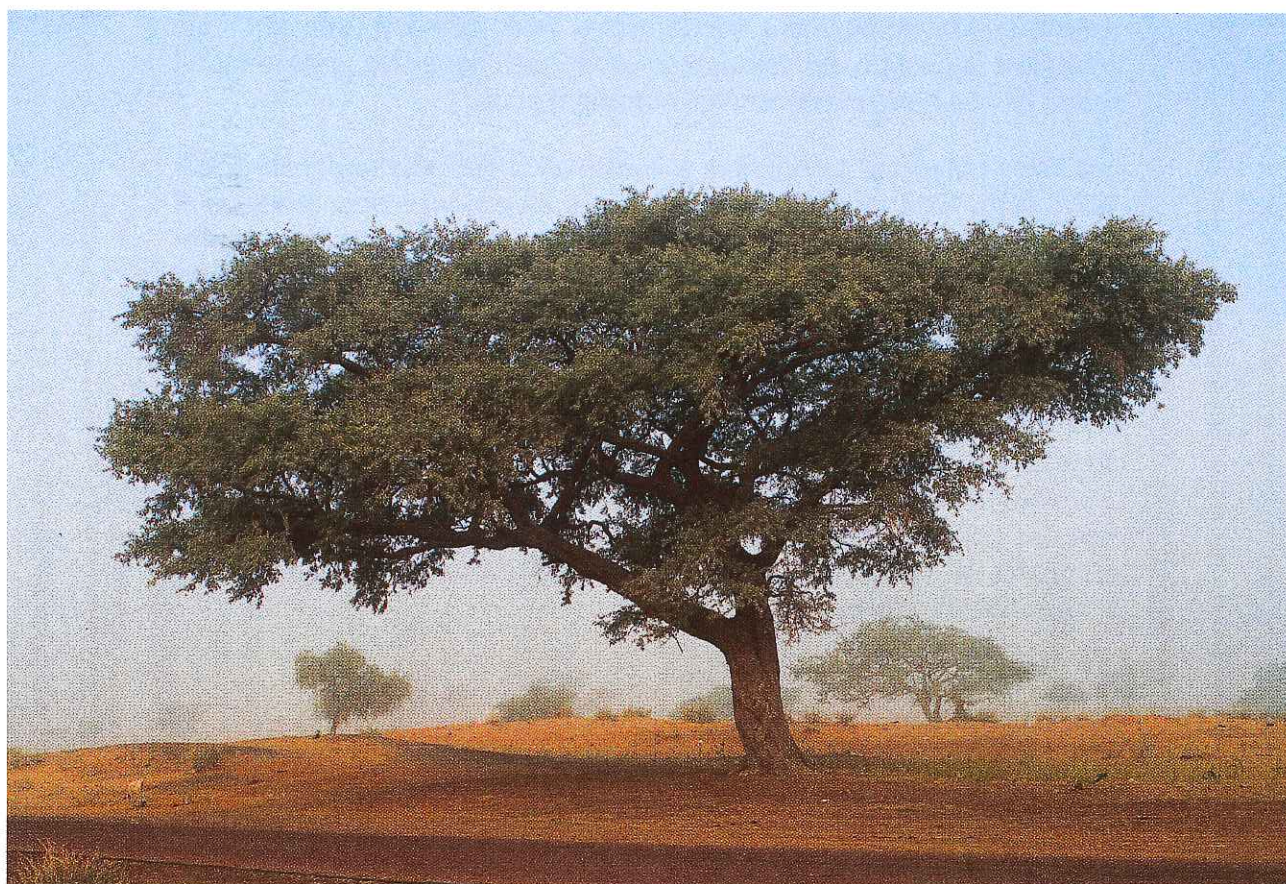


GESTION DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES DE *FAIDHERBIA ALBIDA*

Evaluation des flux de gènes intrapopulation

par Martin ZEH-NLO, généticien forestier, Centre universitaire de Dschang
et Hélène I. JOLY, généticien forestier, CIRAD-Forêt



Faidherbia albida a une aire d'origine très vaste ;
on le voit ici en zone nord-sahélienne, un jour d'harmattan.

L'étude de la diversité génétique des ligneux des zones tropicales est particulièrement importante pour élaborer une stratégie de conservation dynamique des ressources génétiques forestières. Contrairement à celle des espèces tempérées, la diversité génétique des ligneux tropicaux reste largement inconnue.

La tendance actuelle de la conservation des ressources naturelles a pour souci de respecter le mode de vie des populations locales tout en garantissant un développement économique. Pour élaborer une stratégie adaptée à la gestion des ressources génétiques ligneuses, encore faut-il savoir ce que l'on veut conserver, comment et où.

Les listes d'espèces prioritaires à conserver à l'échelle régionale (FAO, 1977, 1985, 1986) établies sur la base des atouts socio-économiques et écologiques montrent que *Faidherbia albida* est l'une des espèces à protéger tout particulièrement face aux dangers qui menacent sa présence dans certaines régions d'Afrique sèche. Cependant ces recommandations sont limitées au niveau spécifique et ne prennent pas en considération l'étendue de la variation génétique intraspécifique ; aucune indication sur les facteurs qui déterminent la structure génétique des populations naturelles n'est disponible. Or à l'échelle spatiale et temporelle, ces éléments sont fondamentaux pour des mesures de conservation des ressources génétiques de *Faidherbia albida*. Cette espèce présente en effet une large distribution géographique, liée en grande partie à l'action de l'homme.

Faidherbia albida, dont la distribution géographique couvre essentiellement les zones sèches d'Afrique, présente une combinaison de caractéristiques utiles à l'homme, qui en fait une composante fondamentale des systèmes agrosylvopastoraux. Pourtant les menaces d'appauvrissement et d'extinction de certains peuplements sont signalées (P. MONTAGNE, 1984) et, parallèlement, la méconnaissance de la biologie de *Faidherbia albida* — notamment l'ignorance des facteurs qui

déterminent l'élaboration de la structure génétique des populations naturelles à l'échelle spatiale et temporelle — est un handicap pour la conservation dynamique des ressources génétiques de cette espèce.

Pour cette raison, nous avons évalué les flux de gènes intrapopulation afin de déterminer ceux qui sont les plus importants pour la gestion *in situ* des ressources génétiques de *Faidherbia albida*.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

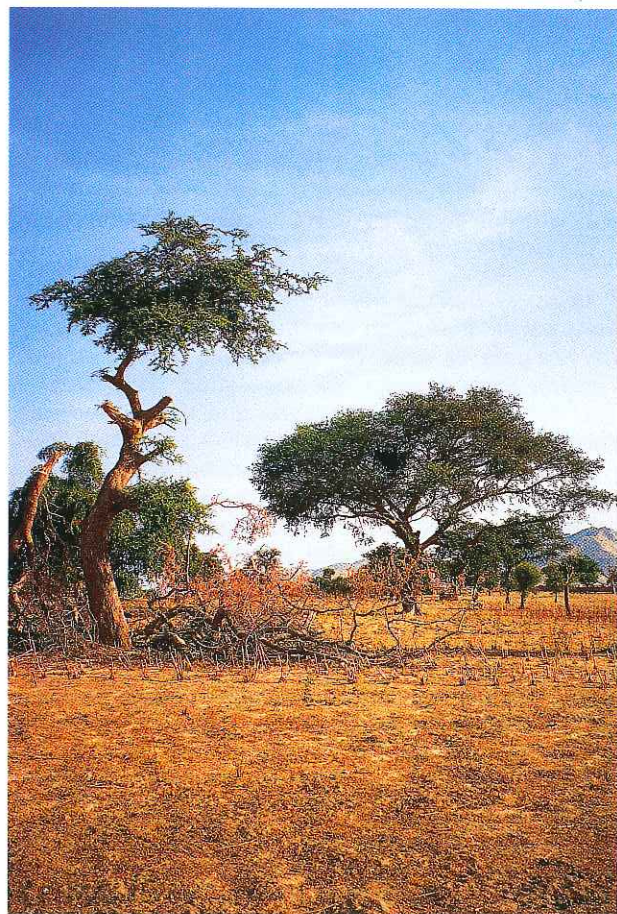
APERÇU SUR LES MÉTHODES

Notre approche a consisté à effectuer des observations sur la phénologie de la floraison (cinétique intra et interindividuelle) sur les arbres de deux populations naturelles du Nord-Cameroun (162 arbres et 115 arbres) localisées sur des sites écologiques différents, afin d'avoir des éléments d'information sur les possibilités de flux de gènes intrapopulation. Puis à l'aide de marqueurs isoenzymatiques (10 locus : Aap, Aco, Acp, Adh2-B-est, F-est, Lap1, Lap2, Me, Sdh) nous avons analysé le système de reproduction et la distribution spatiale des génotypes pour préciser les flux de gènes effectifs.

DESCRIPTION DES POPULATIONS ARBORÉES

Les populations de *Faidherbia albida* retenues sont situées l'une à 10 km à l'est de la ville de Maroua *, à Kongola sur sol sablo-argileux, et l'autre à Zamay sur vertisols, à environ 15 km à l'est de la ville de Mokolo. La pluviométrie annuelle moyenne dans ces régions oscille entre 600 mm et 800 mm. Les peuplements arborés présentent respectivement les caractéristiques dendrométriques suivantes : la hauteur moyenne est de 14,5 m et 13,1 m ; la circonférence, de 2,1 m et 2,0 m.

La population de Kongola est installée dans une zone cultivée (sorgho et coton) ; la pratique de l'élevage est associée à l'émondage des arbres en saison sèche. La distribution spatiale des arbres est régulière, la présence de semis montre l'existence de régénération. En admettant que la circonférence est corrélée à l'âge, la localisation en périphérie d'individus de faible circonférence et la prépondérance d'arbres de circonférence plus importante au centre de la population semblent indiquer que la régénération se déroule du centre vers la périphérie.



L'élagage, lorsqu'il est excessif (comme sur la photo), réduit la croissance des arbres et peut entraîner leur mort mais, modéré, il permet l'étalement de la floraison et renforce l'allogamie.

* Ndlr. On peut voir la position géographique de cette ville sur la carte du Nord-Cameroun, dans l'article de J.-M. HARMAND *et al.*, p. 271.

A Zamay, l'activité agricole est très limitée et l'élevage est marginal ; seule est notée la présence occasionnelle de bovins en transit pour la ville de Mokolo. La distribution spatiale des tiges est diffuse et allongée suivant le lit des cours d'eau temporaires ; par endroit, les arbres sont disposés en agrégats. Toutes les classes de circonférence ne sont pas représentées et aucune plantule n'a été observée. La population semble donc mal se régénérer.

La corrélation entre la circonférence et la hauteur totale (0,78) ou entre la circonférence et la hauteur du

houppier (0,76) dans la population de Zamay est plus élevée que la corrélation entre les mêmes séries de variables à Kongola (respectivement 0,58 et 0,59). A Kongola, ces faibles corrélations signifient que les arbres qui ont une grande circonférence ne sont pas forcément de grands arbres. Un élagage sévère en est vraisemblablement la cause car, d'après STERCK *et al.* (1991), l'élagage mal pratiqué et le stress hydrique sont des facteurs qui désorganisent les séquences de croissance des arbres. Les valeurs des corrélations plus importantes observées à Zamay traduisent le fait que les arbres n'ont pas été émondés fréquemment au cours de leur vie.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

COMMENT SE PRÉSENTE LA PHÉNOLOGIE DE LA FLORAISON DE CES POPULATIONS ?

- **Une durée de floraison très étalée qui renforce l'allogamie**

La durée du cycle de la floraison des deux populations est similaire, soit environ huit mois. La floraison de Kongola et celle de Zamay démarrent en septembre. Dans la première population, les arbres ne fleurissent plus après mai tandis que, dans la seconde, l'arrêt de floraison se situe en avril. A Kongola, l'étalement plus important de la floraison semble liée à l'émondage des arbres par les éleveurs. GUIDO (1989) signale, à ce titre, qu'un émondage convenablement pratiqué favorise une mise à fleur répétée et étalée. L'allongement de la floraison, induit par l'élagage, explique la présence de fruits en juin ou en juillet. Dans les deux populations, le chevauchement de la maturation, de la fructification et de la floraison est une conséquence de l'étalement de la floraison. Mais l'émondage est-il l'unique cause de la floraison répétée ? L'humidité de l'air ou la température peuvent être aussi associées à la floraison. Pour vérifier cette éventualité, sur la population de Kongola pour laquelle des observations phénologiques suivies ont été réalisées en 1991 et 1992, nous avons confronté les moyennes des données journalières de la température et de l'état hydrométrique de l'air sur 5, 10, 15, 20 et 30 jours avant la date d'observation, avec les valeurs correspondantes dans le temps du niveau de floraison, de fructification et de production en gousses. Il apparaît qu'un état hygrométrique élevé, avant la floraison, et une température basse ou modérée semblent favoriser la floraison et, dans une moindre mesure, la fructification et la maturation. Cependant, des caractéristiques intrinsèques à l'espèce peuvent également favoriser la floraison répétée ; en effet, le suivi de la flo-

raison des rameaux nous a permis d'observer que celle-ci est acropète * ; la durée de sa progression sur un rameau peut s'étaler sur 40 jours et la fin de la floraison peut se terminer lorsque commence la floraison sur une autre branche émondée ou pas. Le chevauchement des périodes de floraison interarbres apparaît comme un facteur qui renforce l'allogamie **.

- **Beaucoup de fleurs ne donnent pas de fruits**

A Kongola et Zamay, les pics de floraison sont atteints entre janvier et février, ils correspondent à une densité maximale de floraison, probablement en faveur d'un régime de reproduction panmictique ***. A Kongola, les corrélations de rang calculées entre le niveau de floraison, le niveau de fructification et le niveau de maturation des différentes périodes d'observation, indiquent que le passage de la floraison à la fructification se déroule moins bien que le passage de la fructification à la maturation ; c'est dire qu'une masse de fleurs importante ne donnent pas de fruits. On peut évoquer, pour expliquer ce phénomène fréquent chez les acacias (SAVOLAINEN, communication personnelle), la présence insuffisante de pollinisateurs, des conditions défavorables à la pollinisation ou à la nouaison, mais aussi une stratégie de l'espèce pour assurer l'attraction des pollinisateurs en produisant de très nombreuses fleurs.

* Qui progresse sur les rameaux de l'extrémité vers la base.
 ** Allogamie : caractéristique d'une espèce ou d'une population qui se reproduit par croisements entre individus différents.
 *** Panmictique : se dit d'une population dont les individus se croisent au hasard et dont l'appariement des gamètes est aléatoire.

• **Les pollinisations peuvent s'effectuer entre arbres de tailles très différentes**

Les résultats d'Analyses en Composantes Principales (ACP) effectuées avec les variables phénologiques ne permettent pas de caractériser des groupes de floraison qui se maintiennent d'une année sur l'autre dans les deux populations étudiées. En incluant les variables dendrométriques parmi les variables retenues pour réaliser les ACP, on observe qu'il n'y a pas de structuration de la floraison en fonction de la hauteur et de la circonférence. Pour ces raisons, les pollinisations devraient s'effectuer sans limitation entre arbres différents à chaque cycle de reproduction ; les flux géniques seraient donc peu limités. Une exception peut cependant être faite à Kongola pour les arbres de faible circonférence localisés en périphérie ; ces individus ont une floraison synchrone et précoce. Des échanges de gènes préférentiels peuvent donc s'établir au sein de ce groupe d'individus.

ORGANISATION ET STRUCTURATION SPATIALE DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION

• **Une importante diversité génétique à l'intérieur des populations d'arbres étudiées**

La variabilité génétique à Kongola ($H_T = 0,53$) et à Zamay ($H_T = 0,39$) est considérable. Ces valeurs sont plus élevées que celles obtenues chez les acacias australiens $H_T = 0,14$ (*Acacia crassicarpa*) et $H_T = 0,15$ (*Acacia auriculiformis*). Ces résultats sont conformes aux études de HAMRICK *et al.*, 1992, qui montrent que, de manière générale, la diversité génétique intrapopulation est importante chez les arbres. Chaque population est caractérisée par un excès d'hétérozygotes * ($F = -0,34$ à Kongola et $F = -0,29$ à Zamay). Cet excès est vraisemblablement lié à un régime de reproduction préférentiellement allogame. SOULÉ (1986) et HAMRICK (1979) s'accordent à dire que, d'une manière générale, les plantes allogames maintiennent un niveau de variabilité génétique élevé grâce à une hétérozygotie importante.

Les corrélations de rang calculées entre l'occurrence des allèles ** aux différents locus *** et la position des arbres suggèrent une faible structuration spatiale de la diversité génétique dans chaque population. A Kongola, cette structuration concerne les allèles Aap-1, Aap-2, Aco-1, Adh2-2, F-est-1, F-est-2, Lap2-1, Lap2-2, Lap2-3 et Me-2, A Zamay, il s'agit de Aco-1, Aco-2, Aco-3, Acp-3, Adh2-2, Adh2-3, B-est-1, B-est-2, B-est-3, F-est-3, Lap1-1, Lap1-2, Lap2-1, Lap2-2, Lap2-3, Sdh-1 et Sdh-3. En dehors de Aco-1, Adh2-2, Lap2-1, Lap2-2 et Lap2-3, les allèles pour lesquels on observe une struc-

turation spatiale de la diversité génétique des deux populations sont différents.

• **La distribution spatiale aléatoire des génotypes de faidherbia à Kongola pourrait être due aux apports de graines par le bétail**

A Kongola, la distribution spatiale des différents génotypes pour chaque locus dans chacun des secteurs géographiques est quasi régulière ; seuls deux arbres ont des génotypes identiques. La distribution spatiale des génotypes ne devrait donc pas limiter les échanges de gènes ****, entre les différents génotypes. On peut penser que la fondation de Kongola s'est faite à partir de différents génotypes, répartis de manière quasi aléatoire. L'apport des graines par le bétail qui vagabonde et pâture les gousses des arbres de peuplements différents peut expliquer cette situation. De nombreux auteurs attribuent également la dispersion de l'espèce au bétail *****. A Kongola, l'action du bétail expliquerait l'absence de structuration nette de la diversité allélique et la faible similitude génétique entre arbres voisins. Les données historiques qui signalent la forte présence d'éleveurs et d'agriculteurs lors de l'émergence de puissants lamidats ***** autour de Maroua, il y a trois siècles environ (BOULET *et al.*, 1972), attestent des conditions favorables à la dispersion de l'espèce dans la zone de Kongola.

• **Dans le parc de Zamay, la faible intervention de l'homme pourrait réduire les brassages génétiques**

A Zamay, la répartition spatiale des génotypes n'est pas régulière. La diminution de la densité dans certaines parties géographiques associée à l'absence de certains allèles montrent une certaine structuration de la diversité allélique. L'installation du peuplement s'est donc vraisemblablement déroulée avec des génotypes dont l'agrégation par endroit présente des petites familles. Ainsi, l'organisation en agrégats de génotypes similaires pourrait induire des croisements préférentiels entre arbres déjà apparentés.

* Hétérozygote : un individu diploïde est dit hétérozygote pour un gène donné si les deux allèles qu'il porte à ce gène sont différents.

** Allèle : état possible d'un gène.

*** Locus : position d'un gène sur un chromosome.

**** Gène : séquence d'ADN qui code pour une fonction enzymatique par exemple.

***** Ndlr. Références non citées ici, cf. l'article de D. DEPOMMIER, p. 9.

***** Lamidats : chefferies ou sultanats peuls.

A Zamay la diversité génétique considérable peut s'expliquer par la présence de populations d'éleveurs et d'agriculteurs qui ont effectivement coexisté autrefois, avant les migrations humaines plus récentes signalées vers la région de Maroua. Les activités agricoles et pastorales moins intenses actuellement peuvent expliquer l'agrégation spatiale en petits groupes d'arbres apparentés. En effet, la surface cultivée est relativement faible et la pratique de l'élevage est marginale. Il se pourrait que les graines à l'origine du parc arboré de Zamay aient été apportées par le bétail, mais aussi que les semences aient pu être drainées par les cours d'eau temporaires à partir de petits peuplements en amont. L'origine de graines moins diversifiées pourrait expliquer une diversité allélique moins importante.

Des recherches historiques complémentaires seront nécessaires pour confirmer que la fondation de Zamay est différente de celle de Kongola et que l'activité anthropique a tenu une part importante dans l'élaboration de la variabilité. On peut cependant conclure que les modalités d'usage des peuplements de *Faidherbia albida* n'ont pas réduit la diversité génétique de cette espèce à Kongola.

• **Les fécondations entre arbres différents sont plus élevées aux périodes d'intense floraison**

D'une année à l'autre et du début à la fin de floraison, les taux d'alofécondation multilocus estimés sont variables à Kongola (0,56 à 0,97) et à Zamay (0,74 à 0,91). Les estimations monolocus sont similaires. Les fortes valeurs du taux d'alofécondation et ses variations montrent que *Faidherbia albida* possède un système de reproduction flexible, les valeurs les plus élevées étant comparables à celles obtenues pour d'autres populations de l'espèce (0,89 à 1,0 ; JOLY *et al.*, 1992). Les taux d'alofécondation élevés correspondent aux périodes d'intense floraison et les valeurs les plus faibles sont atteintes lorsque la floraison s'achève. Les valeurs les plus élevées sont atteintes à Kongola. La variation moins forte au cours du temps du taux d'alofécondation à Zamay est vraisemblablement liée à la floraison plus courte et plus groupée des arbres.

• **Les fécondations croisées sont indépendantes de la densité des arbres en floraison**

Une observation attentive de l'évolution des taux d'alofécondation par rapport à celle de la densité des arbres en floraison permet de relever que la variation des valeurs des taux d'alofécondation ne s'ajuste pas absolument à celle de la densité de floraison. Ces observations sont en désaccord avec celles obtenues sur les espèces entomophiles pour lesquelles, en général, la densité de floraison est associée à la variation du niveau d'alofécondation.

A ce sujet, FURNIER et ADAMS (1986) soulignent le fait que les arbres isolés ont tendance à s'autoféconder. A Kongola comme à Zamay, lorsque le nombre d'individus en fleur augmente, les croisements entre arbres sont favorisés et le niveau d'alofécondation est élevé ; lorsque le nombre d'arbres en fleur baisse, le taux d'alofécondation se maintient élevé dans certaines conditions.

On peut donc penser que chez *Faidherbia albida*, des facteurs différents de la densité de floraison (conditions climatiques, éthologie des pollinisateurs, fertilité et réceptivité des stigmates) module- raient alors le niveau d'alofécondation. En ce qui concerne les pollinisateurs, la présence d'insectes ne devrait pas être limitante pour la pollinisation ; en effet, TYBIRK (1993) a identifié une large gamme d'hyménoptères (*Chrysilidae*, *Scoliidae*, *Mulidae*, *Eumenidae*, *Larridae*, *Bambicidae*) et de lépidoptères impliqués dans la pollinisation, mais on peut penser que le changement du comportement des pollinisateurs pourrait induire la variation du taux d'alofécondation.

Pour chaque récolte, la différence entre les estimations multilocus et monolocus du taux d'alofécondation est généralement plus importante à Zamay qu'à Kongola. La fréquence plus élevée de croisements entre apparentés dans la première population est vraisemblablement à l'origine d'un tel résultat. La similitude génotypique entre arbres plus forte à Zamay peut expliquer un tel phénomène.

• **La composition génétique du nuage pollinique varie plus que celle des ovules au cours de la saison de floraison**

A Kongola et à Zamay, la comparaison de la fréquence des allèles du pollen et celle des ovules d'une récolte à l'autre révèlent que, de manière générale, le nuage pollinique impliqué dans la reproduction est hétérogène au cours de la saison de floraison alors que, parallèlement, la population des ovules est relativement plus stable. Nous pensons qu'une production de pollen, dont la fertilité varie au cours de la saison (en fonction de l'humidité ou de la température), et une période de réceptivité des stigmates moins variable dans le temps peuvent en être la cause. L'asynchronisme interarbres peut renforcer cet effet, plus marqué à Kongola, en raison sans doute de la diversité génotypique plus importante. De plus, les différences entre la fréquence des allèles du pollen et celle des ovules pour chaque récolte traduisent que les allèles du pollen et ceux des ovules sont inégalement impliqués dans la reproduction au cours du temps ; ce phénomène est plus important à Kongola.

• **La variabilité génétique se réorganise régulièrement**

Des ACP ont été réalisées en considérant conjointement les variables phénologiques et les paramètres génétiques. Les résultats montrent que, dans chaque population, une recomposition permanente des groupes reproducteurs est associée à un renouvellement des associations d'allèles. Le polymor-

phisme aura donc tendance à être réorganisé au cours du temps.

La structure génétique et la distribution spatiale de la variabilité génétique dans les populations naturelles sont bien en rapport (comme le pensent HAMRICK (1985) et LOVELESS (1992)) avec le système de reproduction, la dispersion des graines et la dynamique temporelle de la floraison ; elles dépendent aussi de l'interaction entre ces différents facteurs.

IMPLICATIONS DES RÉSULTATS DANS LA GESTION DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES DE *FAIDHERBIA ALBIDA*

ASPECT DENDROMÉTRIQUE RÉGÉNÉRATION NATURELLE, DISPERSION DES SEMENCES ET PRODUCTION DE GOUSSES

■ **Les parcs à faidherbia bien gérés s'étendent vers leur périphérie**

La répartition spatiale des arbres en fonction de leur circonférence a révélé que, pour les populations étudiées, l'anthropisation influence la régénération naturelle. En effet, dans un parc agroforestier, la physionomie pourrait être caractérisée par un noyau central composé d'arbres autour duquel s'installe progressivement vers la périphérie les autres individus * ; il y aurait alors un gradient temporel de régénération naturelle du centre vers la périphérie. Tandis que, dans une population faiblement anthropisée comme à Zamay, l'organisation spatiale des arbres en fonction de la circonférence est diffuse, sans véritable structuration en fonction de l'âge. Divers travaux montrent que les parcs agroforestiers à *Faidherbia albida* en Afrique de l'Ouest, de l'Est et australe sont caractérisés par des physionomies variables (DEPOMMIER, 1991 ; JANODET, 1990). Il s'avère prudent de vérifier l'éventualité d'une organisation spatiale en fonction de l'âge sur d'autres peuplements anthropisés avant de pouvoir généraliser nos résultats **. En admettant leur généralisation, l'une des utilisations pratiques concerne la planification de la récolte des gousses. A cet effet, il s'avérerait pertinent d'entreprendre la récolte en périphérie sur les jeunes arbres relativement précoces et de l'étendre ensuite sur les autres arbres plus âgés dont la production est plus étalée.

■ **Le bétail a certainement une place prépondérante dans la régénération de l'espèce**

La production abondante de gousses montre que la reproduction de l'espèce ne constitue pas un problème. Cependant, nous avons observé à Kongola que le bétail ingère presque en totalité les gousses du peuplement, celles qui tombent au sol et celles qui sont obtenues par émondage. Les graines à l'origine de la population passent par le tube digestif des animaux qui, par leur déjection, assurent la dissémination. Pour D. DEPOMMIER ***, le bétail agirait sur le potentiel de régénération en réduisant le nombre de graines, mais en favorisant leur dispersion dont, par ailleurs, la levée serait diffuse ; ces graines répondraient ainsi mieux aux conditions écologiques de zones sèches. Tout en réglant la densité de *Faidherbia albida* pour autoriser l'agriculture, nous pensons que le paysan sélectionne les individus vigoureux. A Kongola, la régénération est attribuée à la reproduction sexuée ; la dynamique spatiale de la régénération naturelle, telle que nous l'avons observée pour une population anthropisée, laisse penser que le paysan doit probablement intervenir pour l'organiser dans l'espace. Les différences dans la répartition spatiale des arbres entre Kongola et Zamay

* Ndlr. Concernant l'extension concentrique des parcs, cf. également les articles de C. BERNARD *et al.*, p. 173, et C. SEIGNOBOS, p. 153, dans le même recueil.

** Ndlr. Dans les parcs anciens, il y a également renouvellement des vieux individus dans la partie centrale du peuplement.

*** Ndlr. Cf. l'article de D. DEPOMMIER, p. 9 sur la production fruitière de *Faidherbia albida*.



Le bétail disperse les graines et assure une répartition spatiale des génotypes presque aléatoire à l'échelle du parc (sur la photo troupeau sous faidherbia en pays Dogon, Mali).

semblent réellement confirmer que la structure spatiale est un témoin de l'activité anthropique comme le signalait déjà SEIGNOBOS (1978).

A Kongola comme à Zamay, il semble que le bétail ait une incidence sur la fondation des populations, sur la dynamique spatiale de la régénération et l'eau pourrait également assurer une certaine dispersion des graines. Ce moyen de dissémination est probablement à l'origine de la forme des peuplements de Makary et Adoumri (Nord-Cameroun) qui sont décrits par GIFFARD (1969) comme étant diffus et étalés le long d'une rivière (les facteurs morphopédologiques doivent aussi être pris en considération dans les réflexions sur la répartition spatiale des peuplements de *Faidherbia albida* qui se développe mieux sur des sols d'alluvions). A l'échelle d'un site comme Kongola, sur de courtes distances, le suivi du petit bétail permettrait de préciser son rôle sur le devenir du parc. L'étude de la sylviculture menée par les paysans, qui se traduit par la sélection et la protection des plants, fournirait par ailleurs des informations sur la dynamique et le fonctionnement des parcs à *Faidherbia albida*.

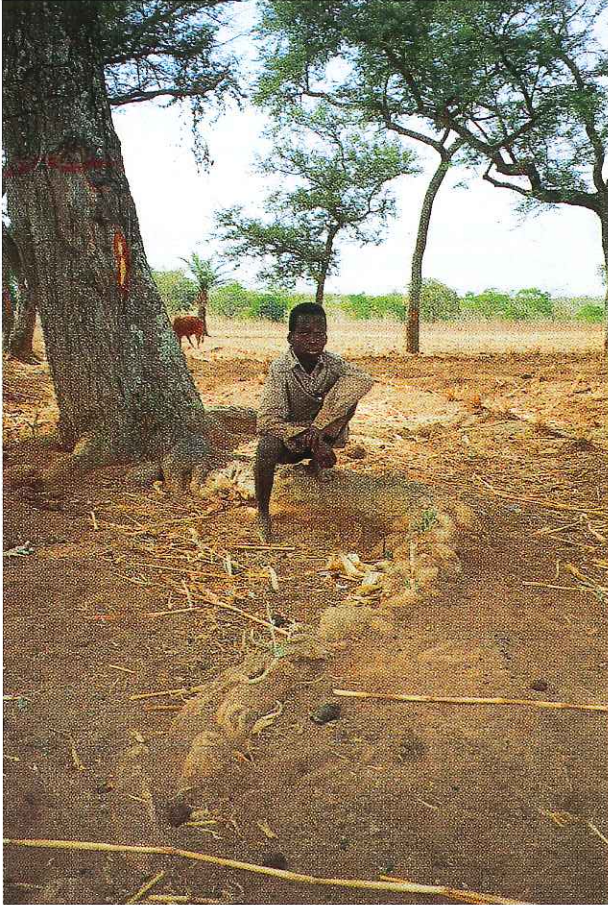
A l'échelle du continent, la dispersion de l'espèce est plutôt attribuée au grand bétail (bovins) qui couvrent de grands espaces lors des transhumances. En l'absence de l'action de l'homme et des animaux domestiques, les animaux sauvages (antilopes, éléphants) constituent sans doute des facteurs de dissémination. L'histoire des mouvements migratoires des populations humaines comportent sans doute des points de repères qui dateraient la dissémina-

tion du faidherbia en zone sèche, à travers le continent africain. A cet effet, l'étude des mouvements migratoires des pasteurs peuls serait très informative.

REPRODUCTION SEXUÉE OU REPRODUCTION VÉGÉTATIVE ?

A Kongola comme à Zamay, la reproduction par voie végétative est négligeable ; en revanche, par contre ce mode de reproduction préférentiel en Israël (limite nord de l'aire naturelle) a sans doute des implications sur la structure génétique des populations *. A l'intérieur de l'aire naturelle, des dragons ont été observés (BONKOUNGOU, 1986). *Faidherbia albida* comme d'autres ligneux des savanes africaines : *Combretum spp.*, *Guiera senegalensis* (CATINOT, 1994) possède a un large potentiel d'adaptation si bien que la reproduction par voie végétative ou sexuée est possible. L'identification des facteurs qui déterminent l'orientation de l'arbre vers l'une ou l'autre de ces voies clarifierait la stratégie adaptative de l'espèce.

* Ndlr. En limite méridionale de l'espèce (zone soudano-guinéenne), la reproduction végétative semble aussi importante (cf. articles de C. BERNARD *et al.*, p. 173, de OUEDRAOGO *et al.*, p. 191 et de D. DEPOMMIER, p. 9.



Au premier plan devant le petit garçon, drageons sur une racine superficielle de *Faidherbia* : la photo est prise en zone sud-soudanaise (Côte-d'Ivoire) où la reproduction végétative est attestée.

■ **La diversité génétique des semences varie au cours de l'année : il faut en tenir compte pour l'évaluer**

Comme chez *Cavanillesia platinifolia* (MURASWKY *et al.*, 1990), le niveau d'allofécondation de *Faidherbia albida* des populations étudiées ne s'ajuste pas strictement à la densité de floraison. Pour échantillonner la diversité génétique de telles populations, il est important de déterminer de manière précise l'époque de récolte des graines pour obtenir un échantillon représentatif de la variabilité génétique. Les graines issues d'une densité de floraison minimale ou de la fin de floraison ont moins de chance de provenir d'un large brassage génétique. C'est pourquoi nous pensons que les périodes indiquées sont celles qui correspondent à la production de graines provenant d'une densité élevée de floraison qui est associée à un taux d'allofécon-

dation important. Il serait cependant possible d'envisager des prévisions approximatives sur l'époque de floraison massive en se référant au niveau des précipitations. En effet, nous avons mis en évidence une relation entre le niveau anormalement élevé des précipitations en 1992 et le décalage (deux mois environ) de la période d'intense floraison à Kongola. Des observations conduites sur un plus grand nombre d'années et de peuplements permettraient de préciser ces résultats.

■ **Il convient également de tenir compte de la répartition spatiale de la diversité génétique**

Nous avons précédemment établi que la structure spatiale est un témoin de l'activité anthropique et que la forme allongée de la distribution des arbres à Zamay montre une répartition spatiale des différents génotypes et des différents allèles moins aléatoire qu'à Kongola où la répartition des arbres est plutôt régulière. Nous pensons, à cet effet, que la structure spatiale doit être également prise en considération pour mieux échantillonner la diversité de populations naturelles, compte tenu de l'organisation de la diversité génétique qui s'est révélée différente d'une population à l'autre.

■ **L'élagage modéré augmente les flux de gènes intrapopulation**

L'allogamie préférentielle au niveau d'une population est associée à la recombinaison permanente des groupes de floraison. L'élagage considéré comme un moyen de mise à fleur peut aussi favoriser les échanges de gènes intrapopulation. C'est un mode de gestion qui renforce l'allogamie par l'étalement de la floraison et qui est donc « favorable » à l'espèce, en ce sens qu'il aide à créer de nouveaux génotypes à chaque génération. L'élagage permettrait ainsi de limiter les effets de fondation des populations naturelles et serait un moyen de contrôle des flux de gènes par le biais du pollen ; il permet donc, en quelque sorte, de « gérer » la diversité génétique.

■ **Pour une gestion dynamique des ressources génétiques avec les agriculteurs et les éleveurs...**

Faidherbia albida supporte mal la concurrence herbacée et les feux (MONTAGNE, 1984) ; il ne semble donc pas prédisposé à soutenir la compétition interspécifique en zone sèche. On peut par ailleurs penser qu'en l'absence de dispersion des graines par le bétail, des cercles de consanguinité peuvent se constituer



Dans certains cas, la conservation des ressources génétiques peut être assurée par réintroduction en milieu rural (sur la photo plantation d'une dizaine d'années au Cameroun).

autour des pieds-mères, ce qui pourrait conduire, à terme, à des pertes de vigueur chez les descendants.

Au nord du Cameroun, près du lac Tchad, le dépérissement de certains peuplements est vraisemblablement lié à la baisse de la pluviométrie ; cependant l'arrêt des cultures dans les parcs, liée à la migration des populations humaines, est certainement un facteur qui accentue les risques pesant sur les ressources génétiques de cette zone.

Des récoltes de semences pour la conservation *ex situ* devront être réalisées pour la préservation de certains peuplements qui sont réellement en danger immédiat de disparition ; cependant, la préservation dynamique *in situ* des ressources génétiques de *Faidherbia albida* ne peut s'envisager qu'en collaboration avec les principaux acteurs humains : les agricul-

teurs et les pasteurs. La sensibilisation des populations humaines aux problèmes de la conservation des ressources génétiques forestières devra être entreprise et des modalités de gestion devront être élaborées en prenant en considération la biologie de l'espèce afin d'en préserver les potentialités.

■ **...Et une prise en compte de la conservation des ressources génétiques par les Services de recherche et de développement**

Les forestiers devraient se pencher avec sérieux et détermination sur l'élaboration de normes d'aménagement adaptées aux réalités biologiques, sociales et économiques pour garantir l'utilisation optimale et raisonnable des ressources génétiques de *Faidherbia albida*, composante essentielle des systèmes agrosylvopastoraux de zone sèche. ■

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONKOUNGOU (E.G.), 1986. — *Acacia albida* (Del.). Un arbre à usages multiples pour les zones arides et semi-arides, Ressources Génétiques Forestières. Rome, Italie, FAO, 13 : 39-45.
- BOULET (J.), 1972. — Les populations du Nord-Cameroun (Monts Mandara). Travaux et documents de l'ORSTOM, Paris, France, 23, 1 vol., 227 p.
- CATINOT (R.), 1994. — Aménager les savanes boisées africaines, un tel objectif semble désormais à notre portée. *In* : Bois et Forêts des Tropiques n° 241, p. 53-67.
- C.T.F.T., 1988. — *Faidherbia albida* (Del. A. Chev.). Monographie. Nogent-sur-Marne, France, C.T.F.T., 72 p.
- DEPOMMIER (D.), 1993. — Production fruitière et devenir des semences de *Faidherbia albida*, la part des insectes spermatophages et du bétail dans la régénération de l'espèce dans le parc de Watinoma, Burkina Faso. Communication faite au Symposium International ICRAF/IRBET/CILSS/LTC sur « Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest », Ouagadougou, Burkina Faso, 25-27 octobre, 19 p.
- F.A.O., 1985. — Ressources génétiques forestières. Informations n° 13. Rome, Italie, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 99 p.
- F.A.O., 1986. — Ressources génétiques forestières. Informations n° 10. Rome, Italie, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 120 p.
- FURNIER (G.R.), ADAMS (W.T.), 1986. — Mating system in natural populations of Jeffrey pine. *Amer. J. Bot.* 73 : 1009-1015.
- GIFFARD (P.L.), 1971. — Recherches complémentaires sur *Acacia albida* (Del.). Bois et Forêts des Tropiques n° 135, p. 3-20.
- GUIDO, 1989. — Hedges for resource-poor land users in developing countries. Eschborn, Germany, Technical Cooperation. p. 237.

- HAMRICK (J.L.), LINHART (Y.B.), MITTON (J.B.), 1979. — Relationships between life-history characteristics and electrophoretically detectable genetic variations in plants. *Ann. Rev. Eco. Syst.*, 10 : 173-200.
- HAMRICK (J.L.), SCHNABEL (A.), 1985. — Understanding the genetic structure of plant populations : some old problems and a new approach. *In* : *Biomathematics n° 60, Population genetics in forestry*. Gregorius (Eds), Springer Verlag, p. 50-70.
- HAMRICK (J.L.), MARY JO (W.), SUSAN (L.), SHERMAN-BROLES, 1992. — Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. *New Forests* 6 : 95-124.
- JANODET (E.), 1990. — Les parcs à *Faidherbia albida* sur le terroir de Watinoma (Burkina Faso). Diagnostics préliminaires à la mise en place d'expérimentations. Mémoire D.E.A., Paris, ENGREF, 70 p.
- JOLY (H.I.), ZEH-NLO (M.), DANTHU (P.), AYGALANT (C.), 1992. — Population genetics of an African *Acacia albida*. I. Genetic diversity of populations from West Africa. *Aust. J. Bot.*, 40, p. 59-73.
- KARSHON (R.), 1976. — Clonal growth patterns of *Acacia albida* (Del.). *Bulletin of the International Group for the study of Mimosoideae*, 4 : 28-30.
- LOVELESS (M.D.), 1992. — Isozyme variation in tropical trees : Patterns of genetic organization. *In* : *Population Genetics of Forest Trees*, W.T. ADAMS, S.H. STRAUSS, D.L. COPES and A.R. GRIFFIN (Eds), Boston, Kluwer Academic Publishers, p. 67-94.
- MONTAGNE (P.), 1984. — *Faidherbia albida* : un arbre, un projet. *Bois de feu*, 9 : 15-20.
- MURAWSKI (D.A.), HAMRICK (J.L.), HUBELL (S.P.), FOSTER (R.B.), 1990. — Mating systems of Bombacaceous trees of a neotropical moist forest. *Oecologia*, 82 : 501-506.
- O'MALLEY (D.M.), BAWA (K.S.), 1978. — Mating system of a tropical rain forest tree. *Am. J. Bot.*, 74 : 1143-1149.
- SEIGNOBOS (C.), 1978. — Végétation de clôture et systèmes de défense végétaux pré-coloniaux de la zone soudano-sahélienne (Tchad et Nord-Cameroun). *Annales de l'Université du Tchad*, p. 1-58.
- SOULE (M.E.), 1986. — Applications of genetics and population biology : the what, where and how of nature reserves. *In* : *Conservation, Science and society : The contributions of biosphère reserves for human welfare*. J. McNEELY and NAVID (Eds). Paris, Unesco.
- STERCK (F.J.), VAN DER ZANDT (G.J.A.W.), OLDEMAN (R.A.A.), 1991. — Architectural development of *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. *In* : *Physiologie des Arbres et Arbustes en Zones Arides et Semi-arides*. A. RIEDACKER, E. DREYER, C.PAFADNAM, H. JOLY et G. BORY (Eds), Groupe d'Etude de l'Arbre. Paris, John LIBBEY EURO-TEXT, p. 249-256.
- TYBIRK (K.), 1993. — Pollination, breeding system and seed abortion in some acacias *Botanical Journal of the Linnean Society*, 112 : 107-137.

Martin ZEH-NLO
 Université de DSCHANG
 Faculté des Sciences Agronomiques
 BP 222
 DSCHANG, Cameroun

Hélène I. JOLY
 Unité de Recherche Diversité et Amélioration Génétique
 CIRAD-Forêt / Baillarguet
 BP 5035
 34032 MONTPELLIER CEDEX 1, France

RÉSUMÉ

Au Nord-Cameroun, près de Maroua, les auteurs ont étudié la diversité génétique de 277 faidherbias dans deux parcs arborés. Celui de Kongola est encore très utilisé par les populations pour y cultiver et y faire pâturer le bétail ; il s'étend vers sa périphérie où l'on trouve beaucoup de jeunes arbres. Le parc de Zamay, au contraire, est peu valorisé et compte peu de jeunes individus.

Les différents faidherbias ont été repérés spatialement ; ils ont fait l'objet d'un suivi de la phénologie et de la floraison ; les flux de gènes intrapopulation ont été estimés grâce aux marqueurs isoenzymatiques.

On a constaté que la longue durée de la floraison, qui est vraisemblablement allongée par l'élagage à Kongola (de septembre à mai), renforce l'allogamie. Il n'y a pas de groupes de floraison en fonction de la hauteur et de la circonférence, si bien qu'il peut y avoir fécondation entre vieux et jeunes arbres. La variabilité génétique est importante à Zamay ($H_T = 0,39$) mais plus encore à Kongola ($H_T = 0,53$). À Kongola, la distribution spatiale aléatoire des génotypes de faidherbias pourrait être due aux apports de graines par le bétail.

Les fécondations entre arbres sont plus élevées aux périodes d'intense floraison mais sont indépendantes de la densité des arbres. La composition génétique du nuage

pollinique varie beaucoup au cours de la saison de floraison.

Les résultats obtenus ont des implications pour l'étude et la gestion des ressources génétiques de *Faidherbia albida* :

- pour évaluer la diversité génétique d'une population, il faut récolter les graines provenant d'une période de densité élevée de floraison ou de plusieurs passages successifs ;

- il faut également tenir compte de la répartition spatiale des individus pour échantillonner correctement ;

- on ne peut pas condamner l'élagage car celui-ci, lorsqu'il reste modéré et étalé, allonge la période de floraison et augmente les flux de gènes intrapopulation, tout en fournissant des produits aux populations.

En conséquence, on doit envisager une gestion dynamique des ressources génétiques avec les agriculteurs et les éleveurs dont les pratiques agissent sur la diversité génétique ; la conservation de lots de semences dans une banque de gènes ne sera qu'un appoint, nécessaire pour des peuplements en danger immédiat de disparition.

Mots-clés : *Faidherbia albida*. Variation génétique. Génotype. Floraison. Conservation du matériel génétique. Ressource génétique. Pool de gènes. Gestion des ressources.

ABSTRACT

In northern Cameroon, near Maroua, the authors studied the genetic diversity of 277 faidherbias in two parklands. The Kongola parkland is still being widely used by local people for crops and livestock grazing. There are many young trees growing towards its boundaries. Little use is made of the Zamay parkland, on the other hand, and it has few young specimens.

The different faidherbias have been spatially located. Their phenology and flowering have been monitored ; gene flows within population were estimated using isozyme markers.

It has been noted that the long flowering period, which is likely prolonged by pruning at Kongola (September to May), reinforced cross-fertilization. There are no groups of flowering trees based on height and circumference, with the result that there may be crosses between old and young trees. Genetic variability is significant at Zamay ($H_T = 0.39$), but even more so at Kongola ($H_T = 0.53$). At Kongola, the random spatial distribution of faidherbia genotypes might be due to seed input by livestock.

Cross-pollination between trees is higher in periods of intense flowering, but is not associated with tree density. The genetic composition of the pollen pool varies largely during the flowering season.

The findings have implications for the study and management of *Faidherbia albida* genetic resources :

- to evaluate the genetic diversity of a population, it is important to harvest seeds coming from a period of high flowering density, or from several successive phases ;

- it is also important to take into account the spatial distribution of the trees in order to make a proper sampling ;

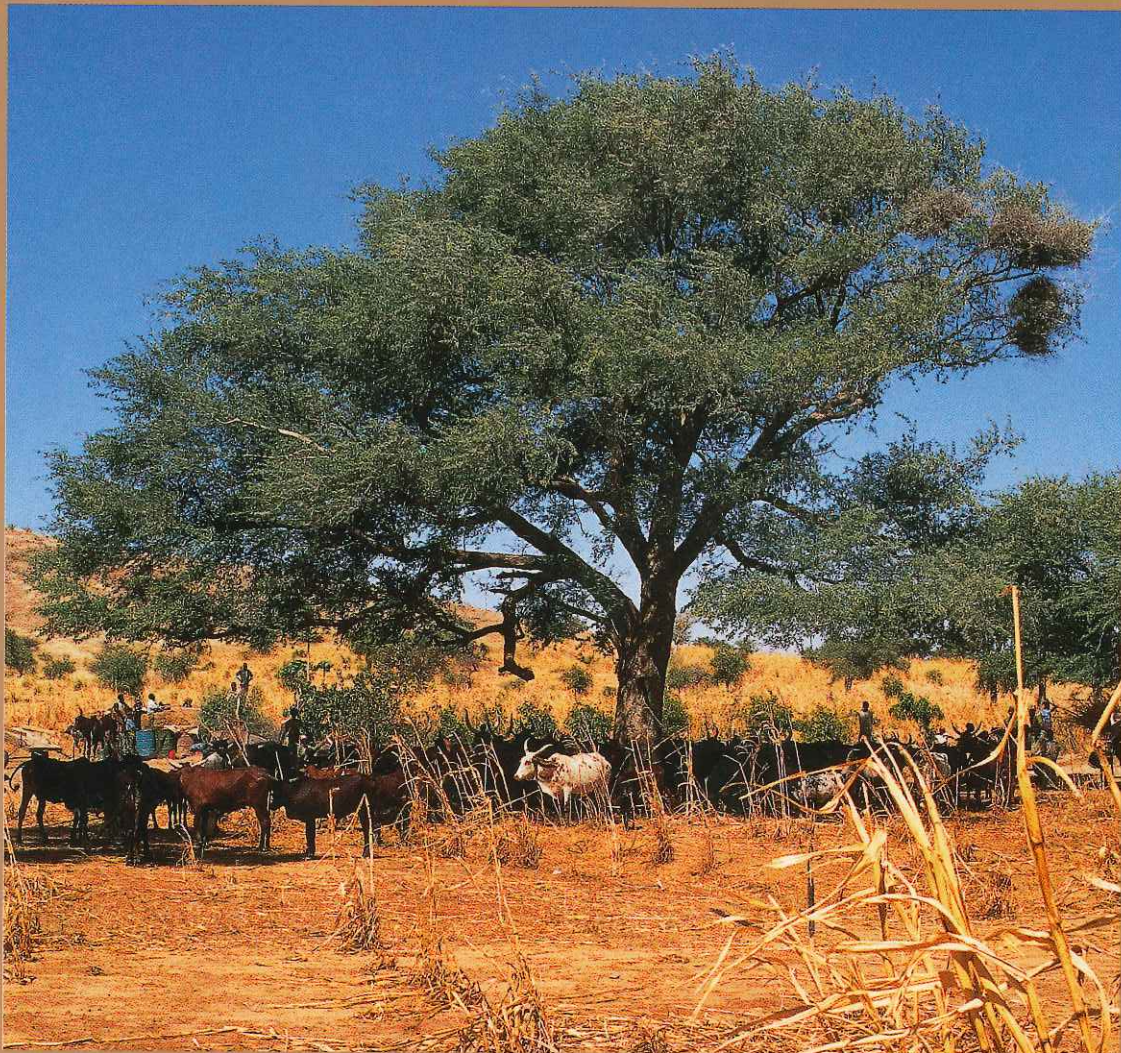
- pruning cannot be banned, because when it remains moderate and staggered, it prolongs the flowering season, and increases the gene flow, within population and provides products for local people.

Consequently, the management of the genetic resources of *Faidherbia albida* has to be established as a dynamic process involving farmers and shepherds whose activities may modify genetic diversity ; the ex situ conservation of seed lots in a seed bank will only be a complementary action, useful for endangered stands.

Key words : *Faidherbia albida*. Genetic variation. Genotype. Flowering. Germplasm conservation. Genetic resources. Gene pools. Resources management.

CAHIERS SCIENTIFIQUES N° 12

LES PARCS À FAIDHERBIA



pourront faire eux-mêmes des sélections au fur et à mesure, sur les critères qu'ils estiment prioritaires en un lieu et à une date donnée. Lorsque les plants ou la main-d'œuvre seront en quantité limitée, on pourra retenir l'idée de R. VAN DEN BELDT de ne planter des arbres que sur les meilleures microstations identifiées par la bonne venue de la culture précédente.

En zone sud-soudanienne, on limitera l'introduction de *Faidherbia albida* au premier anneau de terres agricoles fumées par le bétail et travaillées manuellement qui sont situées autour des villages d'agropasteurs. C'est une zone où le bétail se repose en saison sèche et où les femmes pratiquent des cultures de case (légumes, maïs doux, tabac...) ; sur ces parcelles, les dégâts d'oiseaux et de rongeurs sont faciles à contrôler, et les racines souvent superficielles ne sont pas très gênantes.

En zone sahélienne, c'est surtout dans les bas-fonds bien alimentés en eau souterraine (type Dallol au Niger) que l'on cherchera à renouveler les parcs vieillissants ou à réintroduire l'arbre, lorsque celui-ci aura été décimé par la sécheresse, mais il faudra le faire en sachant bien que toute l'eau utilisée par l'arbre ne sera plus disponible dans les puits !

Faidherbia albida n'est donc pas une espèce miracle, et c'est tant mieux ! Espèce d'arbre presque ordinaire avec ses défauts (graves) et ses qualités (énormes), il convient de l'utiliser avec subtilité. C'est un outil précieux que les paysans individuels (rarement) ou les communautés villageoises (le plus souvent) peuvent utiliser pour diversifier et sécuriser leur production et préserver leur patrimoine de sol et de biodiversité car, dans des conditions bien précises, il possède le meilleur rapport qualité/coût.

Les scientifiques ont le devoir de continuer à mieux connaître cet arbre, à mieux le situer dans son environnement (le plus souvent anthropisé) et à diffuser leurs connaissances auprès de ceux qui sont chargés d'éduquer et d'encadrer les agriculteurs et les éleveurs des zones soudanienne et sahélienne.

Je terminerai d'ailleurs en félicitant les auteurs d'avoir commencé ou poursuivi la vulgarisation de leurs connaissances en participant à la rédaction de cet ouvrage, tâche ingrate et souvent mal reconnue pour les scientifiques. En leur nom, je remercie enfin Joëlle FRESNEAU qui en a assuré le secrétariat.

Régis PELTIER

LES PARCS À FAIDHERBIA

Cet ouvrage est publié par le CIRAD-Forêt avec le concours des Départements E.M.V.T. et C.A. du CIRAD, de l'ORSTOM, des Centres de Recherches Agronomiques Africains regroupés au sein de la CORAF (IDFOR de Côte-d'Ivoire, IRA du Cameroun, IRBET du Burkina Faso, ISRA du Sénégal) et de plusieurs organismes de recherche et de développement (D.N.E.F. du Mali, ICRISAT et D.E. du Niger, Université de Dschang du Cameroun, INRA, Université Paris VI et Ministère de la Coopération en France).



CIRAD-Forêt

Centre international de Baillarguet
B.P. 5035
34032 MONTPELLIER CEDEX 1 - FRANCE
Tél. : 67 61 58 00 - Télécopie : 67 59 37 55

PRÉFACE

L'objectif de la recherche agronomique africaine est d'aider le monde rural à mieux gérer son environnement en produisant plus, mieux, avec une bonne rentabilité économique et en préservant au mieux son capital sol et biodiversité.

Pour ce faire, il faut mettre au point ou améliorer des systèmes de culture qui rendent compatibles les différentes productions (cultures vivrières et de rente, production animale, bioénergie) qui réduisent les intrants et maintiennent à long terme la vie biologique des sols et de tout l'environnement.

C'est pourquoi il nous semble essentiel d'encourager les recherches sur les systèmes agrosylvopastoraux, dans lesquels les parcs à *Faidherbia albida* restent irremplaçables.

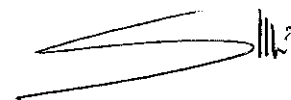
Ces systèmes sont traditionnels en Afrique soudanienne mais leur fonctionnement est si subtil qu'il reste mal connu des chercheurs. Quant aux paysans, si des siècles de pratique leurs ont permis d'en cerner les intérêts et les limites dans des conditions écologiques et socio-économiques données, ils ne savent pas bien comment les faire évoluer lorsque leur environnement change pour diverses raisons.

Pour de telles études, il est absolument nécessaire d'avoir une approche multidisciplinaire. Il faut en effet comprendre par des enquêtes sociologiques les comportements des paysans, il faut mieux connaître le fonctionnement de l'arbre, du sol, des cultures, appréhender les inter-relations, les synergies, évaluer les productions et tester des méthodes d'amélioration en définissant leurs potentialités et leurs limites.

Par ailleurs, si de tels systèmes ont été véhiculés à travers l'Afrique de savanes par les peuples d'agropasteurs, pourquoi les chercheurs devraient-ils s'enfermer au sein de leurs frontières ? Il est particulièrement fructueux de pouvoir mener des travaux dans différents pays, car ceux-ci se complètent et permettent des comparaisons.

Je suis donc heureux que soient aujourd'hui publiées ces recherches qui s'inscrivent parfaitement dans la logique de la CORAF en général et du Projet Garoua II en particulier. Celles-ci auront contribué à éclairer un certain nombre de points et à ouvrir de nouvelles pistes à la recherche, tout en donnant de précieuses recommandations au développement.

Que soient remerciés tous les chercheurs qui ont contribué à cet ouvrage, le comité de lecture parmi lequel se trouvaient certains de ceux qui ont ouvert la voie aux recherches sur les parcs comme P. PELISSIER, ainsi que l'éditrice F. LAVAUX et l'éditeur scientifique R. PELTIER.



L. SEINY BOUKAR
Directeur du Projet Garoua II

NOTE DE L'ÉDITEUR SCIENTIFIQUE

Vous venez d'ouvrir cet ouvrage avec le désir, si vous êtes un chercheur spécialisé dans l'un des domaines qui recouvre *faidherbia*, d'élargir vos horizons à d'autres disciplines. Si vous êtes plutôt un généraliste, sans doute avez-vous des idées simples mais belles, presque poétiques, sur cet arbre paré de toutes les vertus par la littérature : arbre miracle du Sahel ; arbre capable d'être vert en pleine sécheresse, donc sobre a priori ; arbre anticonformiste qui perd ses feuilles en saison des pluies pour ne pas ombrager les semis, puis les reprend au moment de la maturation pour protéger le sol tout au long de la saison sèche suivante et produire un complément fourrager azoté ; arbre aimé des populations, parfaitement intégré dans la tradition de la plupart des peuples d'agropasteurs et protégé jalousement par les pouvoirs traditionnels et modernes ; arbre auquel se sont intéressés les chercheurs depuis des décennies ; arbre fétiche des ONG agroforestières qu'elles ont propagé avec succès.

A vous lecteur déjà acquis à la cause de cet arbre, et aux autres plus sceptiques, je conseillerai tout d'abord de lire ou de relire l'abondante littérature * qui a déjà été produite sur *faidherbia*.

Mais si tant de choses ont déjà été dites sur ce sujet, quelles nouveautés vous apportera cet ouvrage ? Des travaux en cours ou réalisés dans les années 90, mais pas encore publiés, et en priorité ceux réalisés par le projet Garoua II du Nord-Cameroun au sein duquel est née l'idée de cette publication, ceux menés par, ou avec, le CIRAD-Forêt qui finance cette publication, ainsi que quelques autres effectués par des partenaires extérieurs.

- **La première partie** regroupe des données sur le fonctionnement et les productions de l'arbre *faidherbia* : comment se reproduit-il, à quelle vitesse pousse-t-il en parcs traditionnels, que produit-il comme fourrage, comment résiste-t-il à la sécheresse ?
- **La deuxième partie** rassemble des données, hélas trop peu nombreuses, concernant l'influence des arbres sur la production des cultures ; on y trouvera la description des méthodes utilisées et des résultats originaux, en particulier sur le coton.
- Dans **la troisième partie**, ce n'est plus l'arbre isolé, l'arbre et l'animal ou l'arbre avec la culture qui sont étudiés séparément ou en binôme, mais le « système parc » dans son ensemble, pris à l'intérieur d'un terroir villageois, d'un système

* Citons sans être exhaustifs : la monographie de *Faidherbia albida*, version française ou anglaise, publiée par le CIRAD-Forêt en 1988, les actes de l'atelier ICRISAT/ICRAF de Niamey édités par VAN DEN BELDT en 1992 sous les auspices de l'ICRAF ; le recueil « Physiologie des arbres et arbustes en zone aride et semi-aride » édité par A. RIEDACKER *et al.*, du Ministère Français de la Coopération ; la monographie de *faidherbia* publiée par l'IRBET en 1987, sous la responsabilité de E. BŌNKOUNGOU...

agraire ou d'une région. Nos collègues géographes et ethno-socio-économistes ont ici principalement la parole... ou plutôt se font les interprètes de la parole des agriculteurs et des pasteurs.

- **La quatrième partie** pose la grande question : Faut-il planter des faidherbias ? Où ? (même si certains éléments de réponse ont déjà été donnés dans les articles précédents), avec quel matériel végétal, quels symbiotes associées...

Bien entendu de nombreuses questions resteront en suspens mais, à travers les articles et, au-delà, en se référant à l'abondante bibliographie citée par les auteurs, je pense que vous en apprendrez beaucoup sur le faidherbia, y compris des choses surprenantes...

Enfin que ceux du Nigeria, du Mali, du Sénégal, d'Afrique de l'Est... qui n'ont pu se joindre à nous, veuillez bien nous pardonner, et c'est de tout coeur que nous leur souhaitons d'écrire une suite à ce livre, tant, on le verra, il reste de recherches à mener sur ce thème.

Ah ! J'oubliais. Fallait-t-il dire *Acacia albida* ou *Faidherbia albida* ? Pour ma part, je n'ai pas voulu entrer dans cette vieille querelle et j'ai laissé aux différents auteurs le choix d'utiliser le nom scientifique qu'ils ont souhaité. Par contre, j'ai estimé que le mot « faidherbia » utilisé depuis des décennies par les scientifiques francophones pouvait être considéré comme étant le nom commun français (donc accordé au pluriel) qui désigne cet arbre, même si d'autres préfèrent les mots « cad », « gao », « tchaski », « balanzan »... qui restent, à mon avis, des noms plutôt régionaux.

Bonne lecture !

Régis PELTIER

LES PARCS À FAIDHERBIA

PREMIÈRE PARTIE : L'ARBRE FAIDHERBIA

9

PRODUCTION FRUITIÈRE ET DEVENIR DES SEMENCES DE *FAIDHERBIA ALBIDA*

La part des insectes spermatophages et du bétail dans la régénération de l'espèce

par Denis DEPOMMIER, agroforestier, CIRAD-Forêt/IRBET

23

CROISSANCE DE *FAIDHERBIA ALBIDA* DANS LES PARCS DU BURKINA FASO

Etude des cernes annuels dans la tige et le pivot racinaire

par Denis DEPOMMIER, agroforestier, CIRAD-Forêt/IRBET
et Pierre DETIENNE, anatomiste des bois, CIRAD-Forêt

45

***FAIDHERBIA ALBIDA* ET *ACACIA SEYAL*
ESSENCES PIONNIÈRES**Régénération dans le bassin du Pondori au Mali en fonction de la morphopédologie
et des évolutions climatiques et agrairespar Alain BERTRAND, économiste forestier, CIRAD-Forêt
et Abou Lamine BERTHE, ingénieur, DNEF

55

ÉMONDAGE TRADITIONNEL DE *FAIDHERBIA ALBIDA*

Production fourragère, valeur nutritive et récolte de bois à Dossi et Watinoma (Burkina Faso)

par Denis DEPOMMIER, agroforestier, CIRAD-Forêt/IRBET
et Hubert GUERIN, spécialiste de l'alimentation animale, CIRAD-EMVT

85

ÉCOPHYSIOLOGIE DE *FAIDHERBIA ALBIDA*Fonctionnement hydrique en parc agroforestier
et variabilité intraspécifique de caractéristiques juvénilespar Olivier ROUPSARD, écophysiologiste, CIRAD-Forêt
Hélène I. JOLY, généticien, CIRAD-Forêt
et Erwin DREYER, écophysiologiste, INRA**DEUXIÈME PARTIE : SOLS ET CULTURES**

103

***FAIDHERBIA ALBIDA* ET PRODUCTION COTONNIÈRE**Modification du régime hydrique et des paramètres de rendement du cotonnier
sous couvert du parc arboré au Nord-Camerounpar Christophe LIBERT, agroforestier, Ministère de la Coopération
et Oscar EYOG MATIG, pédologue et écophysiologiste, IRA

123

INFLUENCE DE *FAIDHERBIA ALBIDA* SUR L'ARACHIDE ET LE MIL AU SÉNÉGAL

Méthodologie de mesure et estimations des effets d'arbres émondés avec ou sans parcage d'animaux

par Dominique LOUPPE, agroforestier, CIRAD-Forêt
Babou N'DOUR, agroforestier, ISRA/DRPF
et Samba Arona N'Diaye SAMBA, agroforestier, ISRA/DRPF

INFLUENCE DE *FAIDHERBIA ALBIDA* SUR LE SOL ET LE SORGHO

Observations dans le parc de Watinoma au Burkina Faso

par Robert OLIVER, agronome et agrochimiste, CIRAD-CA
Denis DÉPOMMIER, agroforestier, CIRAD-Forêt
et Eve JANODET, étudiante en pédologie, université Paris VI

TROISIÈME PARTIE : PARCS, ÉCOLOGIE ET SOCIÉTÉ

***FAIDHERBIA ALBIDA* - ÉLÉMENT DÉCRYPTEUR D'AGROSYSTÈMES**

L'exemple du Nord-Cameroun

par Christian SEIGNOBOS, géographe, ORSTOM

PLACE DU PARC À *FAIDHERBIA ALBIDA* DANS UN TERROIR SOUDANAIEN

Le cas d'un village Sénoufo au nord de la Côte-d'Ivoire

par Christelle BERNARD, laboratoire SIG, CIRAD-Forêt
Nklo OUATTARA, forestier, IDEFOR/DFO
et Régis PELTIER, agroforestier, CIRAD-Forêt

DYNAMIQUE DES PARCS À *FAIDHERBIA ALBIDA*

Contraintes écologiques et économiques sur le terroir de Watinoma au Burkina Faso

par Sibiri OUEDRAOGO, agroforestier, IRBET/CNRST
et D.Y. ALEXANDRE, géographe, ORSTOM

IDENTIFICATION DES PARCS À *FAIDHERBIA ALBIDA* PAR TÉLÉDÉTECTION

Premiers travaux réalisés au Nord-Cameroun

par Christine TRIBOULET, télédétection, ORSTOM

QUATRIÈME PARTIE : PLANTER FAIDHERBIA ?

UNE MÉTHODE ORIGINALE POUR PLANTER ET GÉRER *FAIDHERBIA ALBIDA*

Croissance initiale des plants et microclimatologie sous arbres adultes

d'après Rick J. VAN DEN BELDT

SYSTÈME RACINAIRE DE *FAIDHERBIA ALBIDA* EN PLANTATION

Premières observations au Nord-Cameroun

par Oscar EYOG MATIG, pédologue et écophysiologiste, IRA

LES PARCS À FAIDHERBIA

237

**EFFET DU PHOSPHATE NATUREL SUR DE JEUNES *ACACIA ALBIDA*
EN PRÉSENCE OU NON DE MYCORHIZES**

par Amadou BÂ, microbiologiste, IRBET
Marcel BAZIE, microbiologiste, IRBET
et Tiby GUISSOU, microbiologiste, IRBET

245

SYMBIOSE *FAIDHERBIA ALBIDA* - RHIZOBIUM

Etude en laboratoire des caractéristiques symbiotiques et écophysologiques

par Didier LESUEUR, microbiologiste, CIRAD-Forêt
Clément Forkong NJITI, agroforestier, IRA
Mahamadi DIANDA, microbiologiste, IRBET
et Antoine GALIANA, microbiologiste, CIRAD-Forêt

259

**COMPARAISON DE PROVENANCES DE *FAIDHERBIA ALBIDA*
EN PLANTATION AU BURKINA FASO**

Taux de survie et vitesse de croissance juvénile
dans les zones nord et sud-soudanienne

par Brigitte BASTIDE, généticien forestier, Ministère de la Coopération
et Boukari DIALLO, généticien forestier, IRBET/CNRST

269

PLANTATIONS DE *FAIDHERBIA ALBIDA* AU NORD-CAMEROUN

Essais comparatifs de provenances et associations agroforestières

par Jean-Michel HARMAND, agroforestier, CIRAD-Forêt
Clément Forkong NJITI, agroforestier, IRA
David BRUGIERE, Nicolas JACOTOT, agroforestiers, Ministère de la Coopération
et Régis PELTIER, agroforestier, CIRAD-Forêt

283

**PROTECTION DE LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE
DE *FAIDHERBIA ALBIDA***

Evaluation a posteriori du projet Gao Dosso au Niger

par Pierre MONTAGNE, agroforestier, CIRAD-Forêt/Projet Energie II

297

**GESTION DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES
DE *FAIDHERBIA ALBIDA***

Etude de paramètres de contrôle de flux de gènes intrapopulation

par Martin ZEH-NLO, généticien forestier, université de Dschang
et Hélène I. JOLY, généticien forestier, CIRAD-Forêt

POUR OU CONTRE FAIDHERBIA ?

Et bien voilà, vous avez terminé la lecture du recueil, félicitations !

Sans avoir la prétention d'en faire le résumé, la quantité d'informations données étant trop importante, je me permets cependant de livrer au lecteur ce que j'en ai retenu. Pardon pour les simplifications, les oublis et le ton volontairement léger et un peu excessif.

J'avais donc, comme beaucoup d'entre vous, une vision idéalisée du faidherbia, aussi ai-je été un peu désappointé en voyant que beaucoup d'idées reçues ont en effet été mises à mal, souvent avec quelques délectations, par nos scientifiques.

- Pour D. DEPOMMIER, très peu de graines du faidherbia sont épargnées par la dent du bétail et la levée de dormance par le transit intestinal est peu efficace.
- Pour O. ROUPSARD *et al.*, cet arbre n'est pas plus résistant à la sécheresse qu'un bouleau et beaucoup moins qu'un chêne. En fait, il consomme beaucoup d'eau et ne doit sa survie en milieu sahélien qu'à ses racines plongeant dans les eaux souterraines.
- Pour C. LIBERT et O. EYOG MATIG, le faidherbia réduit la production de coton sur un bon sol bien fumé et ne fait qu'allonger les tiges, retarder la floraison et favoriser les adventices.
- Pour D. LOUPPE, les agriculteurs, ou plutôt les pasteurs, n'ont pas cette sage gestion de l'arbre qu'on leur prête souvent. Ils l'élagueraient au-delà du raisonnable et supprimeraient ainsi ses avantages.
- Pour C. SEIGNOBOS, S. OUEDRAOGO et leurs collègues, les faidherbias sont souvent plus subis que souhaités ; sur les « champs de case » fumés par le bétail et cultivés chaque année sans jachère, les jeunes semis et surtout les rejets et dragons sont envahissants ; il faudrait donc garder quelques arbres adultes pour contrôler ce sous-étage ; faidherbia pourrait donc être une adventice épineuse !
- Pour C. BERNARD et plusieurs auteurs, il semble pratiquement impossible d'étendre cette espèce au-delà des champs cultivés en permanence, d'autres espèces (néré, karité...) convenant mieux dans les champs de brousse où la jachère est pratiquée. Par ailleurs, sur dalle latéritique et en climat sud-soudanien, les racines de cette espèce sont souvent superficielles et gênent la culture attelée et même manuelle. Enfin, les actions de l'administration en faveur de la protection du faidherbia auraient souvent un effet négatif, les agriculteurs ne souhaitant pas favoriser un arbre qui pourrait occasionner des fortes amendes en cas de coupe ou d'émondage.
- Pour R. VAN DEN BELDT, la fertilité des sols précède en général la mise en place des arbres.
- Pour O. EYOG-MATIG, certaines provenances, sur des types de sol particuliers, installent leurs racines dans l'horizon superficiel et doivent par conséquent concurrencer les cultures.

- Pour D. LESUEUR *et al.*, il n'est pas en général indispensable d'inoculer les jeunes plants avec des souches de micro-organismes symbiotiques exotiques ; quant à B. BASTIDE et B. DIALLO, ils pensent qu'il faut se méfier des provenances qui poussent très vite dans le jeune âge, car elles peuvent ensuite se révéler inadaptées et ne sont pas forcément plus performantes pour la production de fruits et pour leur impact agronomique.
- Pour J.-M. HARMAND *et al.* enfin, un peuplement de dix ans, pourtant installé avec soin et dont la croissance a été correcte, n'a pas apporté de gain de production aux cultures ; au contraire, la surface cultivable a diminué car il faut contourner l'arbre avec la charrue.

Alors, a-t-on montré que tout ce qui avait été dit sur le *Faidherbia* et sur ses parcs est faux et qu'il ne faut pas encourager la diffusion de l'espèce ? Bien au contraire, car les mêmes auteurs sont unanimes pour souligner ensuite les avantages que cet arbre garde malgré tout.

- D. DEPOMMIER *et al.* ajoutent en effet que si peu de graines survivent, du moins sont-elles diffusées par le bétail à plus grande distance ; de plus la levée de celles-ci étant étalée dans le temps, les chances de survie en cas de pluies irrégulières sont augmentées. Le même auteur montre ensuite avec P. DETIENNE et H. GUERIN que la croissance des arbres en parcs traditionnels est loin d'être négligeable. Cette espèce, réputée à développement lent, pourrait en fait rivaliser avec la plupart des essences locales et exotiques. La méthode de l'émondage, tant quelle reste modérée, semble bien adaptée à une récolte soutenue de bois et de fourrage et serait même recommandée, dans le cas de vieux arbres, pour réduire l'ombrage sur les cultures, stimuler la production de fruits et réduire les attaques de parasites végétaux. D'après M. ZEH-NLO et H.I. JOLY, cette pratique favoriserait l'évolution génétique de l'espèce et son adaptation à un milieu difficile.
- A. BERTRAND et A.L. BERTHE expliquent comment la sécheresse, toujours accusée de désertification, peut faciliter la régénération de l'espèce dans les zones inondables et comment un parc peut ainsi se créer.
- O. ROUPSARD *et al.* restent optimistes. Si l'amélioration génétique de *Faidherbia* est d'autant plus difficile que les paramètres à évaluer sont malaisés et/ou longs à évaluer (enracinement, production fruitière, effet sur les cultures, consommation d'eau), du moins a-t-on progressé sur la détermination de certains indicateurs, ce qui ouvre des voies pour l'avenir. De plus, ces travaux révèlent qu'il ne faut pas se limiter à l'introduction de provenances à croissance juvénile rapide et ces conseils seront précieux pour ne pas faire de contresens écologique.
- C. LIBERT, D. LOUPPE, R. OLIVER, R. VAN DEN BELDT et leurs collègues prouvent que, sur sol pauvre (et probablement en année sèche), la production de sorgho, de mil et de coton est meilleure sous les arbres qu'en dehors. Qu'importe alors le vieux débat pour savoir si la fertilité précède l'arbre ou est amené par le bétail, les dépôts éoliens ou si la réduction de l'ETR est primordiale... puisqu'à l'évidence *Faidherbia albida* doit être conservé. En effet, l'éventuelle perte de production agricole sur sol fertile ou en année excédentaire serait largement compensée par les produits de l'arbre, directs (bois) ou indirects (viande), par l'augmentation des récoltes agricoles sur sol pauvre ou en année déficitaire et

par leur diversification ; il est en effet possible de cultiver sous le couvert de l'arbre des plantes plus exigeantes concernant la fertilité du sol et plus sensibles aux stress climatiques (chaleur, sécheresse).

- Les auteurs de la troisième partie attirent cependant notre attention. Si la coutume protégeait efficacement le faidherbia dans de nombreuses sociétés agraires, l'évolution des mœurs, des techniques agricoles et de l'environnement écologique et socio-économique peut parfois le faire disparaître. De nouvelles disciplines collectives (car elles ne peuvent pas être uniquement individuelles, pour ce qui concerne le pâturage en particulier) doivent se mettre en place, sans aucun doute avec l'aide de l'administration. Mais, sauf cas exceptionnel, il ne convient plus de réprimer, le système des amendes ayant des effets pervers et donnant lieu à trop d'abus. Mieux vaudrait encourager la gestion durable de l'arbre en reconnaissant clairement sa propriété à celui qui travaille la terre, en détaxant ses productions (bois), en exigeant que l'éleveur qui émonde un faidherbia en demande préalablement l'autorisation à son propriétaire et le dédommage de son travail sylvicole (installation ou entretien de l'arbre). Dans certains cas, la plantation ou la protection des semis et rejets pourraient être encouragées à l'aide de primes versées par des groupements villageois sur leurs propres fonds ou avec l'aide de l'Etat, comme le propose P. MONTAGNE dans le cas du Niger.
- Si A. BA, D. LESUEUR, B. BASTIDE et leurs collègues posent bien les limites des connaissances en matière de symbiose et d'amélioration génétique, c'est pour éviter les dépenses et les travaux inutiles. En général, il faut utiliser le matériel existant spontanément dans la région et on ne doit introduire des provenances ou des souches de symbiontes que lorsque l'avantage sur un sol donné en est clairement démontré.
- La plus forte note d'espoir vient peut-être de J.-M. HARMAND et des autres auteurs ayant travaillé au Nord-Cameroun. Ils ont constaté qu'il existe dans cette région de vastes parcs en construction, que l'introduction de provenances exogènes est parfois pleinement justifiée et que la plantation peut effectivement permettre la création de parcs « artificiels » en une dizaine d'années.

Mais de nombreux points d'ombre demeurent encore : trop peu d'études ont été menées sur la faune et la flore du sol (micro, méso et macro), rien n'a été dit sur la méga-faune (oiseaux, reptiles, rongeurs), et les travaux publiés sont souvent non terminés et trop partiels.

De vastes champs s'ouvrent petit à petit pour la recherche agroforestière, dont les bases s'affermissent chaque jour.

Quant aux services du développement, nous pensons qu'ils ont tout intérêt à favoriser l'extension des parcs à faidherbia dans toute la région nord-soudanienne, en se limitant aux zones cultivées en permanence (tout en cherchant à étendre ces dernières par une meilleure répartition du fumier, des résidus de récolte,...) et aux sols relativement profonds ayant une nappe phréatique encore abondante et pas trop éloignée. Sauf dans les cas où la recherche aura établi des connaissances certaines, on utilisera en priorité des semences de la région et des souches de symbiontes spontanées mais en cherchant à les enrichir par des introductions venant de zones homoécologiques. Ce matériel sera si possible mis en compétition dans des plantations relativement serrées (4 × 4 m à 8 × 8 m) dans lesquelles les agriculteurs

pourront faire eux-mêmes des sélections au fur et à mesure, sur les critères qu'ils estiment prioritaires en un lieu et à une date donnée. Lorsque les plants ou la main-d'œuvre seront en quantité limitée, on pourra retenir l'idée de R. VAN DEN BELDT de ne planter des arbres que sur les meilleures microstations identifiées par la bonne venue de la culture précédente.

En zone sud-soudanienne, on limitera l'introduction de *Faidherbia albida* au premier anneau de terres agricoles fumées par le bétail et travaillées manuellement qui sont situées autour des villages d'agropasteurs. C'est une zone où le bétail se repose en saison sèche et où les femmes pratiquent des cultures de case (légumes, maïs doux, tabac...) ; sur ces parcelles, les dégâts d'oiseaux et de rongeurs sont faciles à contrôler, et les racines souvent superficielles ne sont pas très gênantes.

En zone sahéenne, c'est surtout dans les bas-fonds bien alimentés en eau souterraine (type Dallol au Niger) que l'on cherchera à renouveler les parcs vieillissants ou à réintroduire l'arbre, lorsque celui-ci aura été décimé par la sécheresse, mais il faudra le faire en sachant bien que toute l'eau utilisée par l'arbre ne sera plus disponible dans les puits !

Faidherbia albida n'est donc pas une espèce miracle, et c'est tant mieux ! Espèce d'arbre presque ordinaire avec ses défauts (graves) et ses qualités (énormes), il convient de l'utiliser avec subtilité. C'est un outil précieux que les paysans individuels (rarement) ou les communautés villageoises (le plus souvent) peuvent utiliser pour diversifier et sécuriser leur production et préserver leur patrimoine de sol et de biodiversité car, dans des conditions bien précises, il possède le meilleur rapport qualité/coût.

Les scientifiques ont le devoir de continuer à mieux connaître cet arbre, à mieux le situer dans son environnement (le plus souvent anthropisé) et à diffuser leurs connaissances auprès de ceux qui sont chargés d'éduquer et d'encadrer les agriculteurs et les éleveurs des zones soudanienne et sahéenne.

Je terminerai d'ailleurs en félicitant les auteurs d'avoir commencé ou poursuivi la vulgarisation de leurs connaissances en participant à la rédaction de cet ouvrage, tâche ingrate et souvent mal reconnue pour les scientifiques. En leur nom, je remercie enfin Joëlle FRESNEAU qui en a assuré le secrétariat.

Régis PELTIER

*F*aidherbia albida, symbole de l'agroforesterie sahélienne, fer de lance des O.N.G., arbre sacré des sultans, tabou des administrations... serait bourré de défauts :

Faut-il donc détrôner cet imposteur ?

Certes non, car en lisant cet ouvrage vous découvrirez qu'il est un merveilleux outil au service des sociétés agraires, assez subtiles pour savoir l'utiliser à bon escient. En effet, les scientifiques et, à travers eux, les ruraux, vous présentent les connaissances qu'ils ont accumulées depuis une dizaine d'années et tracent de futures pistes pour l'étude, la gestion et l'extension des parcs agroforestiers soudaniens et sahéliens, où cet arbre reste irremplaçable.