

L'arbre et le maintien des potentialités agricoles en zone intertropicale humide

Daniel Y. ALEXANDRE *

Dans la zone intertropicale humide, le sol et la végétation naturelle forestière sont dans un état d'équilibre apparent. La forêt est très belle mais pourtant instable. Les sols tropicaux sont très variés mais, dans leur grande majorité, ils sont à la fois pauvres et fragiles face à un climat qui, sans l'écran d'une épaisse végétation, se montre agressif. Les pluies sont à la fois violentes (parfois) et surabondantes (toujours). L'eau qui n'est pas absorbée par le sol puis transpirée par les plantes peut soit s'écouler en surface en entraînant avec elle l'horizon superficiel le plus fertile (érosion), soit s'infiltrer en profondeur, emportant ce qui est soluble (lixiviation). La capacité de la majorité des sols (où le kaolin domine) à retenir les éléments fertilisants est très faible.

Les conditions chaudes et humides favorisent plus la dégradation des humus que leur accumulation, ce qui accroît la fragilité physique des sols. Ils n'ont qu'une faible résistance à la compaction et sont peu perméables, même sous forêt, comme l'a montré BOULET en Guyane, puis d'autres ailleurs. L'eau, qui y reste en abondance, peut s'avérer non disponible pour les plantes qui n'ont pas comme les arbres un enracinement profond.

La fertilité biologique est, comme la fertilité chimique et physique, fragile. Le climat, sans période induisant un bienfaisant arrêt vital, permet l'explosion des populations tant animales (nématodes...) que végétales (adventices néfastes aux cultures ou mauvaises herbes).

Dans ces zones de forêt dense encore naguère très peu peuplée, on pratiquait la technique agricole de l'essartage, dite aussi « à longue jachère » ou encore « culture itinérante ». Mais l'expansion démographique récente exige la mise en culture de surfaces de plus en plus grandes prises au détriment de la forêt et une sinistre spirale a pris naissance : besoins accrus → jachères raccourcies → baisse de fertilité → jachère encore raccourcie, etc...

Face au risque d'évolution défavorable de la fertilité, beaucoup d'essais techniques ont été tentés, qui ont été soit décevants, soit difficilement adoptables. Or certaines populations, souvent denses, ont mis en place des systèmes dits agroforestiers, associant l'arbre aux champs, qui semblent peut-être une réponse au risque de baisse de fertilité du sol dû à une pression anthropique de plus en plus forte, et au risque de baisse de la production que cela entraîne.

* Botaniste ORSTOM, 213 rue La Fayette, 75480 Paris cedex 10.

Dans l'état actuel des connaissances, il est encore difficile d'expliquer le rôle de l'arbre. Nous limiterons ici nos ambitions à montrer l'évolution de la dynamique végétale sous l'effet de l'activité humaine ; nous chercherons à dégager les stades d'adaptation de la végétation où le risque écologique est faible, et les seuils de rupture d'équilibre ou phases à haut risque.

1. L'ESSART

1.1. Dynamique interne de la forêt et définition de l'essart

À une échelle macroscopique, la forêt apparaît en très lente évolution, suivant, avec retard, les grands changements climatiques. À une échelle plus grande, on la voit, au contraire, se renouveler constamment : ici c'est une grosse branche qui casse, là un arbre qui meurt, plus loin tout un bouquet qui est déraciné par une tornade, voire une vaste zone détruite par quelque cataclysme.

Sitôt la voûte forestière ouverte, le potentiel cicatriciel s'exprime. Les arbres cassés reforment leur couronne et les petits plants démarrent dans les petites trouées. Les graines dormantes dans le sol peuvent germer si elles reçoivent suffisamment de lumière, d'autres pourront provenir des individus d'alentour. Généralement, la cicatrization est lente au départ : il faut que les plants habitués à une faible lumière s'adaptent à leur nouvel environnement, la germination est d'autant plus lente que la dormance est forte et les fructifications sont discontinues.

L'agriculteur primitif crée les conditions nécessaires à la croissance des plantes dont il veut disposer en ouvrant des clairières artificielles. Dans celles-ci, comme dans les clairières naturelles, le recrû, c'est-à-dire l'ensemble des plantes qui poussent spontanément après destruction locale de la végétation, est lent à occuper tout l'espace. Des plantes à cycle court, semées ou plantées dès l'ouverture de la trouée, ont largement le temps d'arriver à maturité sans interférer avec le recrû ni être gênées par lui.

Pour la technique qui profite de cette période où la végétation naturelle s'installe sans être encore compétitive, BARRAU (1971) a remis en usage le terme d'essartage qui désignait, en Europe, au Moyen-Âge, une technique identique (BECHMANN, 1984). Voyons comment se déroule en pratique l'essartage.

1.2. Le cycle de l'essartage

Créer une clairière dans la forêt représente un investissement d'effort important mais de courte durée, qui est grandement facilité par le fer et le feu.

Quand l'essarteur est libre de choisir entre couper une forêt primaire ou une vieille forêt secondaire, c'est cette dernière qu'il choisit car ce qui détermine son choix c'est la facilité à couper et à bien brûler. En effet, la forêt primaire est composée de bois durs et de peu de petits bois. La forêt secondaire, elle, évolue et traverse des stades successifs plus ou moins faciles à couper ou à brûler. Le meilleur stade est atteint quand le peuplement s'est bien éclairci au niveau du sol et peut donc se traverser facilement. À ce stade, les bois sont encore faciles à couper et séchent bien. La mortalité naturelle fournit un appoint de bois sec qui va permettre un bon feu.

En effet, un petit nombre d'espèces dominant les recrûs et l'ensemble des individus d'une même espèce meurt en même temps. On a ainsi des maxima de

bois morts aux âges de jachère qui correspondent à la longévité des principales espèces. Dans la région de Taï (Côte d'Ivoire), on observe ainsi un pic de litière de *Macaranga* à 7 ans. *Musanga cecropioides* vit une trentaine d'années, ce qui est la durée de la jachère là où cette espèce est fréquente.

Tous les facteurs qui influent sur la composition du recrû (culture et antécédents cultureaux, nature et richesse du sol, climat,...) conditionnent aussi la durée optimale de la jachère. La fourchette de 7 à 30 ans recouvre la très grande majorité des cas observés en Afrique (JEAN, 1975).

1.3. L'intégration de l'essart dans la forêt

L'emploi généralisé du terme de « culture itinérante » en place de celui d'essartage, entraîne l'idée d'une forêt épuisée et abandonnée. En fait, non seulement le retour sur les anciens abattis est de règle, mais entre deux mises en culture, la fraction de territoire en jachère forestière ne reste pas improductive ; elle participe au contraire, pour une part essentielle, à la satisfaction des besoins, notamment en viande de chasse. Les zones peu propices à la culture, laissées intactes, complètent l'approvisionnement notamment en graines oléoprotéagineuses (*Irvingia gabonica*, *Coula edulis*, *Thiagemella heckelii*, *Calpocalyx brevibracteatus*, etc..., dans la région de Taï). Il y a donc une triple complémentarité forêt-forêt secondaire-champ. La diversité du milieu est maintenue voire, dans une certaine mesure, augmentée.

Toutes les ressources sont exploitées. Ainsi on peut souligner qu'après le brûlis, le gros de la biomasse est disponible pour fournir le bois de cuisine. Une faible partie sera utilisée, le reste participera aux cycles organiques et minéraux ou attendra le prochain brûlis.

En résumé, plus la forêt peut fournir, moins il faut demander à l'abattis.

1.4. Les risques agricoles dans l'essart type

On peut donc décrire l'essart type comme un système de clairiérage agricole de la forêt, qui ne perturbe pas son cycle de régénération naturelle. Comme tel, il apparaîtra évident qu'il échappe au risque de dégradation de la fertilité tout comme la forêt naturelle s'auto-entretient.

On objectera que par leur taille ou par le brûlis, les clairières culturelles diffèrent des clairières naturelles. En fait, la forêt possède de par son évolution de larges potentialités de cicatrisation et pour rares qu'ils soient, les incendies spontanés de forêt (SANDFORD *et al.*, 1985) ou les très grands chablis font partie des événements normaux de la vie de la forêt. Ce qui différencie le plus les champs des chablis, c'est la prédictibilité des uns et le caractère non prédictible des autres.

Pour ces deux risques majeurs que sont l'érosion et la lixiviation, on peut donc considérer que l'essart y échappe autant qu'y échappe la forêt. Il y aurait même des cas où l'érosion sous forêt dépasse celle mesurée sous culture (KLAER et LÖFFLER, 1983).

La dispersion des champs au sein de la forêt limite par ailleurs la propagation des insectes des cultures. En effet, la faune forestière, dispersée ou détruite lors des abattages puis des brûlis, disparaît totalement de l'espace défriché. L'abandon à la jachère dès la deuxième année ne permet pas l'installation de populations étrangères à la forêt qui soient numériquement importantes, donc dangereuses pour la culture (COUTURIER, comm. pers.). Le cas des acridiens a été particulièrement étudié dans la forêt de Taï où l'on a montré que *Zonocerus variegatus*, le criquet puant, n'infeste jamais les clairières en forêt la première année (COUTURIER *et al.*, 1984).

L'essarteur n'est cependant pas à l'abri de tous risques. On peut en citer deux importants : les dégâts dûs aux animaux sauvages, généralement abondants dans une forêt peu perturbée et contre laquelle il faut effectuer un gardiennage constant mais pas toujours efficace, et les accidents climatiques. Quand il fait trop humide, le bois brûle mal et il faut pratiquer un deuxième brûlis après avoir recoupé et empilé les branches. Quant au risque de sécheresse pendant la saison de croissance des plantes, on peut considérer que la culture associée de variétés à cycles différents (riz,...) ou de plusieurs espèces (plantes à tubercules) est une réponse adaptée sinon efficace.

1.5. Les limites de l'essart

Tant que les cultures peuvent être considérées comme des cultures dérobées dans un cycle de renouvellement forestier normal, ce qui définit l'essart idéal, l'essartage apparaît comme un mode d'exploitation du milieu forestier parfaitement rationnel. Il préserve les ressources et ne demande qu'un investissement en travail minimum.

Mais les terroirs où le retour sur une ancienne parcelle répond à un choix délibéré (en premier lieu à une optimisation du rendement du travail (BOSERUP, 1965 in FAO)) et non à une nécessité, deviennent, on ne le sait que trop bien, de plus en plus rares. L'évolution socio-économique contemporaine conduit à une augmentation de la pression anthropique qui se traduit, dans les zones d'essartage, à un raccourcissement de la jachère et/ou à une prolongation de la phase sous culture. La dynamique forestière qui était préservée dans le cycle culture-jachère de l'essart type va s'en trouver perturbée. La part herbacée des recrûs va croître, les remises en culture vont demander de plus en plus de travail, on sera obligé de travailler un sol qui va rester de plus en plus longtemps nu et la fertilité globale va décroître rapidement.

L'explication écologique de la disparition des arbres est assez simple, nous allons suivre son déroulement.

2. REcul DES LIGNEUX ET AUGMENTATION DU RISQUE AGRICOLE

2.1. Écologie des arbres, des arbustes, des cultures et des adventices

La forêt est un milieu fermé et ses plantes, ses arbres en particulier, ont besoin des conditions de relative stabilité qu'elle offre. Dans un tel milieu, toutes les ressources sont accaparées, y compris le simple espace. Les êtres vivants, animaux et végétaux, y entretiennent des relations complexes (zoogamie, zoochorie, mycorhizes, allélopathie, etc...) qui font que la disparition d'un seul élément perturbe l'ensemble. La majorité des espèces des arbres de la forêt ont besoin de l'ambiance humide du sous-bois pour germer et elles y attendent, en vie ralentie, la trouée favorable qui leur permettra de grandir, d'atteindre la voûte et de fructifier. On y trouve aussi de grands arbres héliophiles qui, eux, régénèrent dans les grandes trouées là où la compétition est faible. Il faut le hasard de la concomitance de leur fructification et de l'ouverture d'une trouée favorable pour qu'ils puissent se multiplier.

Le groupe des arbustes pionniers est, lui, caractérisé par les possibilités d'attente de leurs graines dans le sol. La dormance de ces graines est levée par la modification du spectre de la lumière qui se manifeste quand le couvert est détruit. Leur germination est également stimulée par la perturbation du sol.

Quelques plantes cultivées comme le manioc, la papaye ou, dans une moindre mesure, le ricin, le piment, etc. ont une écologie analogue. Dans l'ensemble, les plantes cultivées sont ainsi des plantes de milieu ouvert et perturbé, de milieu où les ressources abiotiques sont à la disposition du premier qui arrive et qui peut se développer librement pour peu que les conditions lui conviennent.

Quant aux adventices, elles sont, pour une part, des plantes à taux de multiplication élevé et graines dormantes dans le sol. Ce sont des plantes à écologie identique à celle des cultures si bien que quand l'homme crée des conditions favorables pour les unes, il favorise en même temps les autres. Beaucoup d'entre elles sont, d'ailleurs, disséminées par l'homme lui-même, accrochées à la peau ou aux vêtements par toutes sortes de dispositifs à crochets.

À côté de ces plantes plutôt propres aux milieux périodiquement remis en culture, d'autres adventices, inféodées cette fois aux cultures permanentes, se caractérisent par leur aptitude à la multiplication végétative, au drageonnement, bouturage, marcottage, ... C'est dans cette catégorie que l'on rangera les graminées adventices les plus nocives. Comme celles-ci, certains arbres, rares en forêt, sont également aptes à supporter des agressions répétées, ils sont d'une très grande importance écologique.

2.2. Le remplacement des ligneuses par des herbacées

Pour maintenir un abattis en culture, il faut détruire la végétation qui s'y est spontanément installée. Ce faisant, on amoindrit les chances de régénération des plantes de milieux stables qui ne produisent que tardivement un petit nombre de graines, tandis qu'on favorise, au contraire, les plantes à vie brève qui investissent dans une descendance nombreuse, ou celles qui résistent à la tentative de destruction.

Ainsi, quand l'essart est isolé en pleine forêt primaire, la forêt dominée par les arbres dits sciaphiles fait place, dans un tout premier temps, à une forêt secondaire dominée par les grands arbres héliophiles. Dans ce cas, en effet, les graines d'arbres pionniers sont rares dans le sol. L'espace va rester libre relativement longtemps et permettra aux arbres héliophiles du voisinage de s'installer. Mais les quelques rares individus d'espèces pionnières (*Macaranga*, *Trema*, *Cecropia*, ...) qui se développent lors de cette première mise en culture, enrichissent le sol de leurs graines. Plusieurs décennies plus tard, lors de la remise en culture caractéristique de l'essart, ces graines seront toujours vivantes dans le sol et prêtes à constituer très rapidement un recrû dense.

Quand l'essartage est stable et selon ses particularités précises, une sélection s'opère parmi les nombreuses espèces pionnières potentiellement présentes dans la région. Un petit nombre de plantes vont ainsi dominer la jachère, de cycle en cycle, en ayant le temps d'arriver à maturité et souvent de disparaître une fois reconstitué, dans le sol, le stock de graines qui leur permettra de réapparaître lors de la prochaine mise en culture.

Des herbacées adventices, involontairement introduites, peuvent bien se rencontrer ; elles sont étouffées par les espèces ligneuses avant d'avoir pu se multiplier.

Lorsqu'on veut prolonger la durée de mise en culture, les adventices peuvent se multiplier et il faut sarcler pour les éliminer. En même temps qu'on les détruit, on supprime alors les plantules d'arbustes pionniers. Comme leurs graines sont en nombre limité dans le sol (soit qu'elles y aient été accumulées lors de la jachère précédente, soit que les oiseaux ou les chauves-souris les y aient apportées de jachères avoisinantes), on voit ces arbustes se raréfier

progressivement à chaque sarclage. Leur disparition est d'ailleurs parfois plus difficile à expliquer, elle est vraisemblablement multicausale.

Le jeu des brûlis et sarclages répétés finit donc par faire disparaître les ligneux ; la dynamique cicatricielle semble alors franchir un seuil et l'on voit apparaître des formations à large dominance herbacée qui présentent une grande stabilité. On connaît bien ces formations anthropiques à grandes graminées pérennes comme *Imperata cylindrica*. Les souches de ces hautes herbes ne sont pas détruites par le feu, il faut donc les extirper d'autant qu'il suffit d'un petit fragment de rhizome pour qu'elles repoussent et compromettent la récolte.

Il est vrai que là où elles succèdent à la forêt, ces savanes anthropiques ont une grande productivité et peuvent être sciemment favorisées si on a, par la charrue, le moyen de les mettre en culture (DOVE, 1981). Mais ce sont des formations fragiles qui, si elles permettent l'entretien de la fertilité, ne sont pas spontanément capables de la restaurer. De plus, leur mise en culture conduit nécessairement à ameublir le sol qui va rester nu le temps que la culture se développe ; les agressions climatiques vont y être exacerbées. La dégradation du sol pourra être très rapide et marquée par un nouveau changement de flore. PILLOT (1980) en donne un bel exemple en Haïti où l'on voit des jachères gazonnantes à *Axonopus compressus* succéder à des formations à *Panicum maximum* avec un stade intermédiaire à *Stachytarpheta jamaicensis* (verbénacée sous-ligneuse). Quand le sol est pauvre au départ, comme en Guyane, ce sont des graminées de faible stature que l'on observe dès l'apparition du stade graminéen. Nous étudions ainsi, sur le bassin «i» à Ecécex, un peuplement à *Homolepis isocalycia*, *Panicum pilosum* et *Paspalum conjugatum*, induit ou favorisé par destruction du jeune recrû après culture sur brûlis (ALEXANDRE, 1984).

La flore traduit la fertilité du milieu mais c'est elle aussi qui la crée ou l'entretient. Plus la production du tapis végétal baisse, comme dans ce processus de savanisation, moins il y a retour au sol de matière organique. Or c'est la matière organique qui est à l'origine de l'humus dont l'importance est ici d'autant plus essentielle que la capacité des argiles à retenir l'eau et les éléments fertilisants est faible.

2.3. Le rôle de la jachère ligneuse

Dans l'essart type, l'agriculteur abandonne le champ au recrû, souvent avant même la récolte complète, car il est pour lui plus facile d'ouvrir une nouvelle clairière que de remettre en culture son champ précédent. Non pas que le recrû soit, en première année, difficile à défricher mais parce qu'il serait obligé de sarcler. Cela est particulièrement net dans le cas de la culture du riz, plante très sensible aux adventices. Les plantes, comme le manioc ou le bananier qui ont un cycle long, se montrent aussi plus couvrantes que le riz et plus tolérantes aux adventices.

L'abandon des champs est rarement lié à la baisse de fertilité chimique du sol. « *Contrairement à ce que l'on a longtemps cru, l'épuisement de la fertilité du sol n'est généralement pas la cause essentielle de l'abandon de l'abattis, mais c'est surtout le développement exubérant des mauvaises herbes qu'il devient difficile de maîtriser à partir de la deuxième année de culture* » (MOREAU et GODEFROY, 1985). Les cas extrêmes, type sols sableux podzoliques, où l'essentiel des minéraux biologiques se trouve dans la matière organique, comme cela a été montré à San Carlos au Vénézuéla, se trouvent évidemment à part.

Si, lors de l'abandon des champs à la jachère, il reste suffisamment de ligneux régulièrement répartis, ils pourront, en croissant, éliminer les herbacées. Les lianes, associées aux ligneux, jouent bien souvent un rôle important dans ce cas. Il faut ainsi de 4 à 6 ans pour que les arbres, les arbustes et les lianes forment un couvert dense et continu qui élimine les herbacées, ce qui arrête leur multiplication. Le prochain brûlis, dans la mesure où une quantité de bois suffisante s'est accumulée, détruit la quasi totalité des graines d'adventices restées dans le sol. La durée de fermeture du couvert peut ainsi être prise comme durée minimale de la jachère (AHN, 1979). On notera bien que les arbres rencontrés quand la jachère est devenue aussi courte, sont pour l'essentiel étrangers à la forêt primaire qui existait auparavant. L'exemple du palmier à huile est bien caractéristique.

Le rôle de la jachère ligneuse est donc surtout d'interrompre la multiplication des adventices mais il ne se limite pas à cela. Les arbres semblent, en effet, mieux que les herbacées, reconstituer la fertilité du sol ou limiter sa détérioration.

Pour démontrer l'importance de ce caractère ligneux de la jachère, il n'est que de rappeler qu'il existe des systèmes volontairement maintenus au sein de la dynamique forestière et qui, ainsi, soutiennent des densités humaines élevées. Parmi ces formes d'essarts évolués — il en existe de multiples —, l'une des plus intéressantes est celle pratiquée par les Tsembaga de Nouvelle-Guinée et si bien décrite par RAPPAPORT (1971). Elle leur a permis, malgré des pentes et une pluviosité très fortes, d'arriver à dépasser la densité de 200 h/km², chiffre tout à fait remarquable. Dans les grandes lignes, c'est un essart classique, mais on y note la constitution de lignes antiérosives, avec les arbres abattus, et surtout un désherbage sélectif épargnant strictement les plantules d'espèces ligneuses du recru. L'ensemble des espèces cicatricielles ligneuses est appelé « mère des jardins », ce qui montre la finesse de la perception écologique de ce peuple. Bien sûr, les jachères sont très courtes et les herbacées se montrent en conséquence envahissantes et sans la lutte sélective menée à l'encontre des seules herbacées, les Tsembaga auraient depuis longtemps transformé leur terroir en pelouse stérile. Il est donc juste de dire que les Tsembaga ne cultivent pas leurs patates, haricots et autres taros mais bien la forêt secondaire, même si l'encouragement de la jachère ligneuse n'est pas le seul facteur qui permet ici une charge humaine élevée, le troupeau porcin y ayant probablement sa part (on considère en effet la fumure animale comme un des facteurs essentiels de l'intensification agricole).

Si cet exemple semble bien démonstratif du rôle positif des arbres, il ne l'explique pas. Il est certain que les arbres qui constituent la jachère peuvent restaurer la fertilité en capturant les minéraux en passe de disparaître dans les profondeurs du sol et que le couvert ligneux, qui offre une protection relative au dessèchement de la couche supérieure du sol, y maintient une activité biologique élevée. Mais c'est peut-être mort que l'arbre s'avère un meilleur protecteur de la fertilité que ne l'est l'herbacée. En effet, la dégradation plus lente des matériaux riches en lignine peut jouer un rôle favorable car, même mort, le réseau racinaire des arbres va garder 2 ans ses propriétés antiérosives (TURENNE, 1977). De même une minéralisation ralentie freine les pertes dans la mesure où les éléments libérés peuvent être réabsorbés. Beaucoup de raisons invoquées pour expliquer le rôle des arbres sont en rapport avec la profondeur de leur enracinement. Il y a là un domaine d'étude encore presque vierge malgré son grand intérêt.

Mais quand la densité humaine rend difficile le maintien de la jachère ligneuse, il devient plus avantageux de passer à une technique plus élaborée, souvent mise à profit : la culture étagée.

3. LA CULTURE ÉTAGÉE (ou les systèmes étagés)

Par « culture étagée », nous entendons un système de culture où l'on constitue volontairement une strate permanente d'arbres (il s'agit souvent de palmiers) sous lesquels on pratique une autre culture permanente ou temporaire, ligneuse ou herbacée. Voyons comment apparaissent de tels systèmes.

3.1. Les tendances écologiques

La grande majorité des espèces d'arbres de la forêt se montrent incapables de survivre après avoir été coupés et brûlés, ou même tout simplement de vivre isolés en dehors de l'« ambiance forestière ». Même s'ils survivaient, ils n'auraient pas de descendants car leurs stades jeunes sont presque toujours très sensibles au dessèchement. Les espèces pionnières de la forêt, bien qu'aimant le plein soleil, sont, elles, incapables de s'installer en présence d'autres plantes et de plus extrêmement sensibles au feu. L'envahissement par des herbes qui peuvent brûler en saison sèche sans même être au préalable coupées, a donc bien une tendance à s'auto-amplifier.

On voit pourtant, même là où la pratique agricole reste limitée à la destruction du couvert, certaines espèces ligneuses se maintenir et même prospérer à force de résistance aux agressions fatales à d'autres espèces. Ce sont des espèces très peu sensibles au feu (cas du palmier à huile) et bien souvent capables de rejeter. Cette dernière caractéristique, qui pour être efficace doit se révéler très tôt chez la plante, est en relation avec la précocité du développement racinaire. Celui-ci se forme aux dépens d'une très grosse graine chez *Anthonotha fragrans* (obs. pers.). Chez d'autres arbres comme *Sterculia tragacantha*, la racine de la plantule accumule des réserves (obs. pers.). Ce sont enfin des espèces peu exigeantes, capables de se satisfaire de sols appauvris grâce à la fixation symbiotique de l'azote (ex. *Albizzia* spp...) ou à l'extension des racines (ex. *Ficus exasperata*).

Presque toutes ces espèces ont leur origine botanique dans une flore forestière d'une zone plus sèche que celle où on les voit dans les jachères. Si on les laisse croître, elles favorisent le retour à un état boisé qui les fera localement disparaître.

Mais aussi résistante soit-elle, une espèce ne se développe que si l'agriculteur la tolère ou mieux, lui trouve un intérêt. S'il s'agit d'une espèce fruitière, l'homme peut intervenir comme disséminateur involontaire. En Guyane, diverses espèces du genre *Inga* peuvent ainsi abonder dans les jachères (LESCURE, *comm. pers.*).

Au total, le jeu des cultures avec des jachères de plus en plus courtes installe des recrûs largement herbacés mais cependant parsemés d'arbres qui, d'abord tolérés puis protégés, ont pu ensuite être plantés. L'évolution écologique naturelle a probablement montré la voie pour la création des systèmes agricoles étagés.

3.2. Les choix humains

Même dans l'essart type, il s'en faut en fait de beaucoup que tous les arbres soient détruits. Couper tous les arbres ou non peut relever de facteurs culturels très divers mais on observe souvent que l'attitude à l'égard des arbres varie beaucoup selon que le paysan est autochtone ou arrivé de fraîche date

(PELISSIER, 1980). Dans le sud-ouest de la Côte-d'Ivoire, nous avons un bel exemple avec la comparaison faite par DE ROUW (1985) entre Oubi et Baoulé : les premiers qui connaissent bien la forêt et ses espèces, laissent volontairement certains arbres au-dessus du riz, alors que les autres, les colonisateurs, s'efforcent de tuer tous les arbres de leurs défrichements. On ne peut comprendre l'attitude à l'égard des arbres, ou du milieu en général, sans considérer cette dimension historique. On ne respecte que ce qu'on connaît (passé) et que l'on possède sous une forme ou une autre de propriété (avenir). A contrario, le recours à l'expansionisme conduit à sacrifier les arbres. Les Mossi décrits par BENOIT (1982) en donnent un exemple en zone sèche. En Asie, les Hmong, peuple historiquement fuyard, sont réputés pour cultiver leurs champs jusqu'à épuisement complet. Ils sont parmi les rares qui pratiquent ce qu'on peut vraiment appeler une culture « itinérante » (HURNI, 1982) ou nomade selon JEAN (*op. cit.*). L'arbre est aussi très souvent la marque de la propriété (JEAN, *op. cit.*). Le détruire dans un milieu largement foresté est aussi bien une marque d'appropriation de la terre que de planter un arbre étranger ou peu courant (ex. *Newbouldia laevis* en Basse Côte d'Ivoire) ailleurs.

Le fait de conserver un arbre utile lors du défrichement relève du simple bon sens. Ce n'est pas le fait d'épargner des arbres qui permet de parler de culture étagée mais la sélection durable d'individus particuliers, laquelle détermine la structure et la composition du couvert végétal.

3.3. Les avantages des systèmes étagés

3.3.1. LA LIMITATION DU RISQUE ÉCOLOGIQUE

Il est certain que la présence d'un couvert arboré permanent peut être considérée comme un atout de grande valeur pour protéger le sol contre l'érosion, la lixiviation (si les racines descendent profondément), ou l'envahissement par les mauvaises herbes. Il apparaît également que le sol, protégé du rayonnement solaire direct et maintenu en place, garde mieux sa porosité et son activité biologique de surface. En outre, le couvert ligneux facilite le retour des champs à un état boisé par les mécanismes que l'on vient d'évoquer, ou en servant de perchoirs aux oiseaux disséminateurs, ou encore en favorisant la mycorhization précoce des plantules. En créant des noyaux arborés, les indiens Kayapo du Brésil arrivent à recréer des bosquets qu'ils mettent ensuite à profit (POSEY, 1985). Enfin, par la réserve de combustible qu'il constitue, le couvert ligneux offre une assurance contre une évolution défavorable du sous-étage en garantissant la possibilité d'effectuer un brûlis purificateur. Nous en avons un exemple dans le système à babassu, un palmier oléifère du Brésil (MAY *et al.*, 1985).

3.3.2. LA COMPLÉMENTARITÉ DES STRATES

L'arbre est avant tout un producteur de bois, matériau facile à utiliser et source d'énergie. De plus, beaucoup d'arbres peuvent fixer l'azote, fournir du fourrage aux animaux ou, surtout, donner des fruits appréciés qui complètent utilement les autres productions agricoles. Les espèces oléifères, notamment les palmiers, ont une très grande importance. Certains arbres produisent des fruits ou d'autres parties amyliacées comme l'arbre à pain ou les sagoutiers et, plus localement, le palmier parépeou (*Bactris gasipaes*) ou le safoutier (*Dacryodes edulis*). Enfin, certains arbres donnent des fibres, des colorants, des poisons, etc.

L'arbre demande très peu de soin une fois qu'il a dépassé les risques de compétition et se montre peu exigeant pour le sol. Il peut donc tout produire à peu de coût. D'où vient donc que cette « agriculture arborée » que PORTERES (1966) situe entre l'agriculture séminale des climats contrastés et l'agriculture végétative de la grande forêt, paraisse si rare ?

Les arbres, même sous les climats les plus constants, ont une fructification marquée par l'alternance. Par là, il faut comprendre qu'à une année de grande fructification succèdent une ou plusieurs années où la production de fruits est faible à très faible. S'en remettre à un fruit d'arbre comme base de l'alimentation présenterait donc un risque élevé. De plus, chez les arbres, la production de fruits ne représente qu'une faible proportion de la production totale. La stratégie écologique de l'arbre c'est, en effet, la pérennité ; c'est de se placer au-dessus de ses concurrents et pour cela, d'édifier des structures solides et durables qui accaparent la production photosynthétique. La production de fruits est un peu accessoire. C'est peut-être pourquoi les arbres ne sont que rarement les producteurs de l'aliment de base alors que pour d'autres productions, ils peuvent supplanter les plantes herbacées. Pour les lipides, par exemple, c'est le palmier à huile qui fournit la production la plus élevée.

Au contraire, chez les plantes herbacées à cycle court (céréales), une part importante, environ 50 %, de la production se retrouve dans les graines. On notera que les graines qui doivent donner naissance à la génération future contiennent à la fois des réserves, glucides ou lipides, et des protéines. Les plantes à tubercules, elles, peuvent diriger vers leurs organes de réserve jusqu'à 8/10 des sucres formés. Dans l'ensemble, les tubercules ne renferment qu'un faible pourcentage de protéines. Plus la production est élevée, plus le pourcentage est faible.

L'arbre n'est donc, ni en quantité ni en régularité, un bon producteur d'amidon, d'aliment de base, et doit donc être associé à une autre culture. C'est par contre un protecteur du sol et on peut, sous son couvert, rapprocher des cycles de cultures tolérantes à l'ombrage : tubercules ou bananes.

3.4. Les limites des systèmes étagés : la compétition entre strates

La complémentarité entre strates qui justifie le système, a ses limites. Le couvert en faisant écran à la pénétration de la lumière limite nécessairement la production du sous-étage. Il est cependant envisageable de sélectionner des cultivars plus tolérants à l'ombrage, pour le sous-étage, ou de contrôler, par le choix des essences, leur espacement ou des élagages périodiques, l'effet du couvert. Mais l'éclaircissement maximum suppose la destruction du couvert.

Inversement, en cherchant à intensifier la production de l'étage inférieur, on risque de nuire au couvert (cf. infra).

Au total, la complémentarité fonctionnelle des strates doit être mise en balance avec l'antagonisme dans la production. Tant que la production de base pourra être assurée par le sous-étage, malgré l'ombrage du couvert, c'est la complémentarité qui apparaît. La limite du système (sans tenir compte du nécessaire renouvellement épisodique du couvert) est atteinte avec la mise en culture permanente du sous-étage. Lorsqu'il devient impossible d'augmenter la production des cultures annuelles autrement qu'en diminuant l'ombrage, le système bascule dans l'instable avec une réapparition du risque érosion-lxiviation. L'arbre protecteur, pour être conservé, devra être séparé des cultures annuelles intensives.

4. LES SYSTÈMES AGROFORESTIERS À PARTITION HORIZONTALE DE L'ESPACE

4.1. La ségrégation de l'espace

4.1.1. L'ACCENTUATION D'UNE TENDANCE ÉVOLUTIVE NATURELLE

Comme il a été dit plus haut, il est difficile, ou non économique, d'intensifier une production alimentaire maintenue sous couvert au-delà d'un certain seuil qu'on peut définir comme la mise en culture permanente du sous-étage. Pour envisager une production supérieure, il faut envisager, en priorité, l'éclaircie du couvert qui limite la production du sous-étage sans lui-même profiter proportionnellement aux efforts de fertilisation nécessairement consentis par l'agriculteur. Les arbres tropicaux, adaptés à de faibles ressources minérales, réagissent, dans l'ensemble, très peu aux engrais. C'est un problème général d'évolution que GILLON (*comm. pers.*) qualifie de « masochisme écologique ».

En optant pour une ségrégation des arbres et des cultures annuelles, on ne fait que laisser à l'évolution spontanée de la végétation la possibilité de s'exprimer. En effet, la présence d'un couvert favorise la régénération des arbres qui est difficile à découvert et *a fortiori* en présence d'herbacées (compétition racinaire, allélopathie, feu,...). Tandis que les zones boisées évoluent spontanément vers la forêt, les zones enherbées se maintiennent comme telles. Tout ce qui favorise les arbres nuit aux herbacées et inversement. HARCOMBE (1977) en donne une belle démonstration en montrant que la fertilisation d'un recrû freine le retour à la forêt. Tandis que le labour blesse les racines des arbres, ces mêmes racines gênent le labour. Alors qu'une couche organique brute en surface (litière, mulch) diminue la compétition et favorise les arbres (GRIME, 1979), elle diminue le rendement des cultures par immobilisation microbiologique de l'azote...

Tandis qu'en compétition arbres et herbacées s'opposent, séparés, ils peuvent se favoriser. On connaît le rôle des haies et brise-vents arborés sur le rendement des cultures ou la santé des élevages (SOLTNER, 1980) et on évoque parfois le rôle « adoucissant » des massifs boisés sur le climat régional. Dans l'autre sens, on signalera la richesse et la densité des lisières boisées.

4.1.2. LES TRANSFORMATIONS TECHNIQUES

La ségrégation des champs et zones boisées permet de mieux employer l'effort. En rapprochant le champ du lieu d'utilisation, on diminue le transport. Le travail peut être concentré sur les cultures qui en ont besoin,... Les zones peuvent être mises en valeur selon les potentialités : zones pauvres sous ligneux, zones plus riches labourées, zones inondables en rizière...

Au passage de l'agriculture d'abattis à l'agriculture sous couvert, l'évolution technique relevait d'une simple adaptation. Pour passer de la partition verticale de l'espace à la partition horizontale, il y a une véritable mutation avec acquisition nécessaire de techniques actives de maintien de la fertilité : compostage, irrigation, lutte anti-érosive, lutte contre les ennemis des cultures, etc. La notion de risque agricole que nous avons considérée jusqu'ici a donc virtuellement disparu. Le risque va donc prendre ici d'autres aspects qui vont, pour une part, dépendre de l'échelle de morcellement du paysage.

4.1.3. LES ÉCHELLES DE PARTITION DE L'ESPACE

Avec un système tel que celui des bandes boisées (ou « alley cropping ») décrit par KANG *et al.* (1984), c'est la parcelle qui est divisée. Des ligneux, capables de rejeter facilement, sont plantés en lignes à un faible intervalle (4 m), le long des courbes de niveaux. Ils sont rabattus avant la mise en culture de l'espace vacant, et mulchés, puis repoussent entre deux mises en culture. C'est donc une sorte de jachère forestière artificielle (plantée) et sans brûlis. Les auteurs prétendent avoir obtenu avec ce système, une production annuelle aussi élevée qu'en première culture après longue jachère.

À Sumatra, MICHON (1985) donne de bons exemples de réussite dans la partition de l'espace à l'échelle micro-régionale. Autour du lac de Maninjau, par exemple, on trouve une population de plus de 300 personnes/km² sur des sols riches mais très pentus et sensibles aux glissements de terrain. Le milieu est exploité en 4 zones : le lac pour la pêche, les bords du lac, plats, pour les rizières, les premières pentes pour des vergers-forêts et les zones les plus fragiles, sous forêt naturelle. Les vergers d'une étonnante richesse en espèces fruitières produisent à la fois pour l'usage domestique et pour la vente. En plus des arbres producteurs déjà divers, les paysans installent en sous-bois des plants d'un encore plus grand nombre d'espèces. Ces plants, prêts à prendre la relève des adultes qui viendraient à mourir, ou dont la production perdrait sa valeur, assurent au verger une grande stabilité biologique et économique.

Enfin, à l'échelle supra régionale, la spécialisation des régions en fonction de leur richesse, de leur vocation, est de règle sous tous les climats, dès lors que la pression démographique est suffisante.

Si l'on prend le cas extrême de ces deltas asiatiques entièrement aménagés en rizières et où les populations dépassent 2 000 h/km², on remarquera que les arbres y sont rares : des cocotiers sur les digues, quelques fruitiers près des maisons. Mais on doit à la vérité d'ajouter que, là où les collines avoisinantes ont été déboisées, ces deltas connaissent des inondations catastrophiques. Même les zones inondables très productives et naturellement dépourvues d'arbres (en dehors de cas particuliers comme la mangrove) bénéficient du rôle régulateur des arbres.

DISCUSSION

Nous avons cherché à tracer le schéma de l'évolution écologique de l'agriculture en zone forestière, face à une demande croissante qui met en danger le potentiel du milieu. Étant donné notre propos, nous sommes bien sûr resté dans le cadre simple d'une agriculture autarcique.

Au départ, l'arbre est omniprésent et, avec l'essartage et la jachère forestière, l'arbre et la culture alternent dans le temps. Avec l'augmentation de la pression anthropique, sont apparus les paysages herbacés puis les parcs où les mises en culture de plus en plus rapprochées se font sous la protection d'un couvert permanent : l'alternance arbre/culture se fait dans le sens vertical. Enfin, le système écologiquement le plus évolué découpe, lui, l'espace dans le plan horizontal.

Chacun dans ses limites assure l'équilibre sol/végétation/population en limitant le risque de dégradation du sol. Avec l'essart, le milieu forestier peut supporter 10 h/km², sur la base d'un abattis nourrissant 5 personnes, d'une jachère de 30 ans et de 50 % de l'espace incultivable. Avec la culture sous couvert, en partant des données de production de la littérature, on peut

calculer une charge théorique maximale de 500 h/km². Dans la réalité, il faut tenir compte de la nécessaire régénération du parc et des zones non cultivables. Une densité réelle de 300 h/km² paraît possible. Pour situer les systèmes évolués, on rappellera seulement la densité théorique maximale de 2 500 adultes/km², soit encore de l'ordre de 3 000 h/km². On aurait donc, grossièrement, un facteur 10 entre les différentes étapes de l'agriculture. Bien entendu, la qualité de l'environnement au départ, et spécialement du sol, est déterminante.

Sous la pression des facteurs socio-économiques locaux, notre schéma est bien évidemment fortement perturbé. En Afrique, par exemple, il est de règle de voir l'arboriculture de rente (café, cacao) côtoyer une production vivrière archaïque (FAO, 1984). Paradoxalement, ce sont les arbres, qui pourraient s'en passer le mieux, qui bénéficient des engrais et produits phytosanitaires, parfois des meilleures terres. Les cultures vivrières ne rentabiliseraient pas de tels intrants. Elles se font donc au détriment du milieu et avec une rentabilité du travail qui se dégrade rapidement.

Le régime foncier peut être un puissant moteur d'évolution de l'agriculture. Dans la région de Manaus, la limitation des surfaces attribuées aux paysans et la présence d'un marché urbain solvable conduit, malgré l'immensité des terres apparemment disponibles, à la création d'une arboriculture commerciale (CROSNIER, 1984), et on pourrait donner de nombreux autres exemples analogues. A Java, les vergers sont parfois transformés en culture sous couvert (MICHON, comm. pers.) mais ici cela représente une régression et une augmentation du risque de dégradation.

Le maintien de la fertilité agricole dépend d'un potentiel régénératif, d'une capacité de l'agrosystème à cicatriser après la perturbation de la culture. Ce potentiel évolue et s'adapte si l'intensification est progressive. On connaît ainsi des exemples d'apparition d'espèces nouvelles par hybridation ou polyploïdisation. Mais avec les moyens agricoles actuels, quand l'homme crée localement un îlot fortement perturbé au sein d'une zone jusque là peu transformée, les espèces adaptées qui pourraient y prospérer et qui souvent existent ailleurs, n'ont pas le temps de se propager. Il s'est formé un vide écologique qui va permettre à des êtres médiocrement efficaces de remplir l'espace. Peu productifs, ils n'assurent pas le maintien de la fertilité. Le milieu appauvri et comblé ne pourra plus permettre l'installation des espèces qui, elles, auraient pu entretenir la fertilité. C'est un aspect de l'écologie du milieu dont il faudrait tenir compte dans les plans d'aménagement.

Si l'on considère par ailleurs que pour intensifier la production à l'unité de surface, il faut nécessairement sacrifier aux rendements du travail ou des intrants (engrais), on est amené à préconiser une mise en valeur progressive et aussi extensive que l'autorise l'espace disponible.

Le patrimoine génétique des zones forestières est actuellement érodé à un rythme très inquiétant et sa conservation conduit à prôner une intensification à outrance, de façon à permettre la mise en réserve de zones vierges. C'est à notre avis un leurre sociologique et biologique. C'est la mise en « valeur » même des zones forestières qui doit être mise en question.

Au total, nous pensons que l'on a intérêt à faire respecter une évolution dans l'intensification commençant par l'emploi de la jachère forestière et aboutissant, après une phase de culture étagée, à la culture ségréguée.

CONCLUSION

L'arbre peut avoir, en agriculture, un important rôle dans la protection de la fertilité. De nombreux systèmes traditionnels lui réservent une place importante et l'expérience contemporaine confirme son rôle bénéfique. Mais il s'en faut de beaucoup que l'on puisse donner de ce rôle une explication satisfaisante. Pour faire face au risque grave de dégradation des potentialités agricoles dans les zones qui connaissent un fort croît démographique, il apparaît urgent de recueillir les techniques agricoles traditionnelles et les variétés végétales ou animales qui leur sont associées. Parallèlement, on se doit de tenter d'éclairer les interactions arbres/sol, arbres/herbacées qui se situent pour une bonne part sous la surface du sol, au niveau des racines.

Septembre 1986

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé de leurs commentaires pour la rédaction finale de ce document et notamment G. AUBERT, F. BERNHARD-REVERSAT, G. COUTURIER, C. CROSNIER, A. DE ROUW, T. DESJARDINS, J.-M. GASTELLU, A. GELY, Y. GILLON, F. HALLE, A. HLADIK, F. KAHN, G. MICHON, R. MOREAU, B. RIERA, C. SEIGNOBOS, J. TISSANDIER.

BIBLIOGRAPHIE

- AHN (P. M.), 1979. — The optimum length of planned fallows. *In* : « Soils research in Agroforestry », H. O. Mongi & P. A. Huxley eds. — ICRAF : 15 à 39.
- ALEXANDRE (D.-Y.), 1984. — Conversion d'un abattis traditionnel en pâturage sous ombrage. Cayenne : ORSTOM *Multigr.*, 6 p.
- BARRAU (J.), 1971. — La culture itinérante, longtemps mal comprise et encore mal nommée ! *J.A.T.B.A.*, 18 (1-3) : 100-103.
- BECHMANN (R.), 1984. — Des arbres et des hommes : la forêt au moyen-âge. Flammarion, 385 p.
- BENOÎT (M.), 1982. — Oiseaux de mil : les Mossis du Bwamu (Haute-Volta). *Mém. ORSTOM*, n° 95, 116 p.
- COUTURIER (G.) *et al.*, 1984. — Influence de la pénétration humaine sur les peuplements entomologiques en forêt de Taï (Côte d'Ivoire). II — Les peuplements acridiens. *Ann. Univ. Abidjan, sér. E (Écologie)*, 17 : 155-182.
- CROSNIER (C.), 1984. — Sur les tendances actuelles de l'agriculture sur brûlis dans la région de Manaus (Amazonie brésilienne) : étude de trois exploitations. DEA, Paris VI, 155 p.
- DE ROUW (A.), 1985. — The use of fallow trees and high forest trees in two contrasting systems in South-West Ivory Coast. Draft.
- DOVE (M. R.), 1981. — Symbiotic relationships between human population and *Imperata cylindrica* : the question of ecosystemic succession and preservation in South Kalimantan. *In* : « Conversation inputs from life sciences », M. Nordin *et al.* eds. Bangi, Malaisie.
- FAO, Forestry Department, 1984. — Changes in shifting cultivation in Africa. — Fao Forestry paper n° 50, 59 p.
- GRIME (J. P.), 1979. — Plant strategies and vegetation processes. Chichester : J. Wiley & sons, 222 p.
- HARCOMBE (P. A.), 1979. — The influence of fertilization on some aspects of succession in a humid tropical forest. *Ecol.*, 58 (6) : 1375-1383.
- HURNI (H.), 1982. — Soil erosion in Huai Thung Choa-Northern Thailand concerns and constraints. *Mountain Research and Development*, 2 (2) : 141-156.
- JEAN (Suzanne), 1975. — Les jachères en Afrique tropicale : interprétation technique et foncière. Paris : M.N.H.N. : Institut d'Ethnologie, 168 p.
- KANG (B. T.), WILSON (G. F.), LAWSON (T. C.), 1984. — Alley cropping : a stable alternative to shifting cultivation. Ibadan : I.I.T.A., 22 p.

- KLAER (W.), LOFFLER (E.), 1983. — The influence of traditional agriculture on the natural processes of erosion in the tropical forests and grass-lands of Papua-New Guinea. *Appl. Geog. and Devel.*, 21 : 66-74.
- MAY (P. H.) *et al.*, 1985. — Babassu palm in the agroforestry systems in Brazil's Mid-North region. — *Agroforestry systems*, 3 : 275-295.
- MICHON (G.), 1985. — De l'homme de la forêt au paysan de l'arbre : agroforesteries indonésiennes. Thèse, Montpellier : U.S.T.L., 273 p.
- MOREAU (R.) et GODEFROY (J.), 1985. — Problèmes des zones tropicales et équatoriales forestières. *C. R. Acad. Agr. de France*, 71 (10) p : 1169-1179.
- PELISSIER (P.), 1980. — L'arbre dans les paysages agraires de l'Afrique noire. *Cah. ORSTOM, sér. Sci. hum.*, 17 (3-4) : 131-136.
- PILLOT (D.), 1980. — Outils, espèces et techniques de culture : dynamique des systèmes haïtiens. *J.A.T.B.A.*, 27 (3-4) : 203-219.
- PORTERES (R.), 1966. — Quelques conceptions ethnobotaniques sur l'agriculture ancienne. *J.A.T.B.A.* (1, 2, 3) : 122-129.
- POSEY (D. A.), 1985. — Indigenous management of tropical forest ecosystems : the case of the Kayapó indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry systems*, 3 : 138-158.
- RAPPAPORT (R. A.), 1971. — The flow of energy in an agricultural society. *Scientific American*, 225 (3) : 116-132.
- SANGFORD Jr (R. L.) *et al.*, 1985. — Amazon rain-forest fires. *Science* 227 : 53-55.
- SOLTNER (D.), 1980. — L'arbre et la haie. *Sciences et Techniques agricoles*, (6^e ed.), 112 p.
- TURENNE (J. F.), 1977. — Culture itinérante et jachère forestière en Guyane : évolution de la matière organique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 15 (4) : 449-461.