelle

(*jungle rubber*), le *jungle rubber* avec des graines clonales, la monoculture type projet TCSDP, le RAS 1, le RAS 2.2 (avec le riz en intercalaire), le RAS 2.5 (avec la cannelle en intercalaire) et le RAS 3.

L'investissement initial en capital sur la période immature des systèmes RAS est toujours inférieur à celui de la monoculture (figure 1), en particulier pour les systèmes les moins intensifs RAS 1 et RAS 2.5.

Les temps de travaux sont minimisés en période immature, période la plus critique car non rémunératrice. La figure 2 montre la valeur nette actualisée respective des

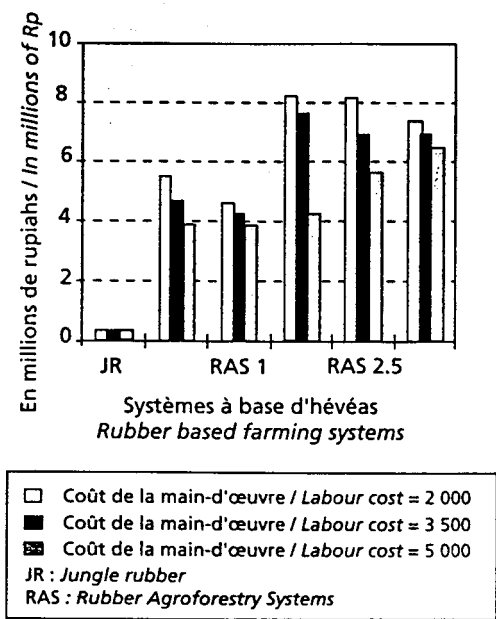


Figure 3. Bénéfice net incrémentiel en VAN pour différents systèmes de culture. / Nett incremental benefit in NPV for different cropping system.

composantes des différents systèmes hévéicoles avec le caoutchouc comme source principale de revenus et les cultures annuelles (riz), fruits et production de bois (en fin de cycle) en tant que cultures associées dans les RAS.

La rentabilité globale des systèmes (figure 3) est estimée par le biais de la valeur actualisée incrémentielle (base égale à *jungle rubber*). Elle est similaire au système monoculture (TCSDP) pour le RAS 1 et supérieure pour les RAS 2 et 3 du fait des productions de riz, bois et fruits. La productivité du travail des systèmes RAS (figures 4 et 5) est très sensiblement améliorée par rapport au système *jungle rubber* et comparable à celle de la monoculture. Cette analyse prospective, basée sur des chiffres de production raisonnables (en particulier pour les productions fruitières, de bois et de latex), permet de justifier, sur le plan économique, l'intérêt de la diversification du revenu par les pratiques agroforestières, même si la production de latex constitue toujours l'essentiel de ces revenus.

Le programme des jardins à bois villageois

La disponibilité et la qualité du matériel clonal sont des obstacles majeurs. Des régions de Nord et Sud-Sumatra possèdent un réseau de pépiniéristes privés (plus de 500 à Sud-Sumatra) et un potentiel de petits planteurs prêts à investir. C'est aussi

dans ces deux provinces que l'International Rice Research Institute (IRRI) possède ses deux stations de recherche. Mais la majorité des zones hévéicoles ne disposent pas de sources de matériel clonal autres que les services officiels et les projets, trop dispersés et sans moyens pour toucher les plan-

teurs. Un moyen apparemment simple serait de favoriser la production de matériel clonal par les planteurs eux-mêmes. La production de matériel végétal est une activité spécialisée qui demande technicité, qualité et rigueur, qui ne sont pas toujours à la portée de producteurs peu informés. Un pro-

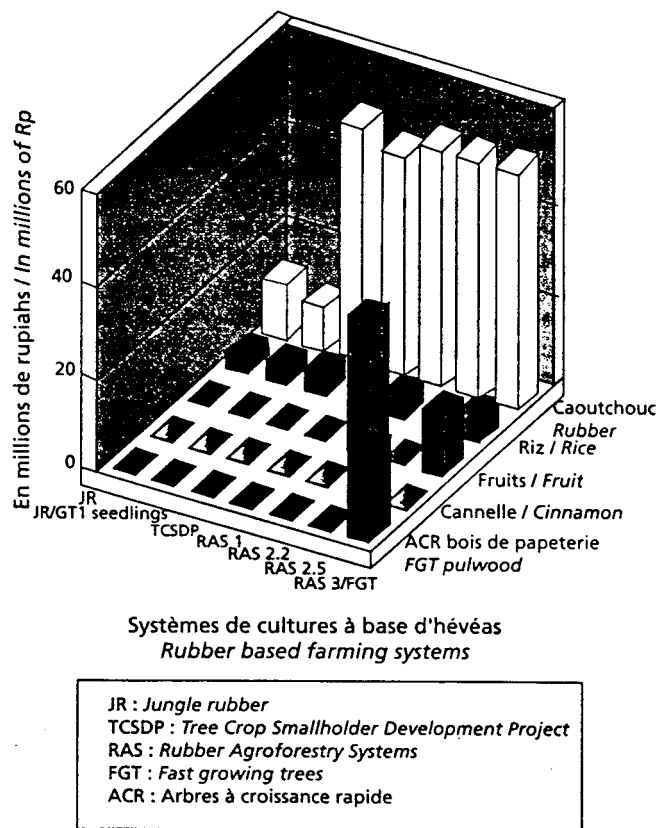


Figure 4. Productivité du travail : année 15. / Work productivity : year 15.

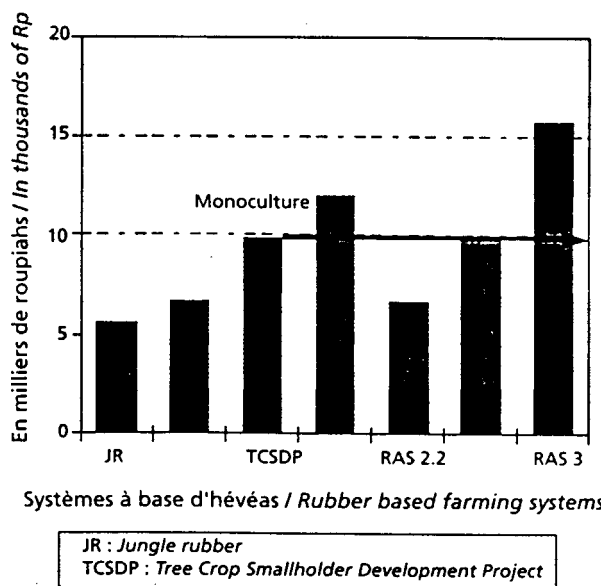


Figure 5. Coût d'opportunité pour VAN = 0 pour différents systèmes de culture. / Opportunity cost for NPV = 0 for different cropping systems.

gramme de création de matériel végétal clonal a été mis en place avec 11 jardins à bois de type villageois gérés par des groupes informels de producteurs, ou bien par des privés intéressés à une production de qualité. Le projet travaille également avec deux écoles d'agriculture pour l'expérimentation et pour les jardins à bois. L'objectif est de mieux connaître les contraintes de la production de clones par les planteurs eux-mêmes. Deux facteurs semblent prépondérants : des sources de matériel végétal primaire (bois de greffe certifiés) fiables et la gestion collective du parc.

Les partenaires

Les partenaires du programme de recherche, au sein du Srap (voir encadrés 1 et 2) sont le Cirad, l'Orstom, l'Icraf et le Gapkindo¹², sur un financement Icraf/Gapkindo/Adp-Usaid. Les partenaires locaux

sont la station de recherche hévéicole de Sembawa (Irri/Sembawa, Sud-Sumatra), le Crifc de Bogor pour les cultures intercalaires (*riz/palawijas*), le projet Sfdp/Gtz Ouest-Kalimantan, le projet Pro-RLK/Gtz et le Disbun à Ouest-Sumatra. ■

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier le Dr A.F.S. Budiman (Gapkindo), le Dr Pierre Rondot (délégation Cirad à Jakarta) et le Dr D. Garrity (Icraf) sans qui ce projet n'aurait pu voir le jour en 1994, ainsi que les Drs Gede Wibawa, Hisar Bihombing et Chairil Anwar (Institut de la recherche hévéicole en Indonésie, Sembawa), le Dr C. Shaeffer Kenhert (Sfdp/Gtz), et Hellen Kramer (Pro-RLK/GTZ) qui sont nos principaux partenaires indonésiens sur le terrain. Je remercie aussi toute l'équipe du Srap qui a contribué à la mise en place des essais, des enquêtes et au suivi des opérations de terrain : Sunario, Iahang, Asnari, Sondario et Sujono à Ouest-Kalimantan, Sandy Williams, Ratna, Iwan et Gerhardt à Jambi, et Coan à Ouest-Sumatra. Cet article est tout particulièrement dédié à notre collaborateur Sondario qui est décédé en décembre 1996 sur son lieu de travail, à Kalimantan.

¹² Gapkindo est l'association indonésienne du caoutchouc, qui regroupe essentiellement les usiniers.

Bibliographie / References

- BAGNALL-OAKELEY H., CONROY C., FAIZ A., GUNAWAN A., GOUYON A., PENOT E., 1997. Imperata management strategies used in smallholder rubber-based farming systems. *Agroforestry systems* 36 (1-3) : 83-104.
- BUDIMAN A.F.S., PENOT E., DE FORESTA H., TOMISH T., 1994. Integrated rubber agroforestry for the future of smallholder rubber in Indonesia. *In*: Rubber National Conference, Medan, novembre 1994, 51 p.
- DE FORESTA H., 1995. Wanatani karet sebagai sarana pelestarian lingkungan. Setengah abad karet Indonesia mengisi kemerdekaan. Jakarta, Indonesia, Gapkindo.
- DE FORESTA H. MICHON G., 1992. Complex agroforestry systems and conservation of biological diversity. *Malayan Nature Journal* 45 (1-4) : 488-500.
- GOUYON A., 1993. Les plaines de Sumatra-Sud : de la forêt aux hévéas. *Tiers Monde* 34 (135) : 643-670.
- GOUYON A., 1995. Paysannerie et hévéaculture dans les plaines orientales de Sumatra : quel avenir pour les systèmes agroforestiers ? Thèse de doctorat, Institut national agronomique de Paris-Grignon, Grignon, France. 2 vol., 583 p.
- GOUYON A., DE FORESTA H., LEVANG P., 1993. Does 'jungle rubber' deserve its name? An analysis of rubber agroforestry systems in southeast Sumatra. *Agroforestry Systems* 22 (3) : 181-206.
- GOUYON A., NANCY C., 1989. Increasing the productivity of rubber smallholders in Indonesia: a study of agro-economic constraints and proposals. *In* : Rubber Growers' Conference, Malacca, Malaisie, 21-23 août 1989. Kuala Lumpur, Malaisie, Rubber Research Institute of Malaysia, 26 p.
- GOUYON A., PENOT E., 1995. L'hévéaculture paysanne indonésienne : agroforêts et plantations clonales, des choix pour l'avenir. *In* : Succès et échecs des révolutions vertes, Montpellier, 6 septembre 1995. Bogor, Indonésie, ICRAF, 17 p.
- MICHON G., DE FORESTA H., 1990. Complex agroforestry systems and conservation of biological diversity. *Agroforests in Indonesia: the link between two worlds. In* : Proceedings of an international conference on the conservation of tropical biodiversity, Malayan Nature Society. Kuala Lumpur, Malaysia.
- NANCY C., GOUYON A., ANWAR C., NEGRI M., 1990. Perspectives d'amélioration de la filière caoutchouc naturel en Indonésie : analyse de la filière et comportement des agents. *In* : Économie des filières en régions chaudes : formation des prix et échanges agricoles, M. Griffon éd., Montpellier, France, Cirad-Mesru, p. 805-828.
- PENOT E., 1994. The non-project rubber smallholder sector in Indonesia: rubber agroforestry systems (RAS) as a challenge for the improvement of rubber productivity, rubber-based systems sustainability, biodiversity and environment. *In* : ICRAF annual seminar, Nairobi, Nigeria, 15 septembre 1994, 28 p.
- PENOT E., 1995. Taking the jungle out of rubber. Improving rubber in Indonesian agroforestry systems. *Agroforestry Today* 7 (3-4) : 11-13.
- PENOT E., 1995. Rubber agroforestry systems as sustainable alternatives to Imperata grasslands in West-Kalimantan, Indonesia. *In* : ICRAF Imperata workshop, Banjarmasin, janvier 1995, 11 p.
- PENOT E., 1996. Sustainability through productivity improvement of Indonesian rubber based agroforestry systems. *In* : 14th international symposium on sustainable farming systems, Colombo, Sri Lanka, 11-16 novembre 1996, 13 p.
- PENOT E., GEDE WIBAWA, 1996. Complex rubber agroforestry systems in Indonesia: an alternative to low productivity of jungle rubber conserving agroforestry practices and benefits. *In* : 14th international symposium on sustainable farming systems, Colombo, Sri Lanka, 11-16 novembre 1996, 27 p.
- PENOT E., RASIDIN ASWAR S., 1994. Rubber clones index in Indonesia. Sembawa, Indonésie, Indonesian Rubber Research Institute, 400 p.
- TOMISH T., 1992. Smallholder rubber development in Indonesia. *In* : Reforming economic systems in developing countries, D.H. Perkins et M. Roemer éd., Cambridge, États-Unis, Harvard University.

Jungle rubber improvement in Indonesia

Penot E.

CIRAD-CP/ICRAF, Forest Research and Development Center, Jalan Gunung Batu n°5, Bogor 16001, Indonesia

Since the turn of the century, smallholders in Sumatra and Kalimantan have developed a rubber-based agroforestry system, jungle rubber. The aim is now to increase the productivity of the system whilst maintaining its advantages in terms of biodiversity and the environment.

Unlike its Malaysian and Thai neighbours, Indonesia did not give priority to rubber development in the 1960s and 70s. Although government policy was clearly in favour of developing rice, followed by "palawijas"¹, with a view to food self-sufficiency based on the "green revolution" concept, the rubber smallholder sector was always considered intrinsically dynamic and expansive and thus was not seen to need substantial direct government intervention. However, several operations were launched at the start of the 1970s via a partial approach (ARP²), based on a technological package comparable to those of the large estates (PRPTE³, P3RSU, P3RSB⁴, from 1968 to 1979, then SRDP⁵ from 1980 onwards, and TCSDP⁶, along with the NES⁷ transmigrant programmes). The results of these projects are fairly controversial, except for the SRDP project, which significantly contributed to the setting up of over 75 000 ha of good plantations in 15 years and, indirectly, to the dissemination of technical information (budding methods, fertilization, tapping systems, etc.) and quality clonal material (primarily clones GT 1 and PB 260). Nevertheless, these projects, barely 60% of which really gave rise to viable plantations, only concerned some 15% of smallholders. Most smallholders have therefore never had access to technical innovations, with the notable exception of those in North and South Sumatra, where a certain number of private operators supply growers with clones. The main drawback of these development approaches, where plantations are generally supplied on a "turnkey" basis, is their prohibitive cost on a large scale. At the current rate, it would take 165 years of

Box 1. Smallholder Rubber Agroforestry Project (SRAP)

The SRAP research programme is being implemented jointly by CIRAD-CP (Tree Crops Department of the Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) and ICRAF (International Centre for Research on Agroforestry). The SRAP project was initially based on smallholder trials, farm characterization and the problems associated with the adoption of technical innovations. It overran its original mandate via a series of related trials and studies collectively known as the Rubber Agroforestry Initiative, under which other researchers from ICRAF and ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération) are involved in research on biodiversity, root competition between tree crops and nutrient dynamics depending on development techniques... The general problems associated with rubber agroforestry systems were identified and farms based on this cropping system characterized between 1988 and 1991 by Anne Gouyon (Gouyon et Nancy, 1989; Gouyon, 1993; 1995) in South Sumatra and by de Foresta (pers. comm.; de Foresta and Michon, 1992) in terms of botany; the other regions were partially studied by other authors (Barlow, pers. comm.). The project was initially based on their conclusions: rubber agroforestry systems have substantial development potential; they are probably the ecologically best way of maintaining a forest type environment whilst providing an income which, in the past, enabled colonization and the establishment of smallholders (over a million in Sumatra and Kalimantan) and of a sector involving over ten million people in Indonesia (out of a population of 200 million). Economic development, the advent of new opportunities (palm oil, fruit and vegetables near towns, etc.) and the general improvement in living standards in Indonesia over the past 30 years mean that the productivity of these systems now has to be improved substantially if they are to remain competitive. Although smallholders have managed to develop a certain number of their own innovations this century, a stage has now been reached when innovations have to come from outside and the rubber cropping system has to be modified by introducing and adapting improved planting material, particularly clones, which call for specific cropping conditions. This article gives the main characteristics of these innovations, split into three types of farming system.

Box 2. The aim of the SRAP

The programme consists in testing a certain number of rubber-based agroforestry systems on smallholdings, based on existing hypotheses (Penot, 1995) such as the co-existence of highly productive improved *Hevea* clones with other tree crops (timber and fruit trees, rattan, etc.) and annual crops (until the rubber trees mature). Outside technical innovations are incorporated into inside innovations. The study looks at the problems involved in taking on board these technical innovations by technico-economic monitoring of the 100 smallholders in the experimental network in three provinces (West Kalimantan in Borneo, Jambi and West Sumatra in Sumatra). The technical component of the programme is therefore the monitoring of these 100 plots split between 27 trials, with three to five replicates per trial and three to ten sub-plots per replicate (one to three treatments per replicate). The agro-economic component is based on farm characterization, a constraint-opportunity analysis, with different populations (Dayak, Malayu, transmigrant Javanese and Minang), various strategies and environments (forests, *Imperata* grasslands, transmigrant, flat or mountainous zones, more or less degraded soils, agro-forestry traditions, etc.), representative of most of the rubber growing regions in Indonesia (over 3.5 million hectares), where smallholdings account for 84% of the areas and produce 75% of the natural rubber.

projects to involve every Indonesian smallholder (Tomish, 1992).

Since the turn of the century, smallholders in Sumatra and Kalimantan have worked on their own to develop a rubber agroforestry system that has stabilized agriculture in the low-lying areas of the great plains through sustainable

production, substantial conservation of the existing biodiversity (de Foresta, pers. comm., de Foresta and Michon, 1992) and stable incomes. The move by local populations to produce their own technical innovations reached a maximum in the 1980s, after which innovations from outside became necessary, hence requiring the

¹ "palawijas" or secondary crops such as maize, soybean, vegetable crops, tubers, etc.

² ARP: Assisted Replanting Programme, from 1968 to 1978.

³ PRPTE: Project for Replanting, Rehabilitation and Extension of Export Crops, from 1968 to 1979, total area: 128,300 ha.

⁴ P3RSU and P3RSB were rubber development projects for the provinces of North and West Sumatra, from 1968 to 1979.

⁵ SRDP: Smallholder Rubber Development Project, from 1980 to 1992, total area: 75 000 ha.

⁶ TCSDP: Tree Crop Smallholder Development Project, since 1992. Planned area: 45 000 ha.

⁷ NES: Nucleus Estate Scheme. Area planted: 160 000 ha.

involvement of outside forces, government, private operators and projects to provide inputs, planting material, information and credit in order to optimize the system.

However, changes in the Indonesian economy and the existence of technical or economic alternatives have created a new challenge for smallholders: the need to increase jungle rubber productivity whilst maintaining the advantages of this system in terms of diversified incomes, biodiversity and the environment. Improved cropping systems very similar to the current RAS (Rubber Agroforestry Systems) have been proposed and tested in the smallholder sector in response to this challenge (boxes 1 and 2). In the long term, it is the implicit recognition of rubber-based farming systems as the basis for future development in the sector that underlies this research programme in a country with over five million hectares of different kinds of agroforests.

Increasing jungle rubber productivity

The establishment of jungle rubber at the start of the XXth century enabled the stabilization of slash-and-burn agriculture and the shift to agriculture based on a flexible system requiring few inputs and providing sufficient income and weekly cashflow in line with local needs. This move was supported by land acquisition by individuals linked to the planting of trees (Gouyon, 1995). In Sumatra and Kalimantan, all the preconditions were satisfied: available land, population growth, a not very demanding crop suitable for the climate and soils and remarkably easy to use, and an expanding market with consistently worthwhile prices for growers despite the low productivity of the planting material used. One remarkable consequence of this is that jungle rubber has become the main source of biodiversity in the low-lying, deforested zones of these islands.

Increasing the productivity of the system, at limited cost in terms of inputs and workload, is now a priority for growers. Many smallholders are not yet interested in substantial intensification of this type of monoculture, due both to the cost (without total credit) and their wish to maintain a system providing a diversified income, based on rubber, which is the main source of income, but also on fruit (durian, rambutan, duku, cempedak, etc.), timber and non-wooly products such as rattan. However, the first revolution in terms of the productivity of the system as a whole, and rubber in particular - the adoption of improved planting material - has yet to come. The overall problems therefore centre on the conditions for adapting clonal planting material initially intended to be grown as a monoculture to a more competitive

forest environment (soil, water, light, weeds, etc.).

There is also a clear wish to maintain complex agroforestry systems, particularly on the part of the Dayaks, or even to rebuild them in transmigration zones where, unfortunately all too often, trees have disappeared, for instance in the *Imperata* grasslands of West Kalimantan. On the other hand, the Javanese transmigrants are keen to develop highly intensive agroforestry systems with intercrops until the rubber trees mature. There are two reasons for this: they generally only own two hectares and trees are the only reliable, cheap way of restoring the fertility of deteriorated soils and preventing plot invasion by *Imperata*.

These different situations resulted in the need to propose several Rubber Agroforestry Systems - RAS - which had to combine low input and labour costs, improved productivity (not only of rubber, but of the whole system) and a diversified, stable and flexible income, whilst conserving the advantages of jungle rubber in terms of the environment and biodiversity (Penot, 1996). The adoption of technical innovations seemed to be all the easier in that RAS are very similar to current smallholder practices and were not therefore a radical technological change. The primary factor in increasing productivity is to adopt certified planting material with a high production potential: clones. Most smallholders have jungle rubber type plantations with a production potential of just 500 kg/ha due to the seedlings used, which are not selected but are robust enough to grow alongside wild forest regrowth. The production potential of clones is between 1 400 and 2 000 kg/ha, which is a remarkable source of productivity compared to the traditional system. Clones are considered fragile and require more upkeep when young if they are to reach their full potential. However, no research had previously been done to test the most vigorous, productive clones under jungle rubber conditions or with other trees of similar size or larger. The research was therefore to concentrate on the conditions required for clones to grow and produce satisfactorily with these constraints: fertilization, type of planting material, minimum upkeep and possible combinations with other tree crops.

The technical innovations are described in increasing order of intensification, according to technical models prepared and developed in conjunction with motivated smallholders who volunteered to test them in their plots. It was decided from the start to skip the on-station trial stage, which would have taken too long to be operational and could never have reproduced a forest environment and the same socio-economic production conditions.

These innovations primarily concern improved, appropriate planting material, the reconstitution of a complex agroforestry system by introducing other trees as well as rubber (fast or slow-growing fruit and timber trees), fertilization to foster Hevea growth in the first two years (the most critical time) and to maintain annual intercrop yields (Penot et Gede Wibawa, 1996) and the use of a certain number of crop techniques based on cover and shade crops and fast-growing trees for paper pulp production.

The originality of the programme lies in the testing of innovations developed for estates in agroforestry systems that are totally different in terms of their ecology and of how smallholders manage their resources.

Rubber Agroforestry Systems

Three systems RAS⁸ are currently being tested on smallholdings (Penot, 1995).

The programme involves over 100 smallholders and two local agricultural colleges in three provinces (map) on the two rubber-producing islands:

- West Kalimantan, Borneo island, which is representative of pioneer zones in which transmigration plays a major role, with poor soils and relatively few economic opportunities (RAS 1, 2 and 3), with 60 smallholders;
- Jambi province (Central Sumatra), which is representative of a large part of Sumatra, where there is still land available and where the demand is for barely or moderately intensified systems (RAS 1 and 2), with 32 smallholders;
- West Sumatra, which is representative of deteriorated *Imperata* zones (RAS 2), with eight smallholders.

Jungle rubber with clones

RAS 1 is jungle rubber in which the only modification to the traditional system is to replace seedlings with clones suitable⁸ for these specific cropping conditions. The clones have to be fast-growing, resistant to leaf diseases and suitable for the tapping systems used by smallholders. The expected biodiversity of RAS 1, comparable to jungle rubber (which is itself quite similar to primary forest), is the highest of the three systems tested. The other factors tested are planting density (550 and 750 trees/ha) and weeding intensity, the aim being to get as close as possible to jungle rubber conditions with the best possible planting material and minimum upkeep. RAS 1 can only be set up in non-deteriorated planted or

⁸ The selected clones are PB 260, RRIC 100, RRM 600, and BPM 1.

replanted zones, with sufficient surrounding biodiversity, secondary forest, fruit and timber agroforests ("Tembawangs" in West Kalimantan) or old jungle rubber. By definition, transmigration and deteriorated savannah type zones are not suitable for this type of system. The trees to be associated with *Hevea* are therefore those produced by natural forest regrowth, some of which will subsequently be bred by growers (in general between eight and ten years after planting).

There are three types of trials: RAS 1.1 compares planting material of different qualities (clonal seedlings, polyclonal seedlings, BLIG⁹ and clones). Despite their limited production potential, clonal and polyclonal seedlings have the advantage of being cheap and easy to use, since budding is not required. RAS 1.2 compares two planting densities and three levels of upkeep and RAS 1.3 different fertilizer quantities.

Optimized Rubber Agroforestry Systems

RAS 2 and 3 are complex agroforestry systems in which the elements of the rubber/intercrop combination are chosen at the time of planting. Their biodiversity is therefore less marked and is selective, according to the economic merits of the intercrop species chosen by the grower, including fast-growing fruit and timber trees (*Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, *Paraserianthes falcataria*) or more slow growing varieties (*Meranti* and local species). Planting densities are 550 rubber trees and 150 to 250 intercropped trees per hectare. Competition between trees will be studied via various combinations at different planting densities. Such a structure means that different products can be staggered: rubber between years 5 and 35, paper pulp between years 6 and 10 (fast-growing trees), fruits between years 10 and 50 and timber between years 40 and 50 (slow-growing trees). There are several possible options depending on smallholder strategies and the economic environment. At the end of the economic life span of the rubber trees (35 years), the remaining trees can be felled and the timber sold to finance inputs and enable the replanting of an RAS or another type of planting. The system can also be maintained until years 45 to 50 by relying on fruits, particularly durians, which are highly profitable, and quality wood production (Dipterocarpaceae, etc.). With this option, it is clear that the only people likely to

plant timber species are smallholders, since they can withstand very long returns on their investment (around 40 to 50 years), with a minimum initial investment since the species are combined with productive trees: rubber and fruit trees provide them with a substantial income for the first 30 to 40 years. It is also worth noting that these tall trees do not really begin to compete with rubber trees for light until year 20 (this is the case with certain meranti and durian). The driving force in this combination is rubber production, which is high due to the use of clones. No research has yet been done on clone potential in complex agroforestry systems, since the experiments carried out to date have concentrated on simple intercropping systems involving rubber and cash crops such as coffee and cocoa.

An intensive system centred on intercrops with immature rubber trees

Intercrops are grown for the first three to four years until the rubber trees reach maturity. In this case, the main stake is to maintain rice production at a level compatible with satisfactory work productivity, and a minimum of inputs and risks, for several years in succession. Eventually, growers with two or three hectares of rubber trees in a monoculture or an agroforestry system stop growing rice in the "ladangs"¹⁰, thereby reducing land occupation pressures on existing forest zones, and purchase the rice they need. Monetization of the farm increases. RAS also provide growers with products for their own consumption, such as fruits, vegetables and the wood used for house building.

Several combinations are being tested: rice/rice/rice or rice/*palawijas*/rice rotations, improved upland rice varieties and fertilizers suited to the investment potential of growers, limiting risks in the event of a crop failure. Trials have been given over to combinations between rubber and intercropped trees, with different planting densities or spacing.

RAS 2 is particularly suitable for transmigration zones, zones where land is extremely limited and severely degraded zones (*Imperata* grasslands, etc.). It is the most intensive system. RAS 2.1 is testing competition ratios between rubber and different tree crops at different population densities. RAS 2.2 is concentrating on the intercrops. RAS 2.5 combines rubber and cinnamon.

An *Imperata* control strategy

For various reasons, farmers do not wish to grow intercrops (no market, moderate level of intensification sought, limited labour available, etc.). The challenge is then to introduce a system of plants which will enable good soil cover and protection, with a minimum amount of

upkeep in the first year, and little or no upkeep in the subsequent years. Such a combination calls for non-climbing cover crops, that are more or less self-regulating (*Flemingia congesta*, *Crotalaria*, *Setaria*, etc.), or that even improve the initial low fertility of the soil (*Chromolaena odorata*) combined with bushy shade plants (*Leucena leucocephala*, *Gliricidia*, *Calliandra*, etc.) or fast growing shade trees (*Acacia mangium* or *Gmelina arborea* type).

RAS 3 can also be considered in the *Imperata* control strategy for the rehabilitation of *Imperata* grasslands.

RAS 3.1 and 3.2 are testing different combinations of cover crops, fast growing trees and multi-purpose trees (MPTs). For the same cover crop, RAS 3.3 compares different species of fast growing plants for paper pulp production. RAS 3.4 is similar to RAS 3.3, but without intercropped trees (fruit trees, timber). All the RAS 2 and 3 systems have the following planting densities: 550 rubber trees/ha and 94 intercropped trees/ha.

Modelling of RAS-based agriculture

All the farms in the trial network will be characterized by socio-economic surveys and monitoring, in order to determine an operational typology linked to the situations encountered, to smallholder strategies and to the components of the most appropriate systems in terms of the allocation of production factors.

A farm model will be developed in 1997 based on an analysis of profitabilities and will include several possible cropping systems based on data obtained from the trial plots and monitoring surveys. This prospective model will provide a clearer understanding of the technical choices and smallholder strategies in accordance with possible changes in inputs (prices and availability, etc.) and outputs (production, work productivity, etc.).

An analysis of all the problems associated with the adoption of new techniques in line with local smallholder strategies and the resources and possible opportunities is a major element of the programme, in order to make the models being tested operational in terms of agricultural development. It is important to note that smallholders have been actively involved in developing the RAS models, through the conventional methods of the hands-on approach, and at all stages of programme design.

Economic analysis of the RAS

A prior incremental benefit analysis was carried out for the total duration of the system, i.e. 35 years (Penot, 1996), to test the economic validity of the RAS proposed for trial, based on prior hypotheses and the initial results of trials under way. Seven systems were considered:

⁹ Clonal seedlings are seedlings obtained from clonal plantations and comprise the illegitimate seeds of a given clone. Polyclonal seedlings are seeds from seed gardens planted with a limited number of clones. Only the London Sumatra plantation has such a seed garden and markets BLIG (Bah Lias isolated garden)

¹⁰ "Ladangs" are upland crop zones, as opposed to "sawah", which is a wetland area (Guertz, 1974).

traditional jungle rubber, jungle rubber with clonal seeds, TCSDP project type monoculture, RAS 1, RAS 2.2 (with intercropped rice), RAS 2.5 (with intercropped cinnamon) and RAS 3.

Initial capital investment up to RAS maturity was consistently less than for the monoculture (figure 1), especially for the less intensive systems RAS 1 and RAS 2.5.

Working hours are minimized during the immature period, which is the most critical period since there is no income. Figure 2 shows the respective net present value of the components in the different rubber growing systems with rubber as the main source of income and annual crops (rice), fruits and wood production (at the end of the cycle) as the intercrop in the RAS.

The overall profitability of the systems (figure 3) is estimated via the net incremental benefit (base equal to jungle rubber. It is similar to the monoculture system (TCSDP) for RAS 1 and higher than for RAS 2 and RAS 3 due to the rice, fruit and wood yields. Work output in the RAS (figures 4 and 5) is substantially improved compared to the jungle rubber system and similar to that in the monoculture. Given this prospective analysis, based on reasonable production figures (especially for fruit, wood and latex production), the diversification of income through agroforestry activities is economically

warranted, even if latex production still constitutes the main source of income.

Smallholder budwood garden programme

The availability and quality of clonal material are major obstacles. There is a network of private nurserymen in regions of North and South Sumatra (more than 500 in South Sumatra) and a potential of smallholders ready to invest. It is also in those two provinces that the International Rice Research Institute (IRRI) has two research stations. However, the majority of rubber growing areas do not have any other sources of clonal material but the official services and the projects, which are too widely dispersed and do not have the means to reach farmers. An apparently simple solution would be to encourage the production of clonal material by the farmers themselves. Planting material production is a specialized activity requiring technical skills, quality and conscientiousness, which will not always be within the grasp of poorly informed producers. A programme has been launched to create clonal planting material with 11 community-managed budwood gardens run by informal producer groups or by private operators interested in quality production. The project is also working with two agricultural colleges for experimental work and budwood gardens. The purpose is to acquire a clearer picture of the constraints involved in clone production by the farmers themselves. Two factors seem to dominate: reliable sources of

primary plant material (certified budwood) and collective management of the garden.

The partners

The partners in the SRAP research programme (boxes 1 and 2) are CIRAD, ORSTOM, ICRAF and GAPKINDO¹¹, with ICRAF/GAPKINDO/ADP-USAID funding. The local partners are the Sembawa rubber research station (IRRI/ Sembawa, South Sumatra), CRIFC in Bogor for the intercrops (rice/*palawijas*), the SFDP/GTZ West Kalimantan project, the Pro-RLK/GTZ project and DISBUN in West Sumatra. ■

Acknowledgements

Particular thanks to Dr A.F.S. Budiman (GAPKINDO), Dr Pierre Rondot (CIRAD delegation in Jakarta) and Dr D. Garrity (ICRAF), without whom this project would not have seen the light of day in 1994, and to Dr Gede Wibawa, Dr Hisar Bihombing and Dr Chain Anwar (Indonesian Rubber Research Institute, Sembawa), Dr C. Shaeffer Kenhert (SFDP/GTZ), Hellen Kramer (Pro-RLK/GTZ), who are our main Indonesian partners in the field, along with the entire SRAP team, which helped in setting up the trials, surveys and monitoring of operations in the field, namely Messrs. Sunario, Ilahang, Asnari, Sondario and Sujono in West Kalimantan, Sandy Williams, Ratna, Iwan and Gerhardt in Jambi, and Coan in West Sumatra. This article is especially in honour of our colleague Sondario, who died in 1996 at his place of work in Kalimantan.

¹¹ GAPKINDO is the Indonesian rubber association whose members are primarily millers.

PRÉSENTATION SUCCINCTE DU PROGRAMME

Les agricultures des zones tropicales humides évoluent rapidement car elles sont de plus en plus liées aux grands marchés internationaux du café, du cacao ou du riz, et participent à l'approvisionnement de centres urbains en forte croissance. Dans ces zones peu anthropisées jusqu'au siècle dernier, la colonisation s'opère par de larges fronts pionniers et la vitesse de progression est telle qu'elle entraîne des risques de dégradation écologique irréversible.

Le programme "Tropiques humides" étudie l'évolution actuelle de ces systèmes agraires, à base de cultures pérennes et de cultures vivrières. Il raisonne la mise au point d'innovations dans le cadre d'exploitations familiales aux productions diversifiées (pour l'autoconsommation, pour les marchés locaux ou internationaux). L'objectif est d'aider à équilibrer le système de revenus agricoles tout en préservant la capacité de production de la terre cultivée.

Pour cela, les chercheurs du programme adoptent une approche pluridisciplinaire associant sciences écologiques, agronomiques, sociales et économiques, mises en oeuvre au sein d'opérations de recherche-action menées avec les utilisateurs potentiels des innovations testées. Ils interviennent sur différents terrains en Amérique latine, en Afrique, en Asie et en milieu insulaire à travers deux démarches : des synthèses régionales sur les évolutions en cours et des dispositifs d'analyse et d'expérimentation d'innovations à l'échelle locale.

Contacts scientifiques: Alain LEPLAIDEUR : alain.leplaidleur@cirad.fr
Alain DUCREUX : alain.ducieux.cirad.fr
Edouard Latrille : edouard.latrille.cirad.fr

LISTE DES PUBLICATIONS

Demande de documents : *Nadine Kelemen*
Programme Tropiques Humides
CIRAD/TERA
B.P. 5035
34032 MONTPELLIER Cedex 1

Tél. (33)(0)4 67 61 59 66
Fax : (33)(0)4 67 61 12 23
e-mail : nadine.kelemen@cirad.fr

N° 1 - F. LANNELONGUE, P. SENG, C. ROMAIN, G. VALLEE, A. MADI. Gestion agrobiologique et développement durable des systèmes de culture à Mayotte. Mars 1998, 15 p.

N° 2 - J.M. IZARD, O. SOUMILLE, P. SENG, G. VALLEE - La réhabilitation des padzas à Mayotte. Mars 1998, 12 p.

N° 3 - C. BARTHES, C. ROMAIN. Stratégies familiales, systèmes de culture et fertilité du milieu à Mayotte. Mars 1988, 14 p.

N° 4 - R. PASQUIS, J.F. TOURRAND, J.P. LESCURE. Premiers éléments pour l'identification d'un projet écorégional en Amazonie. Rapport de mission en Amazonie

Brésilienne du 10 Novembre au 10 Décembre 1997. Mars 1998, 45 p.

N° 5 - A. DUCREUX, N. SIBELET. Séminaire de formation à la prospective "Pour démarrer en prospective" du 27 au 30 janvier 1998 - Centre de formation du CNRS à Gif/Yvette. Mars 1998, 41 p.

N° 6 - G. VALLEE, B. LEDUC, C. BARTHES, B. MOURIDI, O. CHADHOULI. Diagnostic des systèmes de production à Mayotte - Première synthèse. Décembre 1997, 28 p.

N° 7 - E. PENOT. L'amélioration des agroforêts à Hévéa en Indonésie. (Article par dans la revue Plantations, Recherche et Développement - Vol 5 - N° 2/98. Avril 98, 7 p.

LA GOUTTE D'ENCRE

**53 place Thermidor
Le Parvis des Facultés
34000 MONTPELLIER
FRANCE
Tél : 04-67-65-30-96**

Résumé

Le programme de recherche Srap, développé par le Cirad-cp et l'Icraf, met au point, en Indonésie, des systèmes agroforestiers complexes à base d'hévéas conservant la biodiversité et le maintien de l'environnement écologique. L'objectif est de dégager un revenu suffisant pour le petit planteur, via la production de caoutchouc et de produits agroforestiers (fruits, bois, rotin et autres produits non ligneux), tout en réhabilitant des milieux fortement dégradés. Le programme consiste à expérimenter, en milieu paysan (approche participative de 100 petits planteurs formant le réseau sur trois provinces de Kalimantan et de Sumatra), des systèmes techniques agroforestiers hévéicoles comportant des clones d'hévéa à forte productivité avec d'autres plantes pérennes (arbres à bois et à fruits, rotin...) et annuelles (pendant la période immature de l'hévéa). Les innovations techniques exogènes (clones, fertilisation, techniques de saignée, désherbage...) sont incorporées aux innovations « indigènes ».

Abstract

The SRAP research programme, launched by CIRAD-CP and ICRAF, is developing complex rubber based agroforestry systems in Indonesia that conserve biodiversity and maintain the ecological environment. The purpose is to generate sufficient income for smallholders from the production of rubber and agroforestry products (fruits, wood, rattan and other non-woody products), whilst rehabilitating severely degraded environments. The programme consists in testing rubber agroforestry systems in the smallholder environment (hands-on approach involving 100 smallholders in a network covering three provinces in Kalimantan and Sumatra), involving high-yielding *Hevea* clones with other tree crops (wood and fruits, rattan, etc.) and annual crops (during the *Hevea* immature period). Exogenous technical innovations (clones, fertilization, tapping techniques, weeding, etc.) are combined with "indigenous" innovations.