

ÉLÉMENTS POUR UNE RÉFLEXION SUR LA MODÉLISATION DE LA FORÊT TROPICALE HUMIDE : A-T-ON LES CONNAISSANCES REQUISES ?

Henri PUIG*

C'est devenu un lieu commun de dire que la forêt tropicale humide est un écosystème complexe et d'une grande hétérogénéité. Son équilibre fonctionnel est fortement dépendant des producteurs primaires et de leurs interactions avec les consommateurs et avec les micro-organismes jouant un rôle essentiel dans la minéralisation et le cycle de la matière organique. Cet équilibre est fragile et ses risques de rupture sont d'autant plus conséquents que tous ces acteurs vivants participent directement ou indirectement aux échanges entre la biosphère et la géosphère qui conditionnent les modalités de la vie sur notre planète.

La complexité de la forêt tropicale humide se situe à plusieurs niveaux et pose aux aménagés et aux modélisateurs plusieurs types de problèmes. Il n'est pas possible ici de les évoquer tous mais, par quelques exemples pris d'abord dans le domaine de l'approche cognitive de la forêt tropicale humide, puis dans celui de ses usages, de poser quelques questions qui sont encore, sinon sans réponse, du moins avec des réponses incomplètes méritant réflexion et discussion. Ces interrogations vont nous suggérer de procéder par étapes dans la modélisation de la dynamique forestière.

APPROCHE COGNITIVE DE LA FORÊT TROPICALE HUMIDE

Les facteurs qui interviennent dans la régénération de la forêt tropicale humide sont nombreux. Certains sont relativement bien connus comme les chablis, d'autres moins. Nous en citerons quelques-uns, insuffisamment connus, qui devraient faire l'objet d'études plus approfondies pour aider à mieux comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes et *a fortiori* pour modéliser la forêt tropicale humide.

PHÉNOLOGIE DES ARBRES ET RÉGÉNÉRATION

Sous les latitudes tropicales, le fait que la floraison et la fructification se produisent à des périodes privilégiées de l'année et atteignent leur valeur

* Ecologie terrestre, UMR 9964, ICIV, 14, avenue Colonel Roche, 31405 Toulouse Cedex.

maximale tantôt en saison sèche, tantôt en saison des pluies, semble plaider en faveur d'un comportement adapté aux variations saisonnières du milieu extérieur (Janzen, 1967 ; Sabatier & Puig, 1983). Cette valeur adaptative de la phénologie peut aussi s'appuyer sur le fait que la dispersion des fruits en saison des pluies présente de nombreux avantages compétitifs pour la régénération des espèces arborées dont les graines sont dépourvues de dormance et ne peuvent survivre à une dessiccation prolongée. A l'opposé on constate l'existence de disynchronismes importants entre espèces, entre individus d'une même population et parfois dans la cime d'un même individu. Ces disynchronismes des cimes ont permis de reconnaître que ces facteurs du milieu n'agissaient pas seuls et que les rythmes observés pouvaient également être l'expression de rythmes endogènes. Une relation existe entre la phénologie — de la floraison aussi bien que de la foliation — et la structure de l'arbre. Le comportement phénologique de l'arbre rend compte aussi bien de son caractère génétique spécifique que des conditions de son environnement. Ainsi, malgré des réponses de valeur adaptative individuelle, le déterminisme de la phénologie de la floraison et de la fructification, comme d'ailleurs celui de la foliation, sont loin d'être expliqués. Quelles sont les causes de ce déterminisme ? Peut-il être considéré comme un phénomène global à composantes multiples ? Quelles sont les conséquences de la variabilité phénologique sur la régénération ? C'est donc un vaste volet de la biologie des arbres tropicaux qui demeure méconnu, mais non sans conséquences sur la mise en valeur durable de ces forêts.

« ESPACES VIDES » ET DYNAMIQUE FORESTIÈRE

L'approche dynamique de la structure forestière a permis l'élaboration de modèles fonctionnels (mosaïque forestière, cycle sylvigénétique) qui tendent à montrer que la forêt tropicale humide est un ensemble hétérogène dans l'espace et dans le temps (Hallé *et al.*, 1978 ; Oldeman, 1990). Cette hétérogénéité structurale peut être appréhendée sous différents angles : le chablis en est un (Riéra, 1983), les « espaces vides » en sont un autre. L'observation des « espaces vides » ressort d'une analyse physionomique. De nombreux botanistes ont montré que l'organisation physionomique et fonctionnelle des végétaux se construit sur l'opposition espaces vides-espaces pleins. En effet, c'est à partir de la présence de ces vides observés dans l'organisation des forêts tropicales que s'est mise en place la notion de stratification horizontale des houppiers des arbres (Chevalier, 1916 ; Richards, 1939, Rollet, 1972).

Comprendre l'étagement des formes dans l'espace et dans le temps et le rôle de cet agencement sur le fonctionnement de la forêt est une des clés de la dynamique forestière. Ces espaces vides peuvent être appréhendés au niveau de l'individu (timidité des cimes) ou de la forêt, ainsi que dans l'espace et dans le temps. Le vide est-il un indicateur de la structure et de la dynamique forestière ? Jusqu'à quel point ces vides peuvent-ils être effectivement occupés (il semble que certains vides ne puissent être comblés) ? Quelles sont les relations entre l'occupation des vides et les espèces d'une part, et cette occupation et les conditions climatiques d'autre part ? Le comblement des espaces vides est-il un facteur d'homogénéité ou d'hétérogénéité ?

HÉTÉROGÉNÉITÉ, MILIEUX ET ÉCHELLES DE TEMPS OU D'ESPACE

Les forêts tropicales se caractérisent donc par une très grande hétérogénéité. Les variations qui traduisent le mieux cette hétérogénéité (ou qui sont le plus

facilement perceptibles ?) sont de type structural, ce terme étant pris dans son sens le plus large. Cette hétérogénéité s'observe à trois niveaux de perception : niveau général et continental (ou petite échelle, 10^6 ou plus) (Rollet, 1993), niveau régional (ou moyenne échelle, 10^5) (Gentry, 1988), niveau stationnel (ou grande échelle, 10^3 , 10^4). Au niveau stationnel, les variations structurales ne sont pas uniformes : Sabatier & Prévost (1990) ont montré que les densités à l'hectare variaient du simple au double sur des transects de 4,8 ha avec échantillonnage systématique (Station des Nouragues, Guyane française). L'analyse des peuplements à d'autres échelles peut conduire à des résultats sensiblement différents qui sont liés, non seulement aux changements de milieux, mais aussi à l'histoire et à la dynamique propre des forêts concernées. Passer d'une échelle à l'autre pose de nombreux problèmes méthodologiques : choix et limites des paramètres utilisés, niveaux de perception, méthodes et représentativité statistique des relevés. Le manque de corrélations entre échelles accentue ces problèmes. C'est pourquoi les extrapolations sont hasardeuses et les comparaisons ne doivent être établies qu'avec prudence. Les populations d'arbres ne peuvent être évaluées que par des inventaires intensifs et extensifs qui pour des raisons diverses — moyens financiers et personnel compétent notamment — ne peuvent que rarement être réalisés. L'inventaire idéal devrait permettre de prévoir, par emboîtements successifs d'échantillonnages d'intensité croissante, l'hétérogénéité structurale et floristique d'une région (Rollet, 1993). La prédictibilité de l'évolution de l'hétérogénéité, et de sa variabilité, dans le temps et dans l'espace, se heurte à la maîtrise incomplète des paramètres qui régissent la dynamique forestière.

BIODIVERSITÉ SPÉCIFIQUE ET FONCTIONNELLE

La diversité spécifique concerne le nombre et l'identité des espèces comprises dans une surface donnée : région, pays ou continent. La diversité fonctionnelle traite des mécanismes de fonctionnement des systèmes biologiques concernant les processus écologiques classiques allant de l'organisation des populations (distribution, pyramide des âges...) aux interactions de prédation, parasitisme, mutualisme. Gentry (1988) souligne la rareté des relevés botaniques exhaustifs sur des surfaces représentatives de l'écosystème (1 ha minimum). Au-delà de l'importance de faire avancer nos connaissances sur la diversité spécifique, qui sont très incomplètes et peu satisfaisantes pour les forêts tropicales humides, il s'agit de comprendre les mécanismes qui induisent la diversité des écosystèmes. Relier les structures aux processus devrait aider à comprendre comment se met en place, se maintient, ou se réduit la diversité biologique. Certaines régions se caractérisent par une richesse floristique élevée, parfois associée à un taux d'endémisme important. Certains auteurs (France, 1982 ; Gentry, 1982a ; de Granville, 1982) ont corrélié ces faits aux bouleversements climatiques et écologiques du passé et à l'existence supposée d'anciens refuges. A l'échelle continentale, Gentry (1982b, 1988) est un de ceux qui a le mieux analysé les variations des peuplements végétaux en fonction de grands gradients géographiques climatiques, en particulier. Il dégage notamment une relation nette entre l'augmentation des précipitations et celle de la richesse spécifique. Mais l'augmentation des précipitations ne peut, à elle seule, expliquer cette diversité spécifique : des régions arides (Mexique, Afrique du Sud) ont une richesse spécifique et un taux d'endémisme élevés. En outre, des régions dont les caractéristiques pluviométriques et édaphiques sont

comparables, comme Manaos et Altamira en Amazonie (Nelson, 1992), présentent des richesses spécifiques du peuplement arboré très différentes. Comment, donc, identifier les contributions relatives des facteurs de la biodiversité tels que les climats, les sols, les perturbations naturelles ou anthropiques, l'hétérogénéité spatiale, la variabilité temporelle, l'histoire biogéographique ? La diversité spécifique d'un écosystème est-elle supérieure à celle requise pour son efficacité fonctionnelle ? Y a-t-il redondance entre espèces qui accomplissent la même fonction ? Comment évaluer la redondance ? Redondance physiologique ou redondance fonctionnelle ? N'est-il pas plus réaliste de considérer plutôt des « groupes fonctionnels » (1) ? Rôle des espèces-clés (si elles existent !) dans le fonctionnement de l'écosystème ? Sont-elles essentielles pour le maintien de la biodiversité ? Rôle des ressources-clés ? Quels sont les rapports entre flexibilité comportementale (animale) ou plasticité adaptative (végétale) et biodiversité ? Quels sont les effets des perturbations anthropiques sur le maintien ou la perte de la biodiversité ? Les espèces introduites ont-elles des effets notables sur les communautés qui les accueillent ? Quelle est la vulnérabilité et la résistance des communautés aux introductions et/ou aux extinctions d'espèces ? (cf. cas de *Miconia calvescens* à Tahiti, de *Chromolaena odorata* en Côte-d'Ivoire, au Togo). Quels peuvent être les usages de la biodiversité des forêts tropicales humides ?

USAGES ET GESTION DE LA FORÊT TROPICALE HUMIDE

Les usages et la gestion de la forêt tropicale humide doivent désormais être envisagés comme des actions constructives face à la destruction croissante de cette forêt. Les usages les plus connus concernent l'exploitation forestière en vue de la production de bois dont la modélisation a pu être positivement envisagée par des forestiers. D'autres nombreux usages de la forêt tropicale humide existent dont la modélisation ne peut être que fondamentalement différente compte tenu des objectifs et de l'organisation de ces exploitations. Nous n'évoquons ici que l'extractivisme et l'agroforesterie qui nous paraissent moins connus et susceptibles de développements intéressants. Ils nous posent deux questions nouvelles : l'extractivisme amazonien est-il exportable dans de bonnes conditions ? L'agroforesterie peut-elle être développée à une autre échelle ?

L'EXTRACTIVISME

On sait que l'extractivisme désigne toute activité de récolte de produits forestiers naturels d'origine végétale, animale ou minérale en vue d'une commercialisation (Lescure & de Castro, 1992). Dans ce sens, l'extractivisme se distingue de la « cueillette » dont les produits ne sont destinés qu'à l'autoconsommation. En Amazonie, les produits de l'extractivisme sont nombreux et concernent aussi bien des ressources alimentaires que des produits dont les dérivés sont utilisés pour l'artisanat ou pour diverses industries. En Amazonie centrale, l'extractivisme

(1) Groupe fonctionnel = ensemble de taxons réalisant la même fonction dans l'écosystème.

semble être un succès tant sur le plan écologique que social (2) et économique. En effet, il est une source de revenus pour les petits paysans, et utilise les potentialités de la forêt tout en permettant la pérennité de ses ressources à long terme. Cependant, mené sans discernement, il peut conduire à la disparition progressive des ressources et devenir déprédateur si la pression sur le milieu est trop forte. Par exemple, la récolte excessive de la noix du Brésil (*Bertholletia excelsa*, Lécythidacée) peut être un frein à la régénération naturelle de l'espèce, voire l'annuler totalement. On peut donc se demander si l'extractivisme, fort de son succès amazonien relatif, est exportable et dans quelles conditions ?

L'AGROFORESTERIE

L'agroforesterie — c'est-à-dire l'association des arbres et de la sylviculture à l'agriculture et/ou à l'élevage — est considérée comme l'alternative la mieux adaptée pour une production agricole stable dans les tropiques humides. D'un point de vue économique, deux stratégies principales ressortent des travaux actuels : l'une ayant pour objet la sécurité alimentaire à long terme en milieu paysan, l'autre visant à augmenter la rentabilité des cultures pérennes d'agro-exportation en y introduisant des cultures vivrières (Puig *et al.*, 1993). Au plan écologique le dilemme est de choisir entre l'introduction d'espèces exotiques et la valorisation d'espèces locales. Au plan sociologique, il semble souhaitable de tenir davantage compte des systèmes traditionnels, de revaloriser les savoirs populaires et d'adopter une position et une relation plus claires du chercheur et de l'agent de développement vis-à-vis du paysan. D'un point de vue agronomique, les systèmes agroforestiers permettent de mieux contrôler l'érosion et les adventices, de mieux maîtriser la gestion de l'eau et la fertilité des sols. L'agroforesterie connaît un certain succès dans quelques pays tropicaux tels l'Indonésie ou le Costa Rica et se développe avec un bonheur inégal dans beaucoup d'autres. A Sumatra, les pratiques agroforestières traditionnelles permettent un maintien de la diversité spécifique végétale à un niveau relativement élevé (3), tout en assurant un revenu très satisfaisant aux paysans qui les appliquent (de Foresta, 1993). Malgré les progrès faits ces 20 dernières années, de nombreuses recherches sont encore nécessaires. Une des principales questions qui se posent est la suivante : les réussites agroforestières reconnues sont-elles exportables dans d'autres pays tropicaux et dans quelles conditions ? De toute façon, de nouvelles recherches doivent se développer. Elles devraient porter sur l'étude de la régénération de la forêt après cultures et sur la gestion des jachères. L'amélioration des jachères passe aussi par un meilleur contrôle des adventices. Les recherches expérimentales et les recherches *in situ* conduites en conditions réelles sont trop peu nombreuses. Les travaux favorisant la restauration de la fertilité des sols tropicaux devraient être une des priorités des années à venir. Enfin, l'amélioration des pâturages tropicaux dans une perspective agroforestière et le problème posé par la culture des céréales dans les systèmes agroforestiers devraient faire l'objet de recherches plus poussées.

(2) Des problèmes socio-économiques sont évoqués par Pinton & Emperaire (1992).

(3) A Sumatra, sur un transect de même longueur, le nombre d'espèces végétales est respectivement de 5, 265 et 382 pour une plantation d'*Hevea*, une agroforêt traditionnelle et une forêt naturelle.

CONCLUSION

La modélisation, malgré l'ambiguïté du terme (4), qualitative ou quantitative, peut aider à la compréhension du fonctionnement et à la gestion des forêts tropicales humides. Une forêt tropicale n'est pas seulement une somme d'espèces, mais aussi une somme de populations, les unes et les autres ayant leur propre dynamique qui n'est ni uniforme ni immuable. Il semble donc logique de penser qu'il n'existe pas un modèle unique, mais probablement plusieurs modèles. De plus, il paraît difficile de passer d'un modèle à l'autre du fait de l'hétérogénéité de ces forêts et de la non généralité de certains des phénomènes auxquels elles sont soumises. C'est pourquoi nous pensons qu'une *modélisation globale* de cet écosystème n'est pas réaliste, ou bien qu'elle ne peut être qu'incomplète et ne traduire que très imparfaitement la complexité de la forêt. Un bilan des différentes méthodes de modélisation quantitative de la forêt tropicale humide a été réalisé par Collinet (1992). Nous renvoyons donc à cette mise au point pour avoir plus de précisions sur ces méthodes. Qu'il s'agisse de forêts naturelles ou de forêts aménagées pour leurs usages, nous avons montré que de nombreuses questions demeurent sans réponse du fait du manque de connaissances scientifiques de base sur le fonctionnement de l'écosystème complexe qu'est la forêt tropicale humide sempervirente. Cependant, divers biais permettent d'aborder la modélisation de cette forêt : à partir de certaines des questions posées, nous essaierons d'en proposer quelques-uns.

Phénologie et régénération. Si l'on a souligné que le déterminisme phénologique des arbres tropicaux était généralement inconnu, il est également vrai que la phénologie peut être mieux connue pour certaines espèces, même si ses causes demeurent encore obscures. Il est donc possible d'aborder la modélisation de la forêt par la *modélisation de la reproduction et de la dynamique de régénération de quelques espèces* pour lesquelles nous avons quelques données biologiques de base suffisantes (par exemple, pour la Guyane, *Dicorynia guyanensis*, *Eperua falcata* ou *Symphonia globulifera*).

« *Espaces vides* » et *dynamique forestière.* Si la dynamique forestière ne se réduit pas au chablis, il n'est pas exclu, en partant d'exemples simples, d'envisager la *modélisation du chablis*, à la fois sur des bases physiologiques et structurales (cf. travaux de Riéra et Houllier).

Hétérogénéité et biodiversité des milieux dans le temps et l'espace. L'hétérogénéité et les variations structurales (biodiversité incluse) des forêts tropicales humides, dans l'espace et dans le temps, constituent l'un des principaux obstacles à la modélisation de ces forêts. Cependant toutes les forêts tropicales humides n'atteignent pas le même degré de complexité structurale et fonctionnelle. Leur modélisation fonctionnelle pourrait être abordée par le biais du choix d'une forêt relativement simple. C'est le cas, par exemple, de la *mangrove*. Dans la mangrove, d'une part le nombre d'espèces arborées est plus faible et leur organisation dans l'espace moins complexe que dans une forêt de terre ferme ; d'autre part, les paramètres écologiques (édaphiques notamment) qui la déterminent sont relativement mieux maîtrisés. La modélisation de la dynamique de la mangrove semble plus abordable.

(4) Voir, à ce sujet, les discussions et interprétations faites, entre autres, par Houllier (1986).

L'agroforesterie. Dans la mesure où les agroforêts sont des forêts, d'une part simplifiées, et d'autre part maîtrisées, leur modélisation peut être envisagée plus facilement que celle d'une forêt naturelle.

RÉSUMÉ

Les facteurs qui interviennent dans la régénération de la forêt tropicale humide sont nombreux. Certains sont insuffisamment connus et devaient faire l'objet d'études plus approfondies si l'on veut comprendre le fonctionnement de cet écosystème et *a fortiori* modéliser la forêt tropicale humide.

Sous les latitudes tropicales, le fait que la floraison et la fructification se produisent à des périodes privilégiées de l'année semble plaider en faveur d'un comportement adapté aux variations saisonnières du milieu extérieur. Cependant, on constate l'existence de désynchronismes importants entre espèces, entre populations d'une même espèce, entre individus d'une même population et parfois dans la cime d'un même individu. Le déterminisme de la phénologie de la floraison et de la fructification se pose : quelles en sont les causes ? Est-ce un phénomène global à composantes multiples ? Quelles sont les conséquences de la variabilité phénologique sur la régénération ?

L'hétérogénéité structurale peut être appréhendée sous différents angles : le chablis en est un, les « espaces vides » en sont un autre. L'observation des « espaces vides » ressort d'une analyse physionomique. L'organisation physionomique et fonctionnelle des végétaux se construit sur l'opposition espaces vides-espaces pleins. Comprendre l'étagement et le fonctionnement des formes dans l'espace et dans le temps et le rôle de cet agencement sur le fonctionnement de la forêt est une des clés de la dynamique forestière.

Les variations qui traduisent le mieux l'hétérogénéité des forêts tropicales sont de type structural. Cette hétérogénéité s'observe à trois niveaux de perception : niveau général ou continental, niveau régional, niveau stationnel. Passer d'une échelle à l'autre pose de nombreux problèmes méthodologiques. Les extrapolations et la prédictibilité de l'évolution dans le temps et de sa variabilité se heurtent à la maîtrise incomplète des paramètres qui régissent la dynamique forestière.

Au-delà de l'importance de faire avancer nos connaissances, très incomplètes, sur la diversité spécifique il importe de comprendre les mécanismes qui induisent la diversité des écosystèmes. Relier les structures aux processus devrait aider à comprendre comment se met en place, se maintient ou se réduit la diversité biologique. Quels sont les facteurs de la biodiversité ? Diversité spécifique et efficacité fonctionnelle ? Y a-t-il redondance d'espèces qui accomplissent la même fonction ? Comment évaluer la redondance ? Rôles des espèces-clés et des ressources-clés ? Quels sont les effets des perturbations anthropiques sur le maintien ou la perte de la biodiversité ? Vulnérabilité et résistance aux introductions et/ou aux extinctions d'espèces.

Les usages et la gestion de la forêt tropicale humide doivent être envisagés comme des réactions constructives à la destruction croissante de cette forêt. A titre d'exemple, l'extractivisme amazonien semble être un succès tant sur le plan social et écologique (conservation des ressources) qu'économique. Mené sans discernement, il peut conduire à la disparition progressive des ressources et devenir prédateur. L'extractivisme est-il exportable et dans quelles conditions ?

L'agroforesterie est considérée comme l'alternative la mieux adaptée pour une production agricole stable dans les tropiques humides. Mais une des principales questions qui se posent est la suivante : les réussites agroforestières reconnues sont-elles exportables dans d'autres pays tropicaux et dans quelles conditions ?

SUMMARY

Many factors influence the tropical rain forest regeneration. Some of them are rather well known (tree-fall gaps), some others not. A number of less known factors are quoted here, they should be carefully studied if the tropical rain forest ecosystem functioning has to be understood and *a fortiori* if it has to be modeled.

In the tropics, flowering and fructification phenomena happen on particular periods of the year and reach their maximum either during the dry or the rainy season ; and are obviously adapted to such seasonal environment. However, important disynchronisms are recognized among species, populations of the same species, trees of a population and sometimes even within a tree crown. The determinism of the flowering, the fructification, as well as the foliation phenology is far from being explained. What are the causes of this determinism ? May it be considered as a global phenomenon with multiple components ? What are the consequences of phenological variability on the regeneration processes ?

The forest dynamics studies allowed to establish functional models that tend to show that the tropical rain forest is an heterogeneous system in space and time. This structural heterogeneity can be apprehended in several ways ; the tree-fall gaps theory is one of them, the « empty places » theory is another one. The plant physiognomic and functional organization is built on the opposition « empty places-full places ». The understanding of the spatial distribution of forms in space and time as well as the role of this distribution on the forest functioning is one of the keys of the forest dynamic understanding. Is the « empty-place » an indicator of the forest structure and dynamics ? Is the « empty-place » filling an homogeneity or heterogeneity factor ?

The most revealing variations of the tropical forest heterogeneity are structural. This heterogeneity can be observed at three perception levels : general or continental level, regional level and local level. Changing the scale brings up numerous methodological problems. The absence of correlations among scales or levels is another lack. Extrapolations are hazardous and comparisons may only be established with caution. The predictibility of the evolution and its variability are uncertain due to a deficient knowledge of the parameters governing the forest dynamics.

Beyond the importance of improving our very deficient knowledge on the species diversity, it is essential to understand the mechanisms leading to this ecosystem diversity. The attempt to link the structures to the processes should help our understanding on how the biological diversity takes place, continues or decreases. How to identify the relative contribution of the biodiversity factors such as the spatial heterogeneity, in time variability or biogeographical history ? Is an ecosystem species diversity higher than the necessary one for its functional efficiency ? Is there a redundancy of species effecting the same function ? How to estimate the redundancy ? Function of key-species in the ecosystem functioning ?

Function of key-resources ? What are the effects of human disturbances on keeping or loosing the biodiversity ? Communities vulnerability and resistance against species introductions and/or extinctions (cf. *Miconia calvescens* in Tahiti) ?

The uses and management of the tropical rain forest must be considered as positive actions against the increasing destruction of this forest. They are numerous. Let us see two examples. The Amazonian extractivism, defined as any activity of gathering natural forest products of vegetal, animal or mineral origin for trade, seems to be successful from the social and ecological point of view as well as from the economical one. However, if carried on without discernment, it may lead to a progressive disappearing of the resources and become depredatory. Is the extractivism exportable and how ?

Agroforestry is considered as the most convenient alternative to a sustainable agriculture production in the humid tropics. Agroforestry is rather successful in some tropical countries. In spite of the progresses made during the last twenty years many studies are still necessary. One of the main questions is the following : Are the recognised agroforestry successes exportable in other tropical countries and how ? In any case, new researches have to be conducted. They should deal with the study of forest regrowth after cultivation and with the fallows management.

RÉFÉRENCES

- CHEVALIER, A. (1916). — La forêt et les bois du Gabon. *In : Les végétaux utiles d'Afrique tropicale française*. Fasc. IX. 1 vol., 468 p. Challamel éditeur, Paris.
- COLLINET, F. (1992). — *Bilan sur les méthodes de modélisation quantitative en forêt dense tropicale humide*. Rapport Bibliographique. DEA Université C. Bernard, Lyon 1. 45 p.
- FORESTA, H. DE (1993). — Pratiques forestières et conservation de la biodiversité en Indonésie. Colloque « Sols et Forêts Tropicales ». ORSTOM, Ministère de l'Environnement, Bondy, France, 28-29 septembre 1993.
- GENTRY, A.H. (1982a). — Phytogeographic patterns as evidence for a Choco refuge, pp. 112-220. *In : Prance, G.T. (Ed.), Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, New York.
- GENTRY, A.H. (1982b). — Patterns of neotropical plant species diversity. *Evol. Biol.*, 15 : 1-84.
- GENTRY, A.H. (1988). — Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 75 : 1-34.
- GRANVILLE, J.J. DE (1982). — Rain Forest and xeric flora refuges in French Guiana, pp. 159-181. *In : Prance, G.I. (Ed.), Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, New York.
- HALLÉ, F., OLDEMAN, R.A.A. & TOMLINSON, P.B. (1978). — *Tropical trees and forests, an architectural analysis*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg & New York. 441 p.
- HOULLIER, F. (1986). — *Echantillonnage et modélisation de la dynamique des peuplements forestiers*. Thèse Doct. Univ. C. Bernard, Lyon 1. 267 p.
- JANZEN, D.H. (1967). — Synchronisation of sexual reproduction of trees within the dry season in central America. *Evolution*, 21 : 620-637.
- LESCURE, J.P. & DE CASTRO, A. (1992). — L'extractivisme en Amazonie Centrale. Aperçu des aspects économiques et botaniques. *Bois et forêts des tropiques*, 231 : 35-51.
- NELSON, B.W. (1992). — *Floristic diversity anomalies and quaternary climates of the Brazilian Amazon*. International Symposium on the Quaternary of Amazonia, Manaus.
- OLDEMAN, R.A.A. (1990) — *Forest : Elements of Sylvology*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg & New York. 640 p.
- PINTON, F. & EMPERAIRE, L. (1992). — L'extractivisme en Amazonie brésilienne : un système en crise d'identité. *Cah. Sci. Humaines*, ORSTOM, 28 (4) : 685-703.

- PRANCE, G.T. (1982). — Forest refuges : evidence from woody angiosperms, pp. 137-158. In : Prance, G.T. (Ed.), *Biological diversification in the tropics*. Columbia University Press, New York.
- PUIG, H., RÉTIÈRE, A. & SALAÜN, P. (1993). — *L'arbre dans les systèmes culturaux du tropique humide : acquis et lacunes*. C. R. de fin d'études. Ministère de la Recherche. Avril 1993. 132 p.
- RICHARDS, P.W. (1939). — The rain forest of southern Nigeria. — I. The structure and composition floristic of the primary forest. *J. Ecol.*, 27 : 1-61.
- RIÉRA, B. (1983). — *Chablis et cicatrisation en forêt guyanaise*. Thèse Université Paul Sabatier, Toulouse. 163 p.
- ROLLET, B. (1972). — *L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine*. Thèse Université Paul-Sabatier, Toulouse, CIRAD. 298 p.
- ROLLET, B. (1993). — Tree population in natural tropical rain forests. *Bois et forêts des tropiques*, 236 : 43-57.
- SABATIER, D. & PUIG, H. (1986). — Phénologie et saisonnalité de la floraison et de la fructification en forêt dense guyanaise. In : « *Vertébrés et Forêts tropicales d'Afrique et d'Amérique* ». *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, A, 132 : 173-184.
- SABATIER, D. & PRÉVOST, M.-F. (1990). — Variations du peuplement forestier à l'échelle stationnelle : le cas de la station des Nouragues en Guyane Française, pp. 169-187. In : MAB-UNESCO, *Atelier sur l'aménagement et la conservation de l'écosystème forestier tropical humide*. Cayenne.