BERNARD DUPUY
CIRAD-Forêt

PLANTATIONS MÉLANGÉES EN FORÊT DENSE HUMIDE IVOIRIENNE



Plantations âgées de deux ans en mélange Méliacée/Leucaena leucocephala à Mopri (Côte-d'Ivoire).
Two-year-old mixed plantings of Meliaceae/Leucaena leucocephala in Mopri (Côte-d'Ivoire).

Des plantations mélangées ont été réalisées depuis1930 en Côte-d'Ivoire sur environ 14 000 hectares. Cet article présente les avantages et les inconvénients de ces mélanges ainsi que des propositions d'association.

L'association dans une même parcelle de diverses espèces d'arbres plantés est une technique sylvicole ancienne. Les premières opérations d'enrichissement en layons et de plantations sous forêt ont permis d'essayer plusieurs associations en mélange en Côte-d'Ivoire dès le début du siècle. Les espèces d'arbres utilisées étaient des essences de bois d'œuvre telles que : le Niangon (*Heritiera utilis*), l'Acajou bassam (*Khaya ivorensis*), le Framiré (*Terminalia ivorensis*), l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*), le Sipo (*Entandrophragma utile*), le Dibétou (*Lovoa trichilioides*), l'Azobé (*Lophira alata*), le Bossé (*Guarea cedrata*), le Tiama (*Entandrophragma angolense*)...

Ultérieurement, avec le développement des plantations en plein découvert à partir des années 60, de nombreuses autres espèces d'arbres ont été utilisées en mélange : le Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), le Fraké (*Terminalia superba*), le Samba (*Triplochiton scleroxylon*), le Makoré (*Thieghemella heckelii*), le Doussié (*Afzelia spp.*), le Badi (*Nauclea diderrichii*), le Bahia (*Mitragyna ciliata*), l'Ilomba (*Pycnanthus angolensis*), le Cedrela (*Cedrela odorata*), le Teck (*Tectona grandis*), le Gmelina (*Gmelina arborea*), les acacias australiens (*Acacia mangium, A. auriculiformis*),le Cassia (*Cassia siamea*), les Eucalyptus... Le plus souvent ces associations concernent soit des espèces à vocation bois d'œuvre, soit des espèces à vocation bois d'œuvre et bois-énergie.

POURQUOI PLANTER AUJOURD'HUI DES ARBRES EN MÉLANGE ?

Les problèmes rencontrés dans les plantations monospécifiques sont multiples (entretiens, élagage, conformation des bois,valorisation des bois d'éclaircie, attaques parasitaires...). Pour essayer de pallier ces difficultés, des plantations forestières associant plusieurs espèces d'arbres en mélange sont utilisées. Il faut y voir, d'une part, la volonté de conserver une certaine diversité dans le peuplement forestier et, d'autre part, de limiter les risques de problèmes inhérents aux plantations monospécifiques. Les associations d'arbres en mélange permettent en effet d'augmenter la variabilité de la composition, de la structure et de l'architecture des peuplements plantés. Aujourd'hui, en associant plusieurs espèces d'arbres à la plantation, le sylviculteur peut avoir différents objectifs :

- Limiter l'impact des problèmes phytosanitaires liés à la monospécificité des plantations.
- Améliorer la protection des sols contre l'érosion et restaurer la fertilité des sols.
- Contrôler le développement des adventices indésirables et diminuer les risques de feux.
- Améliorer la forme des arbres d'avenir en créant un sous-étage à rôle éducatif.
- Favoriser la valorisation des produits d'éclaircie en bois de service ou bois de feu par association d'espèces à vocations différentes.
- Economiser le matériel végétal de qualité grâce à l'utilisation en bourrage d'une deuxième espèce d'accompagnement...

Pour pouvoir gérer convenablement et durablement des peuplements mélangés, il faut leur assigner clairement un objectif dominant et ceci avant la plantation. De cet objectif découlera la sylviculture appliquée au peuplement. Quels que soient ses objectifs, la réussite d'une plantation en mélange repose sur quelques règles sylvicoles élémentaires.

DES PARTICULARITÉS À RESPECTER !

Planter en mélange suppose de respecter les contraintes et particularités des mélanges. Bien entendu le choix des espèces à associer repose d'abord sur le respect de leurs exigences écologiques. Pour chaque espèce, l'adéquation entre le choix de l'espèce et du site de plantation (climat, topographie, sol, alimentation hydrique) doit être respectée afin d'obtenir une croissance optimale du peuplement (DUPUY et MILLE, 1991 ; WORMALD, 1992 ; EWANS, 1992). Pour l'introduction d'une espèce en reboisement, il faut dans un premier temps considérer les conditions climatiques générales et les exigences propres à chaque espèce.

D'un point de vue sylvicole, il faut aussi distinguer les associations selon des critères d'occupation de l'espace. Le sylviculteur agit à deux niveaux pour gérer le mélange (DAUGET, DUPUY et N'GUESSAN, 1990) : la répartition topographique des plants et la structure verticale des peuplements.

Pour des raisons pratiques de mise en place, les mélanges sont le plus souvent réalisés par lignes. Le nombre de lignes de chaque espèce varie et permet de définir des taux de mélange différents en fonction des objectifs assignés au peuplement. Les taux de mélange à la plantation retenus sont compris entre 50 % et 25 %.

En fonction de différentiels de croissance entre les essences associées, deux grands types de structure verticale des peuplements en mélange sont distingués : une structure monostrate et une structure bistrate.

□ **Dans les peuplements à structure monostrate,** la croissance des deux espèces associées est identique. Le sylviculteur cherche à obtenir, en fin de révolution, un mélange par bouquets ou pied par pied des deux espèces ayant atteint simultanément leur diamètre d'exploitabilité. En associant deux espèces à croissance similaire, il est facile d'éliminer lors des éclaircies l'espèce dont la croissance est la plus médiocre.

□ **Dans les peuplements à structure bistrate,** l'espèce à la croissance la plus rapide, dite « espèce principale », est à privilégier lors des éclaircies. Cette espèce constitue à terme la strate dominante. L'espèce à la croissance la plus lente, dite « espèce secondaire », forme un sous-étage, temporaire ou permanent.

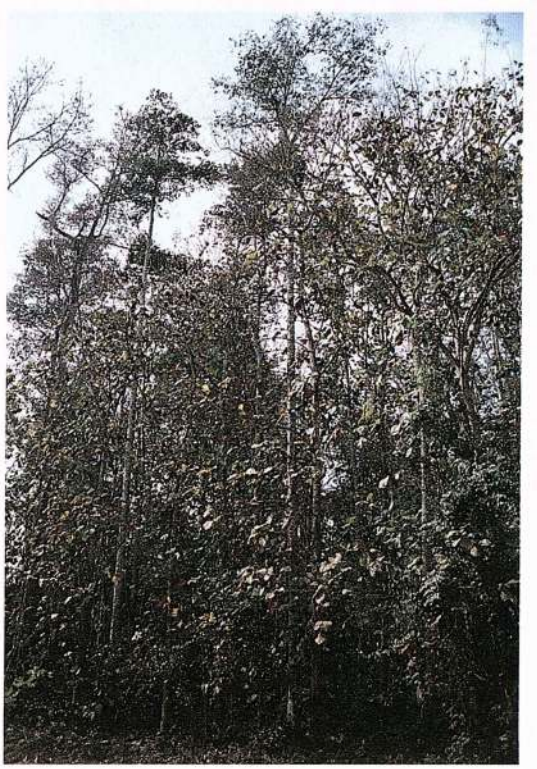
Dans une zone écologique donnée, un des principaux facteurs limitant la réussite des associations en mélange est le comportement de chaque espèce vis-à-vis de la lumière. Dans la vie d'un mélange, une espèce donnée peut être appelée à être dominée temporairement par l'autre. Certaines espèces peuvent tolérer un certain couvert comme : *Heritiera utilis, Khaya ivorensis, K. anthoteca, Entandrophragma utile, E. angolense, Guarea cedrata, Tectona grandis, Cassia siamea, Leucaena leucocephala*... Il en sera tenu compte dans la gestion sylvicole des mélanges.

ESSAI DE TYPOLOGIE

Il est possible de distinguer les mélanges selon leur architecture (monostrate, bistrate), leur objectif (production, protection), le type de produits ligneux (bois d'œuvre, bois d'industrie, bois-énergie)...

Trois principaux types majeurs de plantations en mélange peuvent être actuellement identifiés :

□ **Les mélanges à vocation production bois d'œuvre :** ils sont le plus



Plantations de 35 ans en mélange Samba/Teck à Sangoué (Côte-d'Ivoire). *Thirty-five-year-old mixed plantings of Samba/Teck in Sangoué (Côte-d'Ivoire).*

OBJECTIF, ASSOCIATION-TYPE ET DENSITÉ DE PLANTATIONS DES PRINCIPAUX MÉLANGES

Type de mélange	Monostrate	Bistrate	Bistrate
Objectif sylvicole			
Production			
• Bois d'œuvre	**principal**	**principal**	**principal**
• Bois de service	secondaire	**principal**	secondaire
Protection	secondaire	secondaire	**principal**
Mélange type	*Khaya ivorensis* + *Heritiera utilis* *Terminalia ivorensis* + *T. superba*	*Tectona grandis* + *Cassia siamea* *Terminalia ivorensis* + *Acacia mangium*	*Khaya spp.* + *Leucaena leucocephala* *Tectona grandis* + *Acacia auriculiformis*
Densité de plantation	700-1 100 tiges/ha	1 100-1 500 tiges/ha	400-1 500 tiges/ha
Taux de mélange	50 % - 50 %	25 % - 75 %	50 % - 50 %

souvent des mélanges monostrates d'espèces soit à moyenne révolution (20-40 ans), soit à longue révolution (50 ans et plus). Ils associent des espèces telles que : *Terminalia ivorensis et T. superba, Terminalia superba et Triplochiton scleroxylon, Khaya ivorensis et Heritiera utilis, Khaya ivorensis et Aucoumea klaineana, Heritiera utilis et Aucoumea klaineana, Triplochiton scleroxylon et Gmelina arborea.* Les deux espèces associées ont des durées de révolution et des sylvicultures (densité de plantation, régime des éclaircies) peu différentes.



Plantations de 60 ans en mélange Acajou Bassam/ Niangon à Yapo (Côte-d'Ivoire).
Sixty-year-old mixed plantations of African mahogany/Niangon in Yapo (Côte-d'Ivoire).

□ **Les mélanges à vocation mixte de production** (bois d'œuvre, bois de service et bois énergie) : ce sont le plus souvent des mélanges bistrates. L'espèce principale, qui est dominante, est une espèce à moyenne révolution (20-40 ans) ; elle a une vocation de production de bois d'œuvre. L'espèce dominée a une vocation de production de bois de service ou de bois-énergie ; c'est le plus souvent une espèce de courte ou moyenne révolution (5-20 ans). Ce type de mélange permet une valorisation plus facile des premières éclaircies réalisées en priorité dans les strates inférieures. A titre d'exemple, nous pouvons citer les associations d'espèces suivantes : *Tectona grandis et Cassia siamea, Terminalia ivorensis et Acacia mangium, Gmelina arborea et Acacia*

auriculiformis, Cedrela odorata et Acacia mangium... Un traitement en taillis de l'espèce composant la strate inférieure (*Cassia siamea, Acacia spp.*) permet de favoriser et de pérenniser une structure bistrate du peuplement.

□ **Les mélanges à vocation mixte production/protection :** dans ces mélanges, une espèce à vocation bois d'œuvre à moyenne ou longue révolution (supérieure à 20 ans) est alors associée à une espèce à vocation culturale. Nous pouvons citer, à titre d'exemple, les associations suivantes : *Khaya spp.* (*Acajou Bassam, Acajou blanc, Acajou à grandes feuilles, Caïlcedrat*) *et Leucaena leucocephala, Entandrophragma spp.* (*Sipo, Kosipo, Tiama, Sapelli*...) *et Leucaena leucocephala, Tectona grandis et Acacia auriculiformis, Gmelina arborea et Acacia auriculiformis*...

Dans ce cas, l'espèce d'accompagnement (*Leucaena leucocephala, Acacia auriculiformis*...) a pour vocation principale soit de protéger ou d'améliorer les sols, soit de lutter contre l'enherbement et le développement des espèces indésirables (*Musanga, Chromolaena, Trema, Solanum, Imperata*...) ou de réduire les risques de feux ou d'essayer de limiter l'impact des attaques parasitaires ; cette espèce a donc essentiellement une vocation culturale. Elle fait l'objet de rabattages réguliers dans le jeune âge (recépage, étêtage...) afin de ne pas concurrencer l'espèce à vocation bois d'œuvre dont l'objectif est la production. L'aspect production est accessoire pour l'espèce secondaire qui est traitée avec de courtes révolutions (inférieures à 5 ans). On utilise souvent des légumineuses qui présentent l'avantage de combiner une bonne protection physique du sol et une capacité à l'enrichir en éléments minéraux, notamment en Azote.

PERSPECTIVES DES PLANTATIONS EN MÉLANGE

Une fois connus les règles sylvicoles élémentaires à respecter et l'objectif assigné au peuplement choisi, il est possible de réaliser utilement de nombreuses plantations mélangées dans des contextes variés. Dans beaucoup de cas, la réhabilitation de l'état forestier est, en effet, une contrainte incontournable en Afrique tropicale à la suite d'une surexploitation de la ressource ligneuse combinée à des défrichements abusifs. Dans les zones de forêts denses humides, l'action de reboisement intensif doit concerner en priorité les jachères abandonnées, plus ou moins dégradées par l'agriculture itinérante et les feux de brousse. Sans considérer leur impact bioclimatique, le rôle des reboisements est multiple : réhabilitation et protection des sols, production ligneuse, protection contre les feux, sauvegarde *ex-situ* du matériel végétal, protection de la faune...

L'association d'espèces de couverture ligneuse permet d'assurer une protection des sols contre les agents météoriques. Ces associations par la création d'un couvert forestier suffisamment dense peuvent limiter le développement d'adventices indésirables propres à favoriser la propagation des feux de brousse au sein des plantations. Les espèces associées peuvent avoir un impact positif direct (légumineuses) ou indirect (stockage dans l'humus) sur les réserves minérales des sols ainsi que sur leur bilan hydrique (amélioration de la structure physique). Il faut noter que l'utilisation de plantes de couverture herbacée comme le *Pueraria phaseolides* peut aussi être une alternative intéressante.

Dans le cas de risques d'attaques parasitaires concernant une espèce donnée, il est possible d'envisager la création de peuplements mélangés évoluant au gré des éclaircies en faveur de l'espèce la moins attaquée. Ce type de mélange, pied par pied ou en bouquets, ne réduit pas les risques d'attaque mais l'expérience montre qu'il limite les risques d'échec en les répartissant sur deux ou plusieurs espèces. Ce type de raisonnement s'applique à d'autres risques de destruction des plantations comme les feux de brousse. La résistance aux feux est en effet fort variable selon les espèces.

L'étude des associations des espèces en mélange est toujours une étude comparée du comportement de deux espèces. Elle est un complément nécessaire des études sur les plantations monospécifiques. Le degré de compatibilité en mélange des espèces est un bon indicateur de leur plasticité sylvicole et de leur sociabilité. Les espèces de jeunes forêts secondaires, dites cicatricielles (AUBRÉVILLE, 1947 ; GUILLAUMET et ADJANOHOUN, 1971 ; ALEXANDRE, 1979 ; TROCHAIN, BLASCO et PUIG, 1980 ; KAHN, 1982 ; FAVRICHON, 1991) comme : *Terminalia spp. Triplochiton scleroxylon, Aucoumea klaineana, Nauclea diderrichii, Funtumia spp.* ont un comportement d'espèces socialement dominantes. Ces espèces ont besoin, dans leur jeune âge, d'un éclairement et d'un espace suffisant faute de quoi elles ne peuvent s'installer et disparaissent rapidement. Les espèces de forêts secondaires vieillies ou de forêts climaciques (*Heritiera utilis, Khaya spp., Mansonia altissima, Entandrophragma spp., Chlorophora excelsa*...) ont un comportement plus sociable et peuvent tolérer un degré de concurrence plus intense. Ces espèces peuvent se développer à l'ombre dans le jeune âge et rester ainsi en phase d'attente jusqu'à une mise en lumière qui leur permet de reprendre une croissance soutenue.

De ce point de vue, les études des plantations en mélange deviennent aussi un complément utile des recherches sur l'auto-écologie des espèces en forêt naturelle, domaine dans lequel il reste fort à faire. A de multiples égards, la sylviculture des plantations en mélange apparaît comme un lien entre la sylviculture des plantations monospécifiques et la sylviculture en forêt naturelle. Il faut finalement rappeler que plantations en mélange et productivité ne sont pas deux notions incompatibles à condition de choisir judicieusement les espèces associées en mélange. □

▶ Bernard DUPUY
IDEFOR-D.F.O.
08 B.P. 33, ABIDJAN 08
Côte-d'Ivoire

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALEXANDRE (D. Y.), 1979.
De la régénération naturelle à la sylviculture en forêt tropicale. ORSTOM : 1-33.

AUBRÉVILLE (A.), 1947.
La régénération naturelle et l'enrichissement de la forêt équatoriale. Bois et Forêts des Tropiques (4) : 26-30.

DAUGET (J.-P.), DUPUY (B.), et N'GUESSAN (A.), 1991.
Approche architecturale d'une plantation en mélange Samba/Teck. Bois et Forêts des Tropiques, 224 (2) : 21-27.

DUPUY (B.), 1989.
Plaidoyer pour le reboisement dans les zones tropicales humides. Bois et Forêts des Tropiques. 221 (3) : 31-42.

DUPUY (B.), MILLE (G.), 1991.
Reboisement à vocation bois d'œuvre en Afrique intertropicale. Rome, F.A.O. (98), 225 p.

EVANS (J.), 1992.
Plantation forestry in the tropics. Oxford Clarendon Press, 400 p.

FAVRICHON (V.), 1991.
Sur quelques relations entre la croissance des arbres et la structure du peuplement en forêt semi-décidue (République Centrafricaine). C.T.F.T./CIRAD.D.E.A., Paris VI, 40 p.

GUILLAUMET (J. L.), ADJANOHOUN (E.), 1971.
La végétation de Côte-d'Ivoire. *In :* Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, Mémoire n° 50 : 157-263.

KAHN (E.), 1982.
La reconstitution de la forêt tropicale humide du sud-ouest de la Côte-d'Ivoire. Mémoire ORSTOM 97 : 150 p.

TROCHAIN (J. L.), BLASCO (F.), PUIG (H.), 1980.
Ecologie végétale de la zone intertropicale non désertique. Toulouse, France, Université Paul Sabatier, 468 p.

WORMALD (T.J.), 1992.
Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. Rome, F.A.O. 103, 152 p.

RÉSUMÉ

PLANTATIONS MÉLANGÉES EN FORÊT DENSE HUMIDE IVOIRIENNE

Des plantations mélangées, associant plus d'une vingtaine d'espèces, ont été réalisées depuis 1930 en Côte-d'Ivoire sur environ 14 000 hectares. Ces espèces sont originaires de la forêt dense humide africaine (*Heritiera utilis, Khaya ivorensis, Terminalia ivorensis, T. superba, Triplochiton scleroxylon, Nauclea diderrichii,* etc.) ou bien introduites en Afrique (*Tectona grandis, Gmelina arborea, Cedrela odorata,* etc). Ponctuellement des espèces exotiques à croissance rapide (*Pins, Eucalyptus, Acacias australiens, Leucaena, Cassia, Albizia*) ont aussi été testées en mélange. Les objectifs des associations d'espèces en mélange sont multiples : diversification de la production, limitation des attaques parasitaires, protection des sols, amélioration de la fertilité, etc.

Les plantations en mélange peuvent évoluer vers des structures avec une ou plusieurs strates. Cette évolution est fonction de la croissance des espèces concernées et des sylvicultures pratiquées. Les avantages et inconvénients de ces mélanges sont illustrés et commentés à travers différentes associations qui révèlent des degrés de compatibilité entre essences très variables. Des propositions d'association sont réalisées à travers différents mélanges caractéristiques.

Mots-clés : Forêt tropicale humide. Plantation forestière. Culture en mélange. Sylviculture. Afrique.

ABSTRACT

MIXED PLANTATIONS IN CÔTE-D'IVOIRE RAIN FORESTS

In Côte-d'Ivoire, since 1930, some 14,000 hectares have been put to mixed plantations combining more than 20 species.

These species either originate from the African rain forest (*Heritiera utilis, Khaya ivorensis, Terminalis ivorensis, T. superba, Triplochiton scleroxylon, Nauclea diderrichii,* etc.) or have been introduced into Africa (*Tectona grandis, Gmelina arborea, Cedrela odorata,* etc.). Fast-growing exotic species (pines, eucalyptus, Australian acacias, *Leucaena, Cassia, Albizia)* have also been specifically experimented with in mixed plantations. The goals of mixed species associations are several : diversification of production, reduction of parasitic attacks, soil protection, fertility improvement, etc.

Mixed plantations may be developed into stands with one or more layers. This development depends on the growth of the species in question and on the silvicultural systems used. The advantages and drawbacks of these mixed plantations are illustrated and analysed by different associations which reveal very variable degrees of compatibility between species.

Key words : Tropical forests. Forest plantations. Mixed cropping. Silviculture. Africa.

RESUMEN

PLANTACIONES MIXTAS EN BOSQUE DENSO HUMEDO DE CÔTE-D'IVOIRE

Desde 1930 se han plantado en Côte-d'Ivoire unas 14 00 hectáreas de variedades mixtas formadas por más de veinte especies.

Estas especies tienen por origen el bosque denso húmedo africano (*Heritiera utilis, Khaya ivorensis, Terminalia ivorensis, T. superba, Triplochiton scleroxylon, Nauclea diderrichi,* etc.) o bien, introducidas en Africa (*Tectona grandis, Gmelina arborea, Cedrela odorata,* etc.). Ciertas especies exóticas de crecimiento rápido *(Pinos, Eucaliptos, Acacias australianas, Leucaena, Cassia, Albizia)* han sido también ensayadas, puntualmente, en plantación mixta. Los objectivos perseguidos por las combinaciones mixtas de diversas especies son múltiples : diversificación de la producción, limitación de los ataques de parásitos, protección de los suelos, mejora de la fertilidad, etc. Las plantaciones mixtas pueden evolucionar hacia estructuras con uno o más estratos. Esta evolución depende del crecimiento de las especies utilizadas y de los géneros de silvicultura aplicados. Las ventajas e inconvenientes de estas plantaciones mixtas se ilustran y comentan por medio de diversas combinaciones que ponen de manifiesto grados de compatibilidad entre especies sumamente variables. Se han realizado diversas propuestas de combinación de especies por medio de distintas mezclas características.

Palabras clave : Bosque tropical. Plantación forestal. Cultivo mixto. Silvicultura. Africa.