

FAIDHERBIA ALBIDA ET PRODUCTION COTONNIÈRE

Modification du régime hydrique et des paramètres
de rendement du cotonnier sous couvert du parc arboré
au Nord-Cameroun

par Christophe LIBERT, agroforestier, Ministère de la Coopération
et Oscar EYOG MATIG, pédologue et écophysiologiste, IRA



Sarclage du coton dans un jeune parc à faidherbia (en début de saison des pluies, l'arbre peu ou pas feuillé ne porte pas d'ombrage sur la culture).

Un parc arboré s'exprime par la présence répétitive de certaines essences arborées qui sont en véritable symbiose avec les cultures (SEIGNOBOS, 1982).

Une synthèse des différents travaux sur les parcs arborés a été réalisée par RAISON (1988), mais elle passe sous silence les connaissances acquises dans ce domaine au Nord-Cameroun ; en effet, s'il existait des descriptions minutieuses des parcs existants, peu d'études expérimentales, agronomiques ou agroforestières avaient eu lieu dans cette région. La section Forêts de l'IRA * de Maroua a donc initié en 1989 un travail pluridisciplinaire sur le thème « Parcs arborés et cultures associées au Nord-Cameroun ».

Dans le parc arboré dominé par *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. (syn. *Acacia albida* Del.), il est maintenant admis que les arbres ont un effet certain sur les cultures associées. CHARREAU et VIDAL (1965), puis DANCETTE et POULAIN (1968) **, ainsi que LOUPPE (1989, 1990) ont montré qu'en zone sahélienne les céréales ont sans conteste un rendement bien meilleur sous un tel parc.

En 1989, OULDRA a réalisé des premières observations en milieu rural à l'IRA de Maroua sur l'association *Faidherbia albida*/Coton (*Gossypium hirsutum*). Son travail a montré, outre un enrichissement du sol en éléments minéraux sous les arbres, une amélioration du rendement de cette culture dans le parc à *Faidherbia albida*, en particulier sur les stations de faible productivité.

En 1990, nous avons poursuivi les observations d'OULDRA en analysant de façon plus fine les caractéristiques des cultures associées dans ces « parcs », d'une part sous des arbres isolés, d'autre part dans des peuplements denses. Nous avons également étudié les modifications des propriétés du sol.

En 1992, la recherche s'est poursuivie de manière plus analytique, axée sur les thèmes suivants :

- Modifications du fonctionnement hydrique de l'écosystème, induites par l'arbre.
- Modifications de l'évolution des végétaux de l'écosystème.

Nous aborderons tout d'abord les premiers résultats d'observations (1990), puis analyserons les résultats des études plus explicatives (1992).

* Institut de la Recherche Agronomique du Cameroun.

** In : C.T.F.T., 1988.

LE SITE D'ÉTUDE : LE PARC À FAIDHERBIA ALBIDA

• La région de Tokombéré

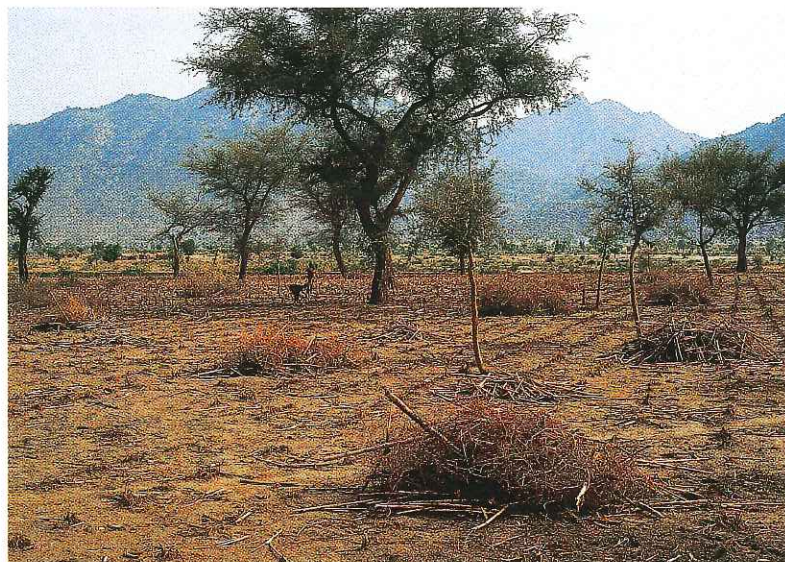
Nous avons travaillé à Tokombéré, au Nord-Cameroun. Le climat est de type soudano-sahélien (AUBREVILLE), avec une saison sèche et une saison des pluies marquées ; cette dernière s'étale généralement de fin juin à début octobre avec un maximum de précipitations au mois d'août. La pluviométrie moyenne * annuelle est de 800 mm, avec cependant une grande variabilité d'une année sur l'autre.

Le parc à *Faidherbia albida* est installé en terrain alluvial, au bord d'un mayo **. Le substrat géologique est constitué d'alluvions récentes sableuses, apportées des monts voisins.

• Construction du parc à faidherbia

La plaine alluviale est restée peu peuplée jusqu'à une époque récente. Les villageois situent leur installation sur le terroir (rive droite du mayo) vers 1965. Avant leur venue, la végétation ligneuse comptait de multiples essences, dont quelques faidherbias, probablement amenés par les troupeaux des Foulbé ***. En s'établissant, les agriculteurs et les éleveurs ont conclu une entente à bénéfices réciproques : en saison sèche, les troupeaux sont laissés à la pâture sur les résidus de cultures, en échange de quoi les champs sont fumés.

Afin d'améliorer cette coopération, les paysans n'ont au cours des défrichements conservé qu'une seule espèce arborée dans les champs : *Faidherbia albida*. Cet arbre représente un excellent compromis pour les deux parties : son rythme de feuillaison désai-



Les agriculteurs de Tokombéré entretiennent leur parc à faidherbia en sélectionnant régulièrement de jeunes arbres.

sonné l'empêche de trop porter ombrage aux cultures environnantes, tandis que ses feuilles et ses gousses constituent un fourrage non seulement d'excellente qualité mais disponible jusqu'à la période de « soudure ».

• La parcelle d'étude (cf. tableau I)

L'ensemble de la parcelle retenue pour l'étude, arbitrairement délimitée d'un côté par la route, de l'autre par le mayo, couvre 37,7 ha.

La topographie d'ensemble est plane, homogène, avec cependant un microrelief non négligeable.

La densité des arbres est de 6,7 tiges/ha, dont 81 % de faidherbia, tandis que la surface terrière moyenne

TABLEAU I
Caractéristiques dendrométriques * du « parc arboré » de Tokombéré

	Densité (tiges/ha)	Surface terrière (m ² /ha)	Couvert (%)	Hauteur moyenne (m)	Diamètre moyen (cm)
Toutes espèces	6,7	2,4	10	12	60
<i>Faidherbia albida</i>	5,5 (81 %)	1,80 (74 %)	8,7	12	56

* La hauteur est déterminée au dendromètre Blume-Leiss, le diamètre est mesuré avec un ruban gradué.

de 2,4 m²/ha n'est due que pour 74 % à cette espèce. Le couvert des houppiers est de 10 %, 8,7 % étant dus au faidherbia. Les hauteurs s'échelonnent de 2,5 à 23 m (3 à 22 m pour faidherbia), et on peut trouver des diamètres depuis 5 cm (la limite inférieure de comptage) jusqu'à 145 cm (voire 180), la moyenne se situant

autour de 60 cm (56 pour les seuls faidherbias). Le parc peut être qualifié de « monospécifique ».

La sole de culture est à rotation biennale coton-sorgho. Les deux années d'étude (90 et 92) concernent le coton.

LES PREMIERS TRAVAUX D'OBSERVATION 1990

• Méthodes et finalités

Nous nous sommes tout d'abord proposés d'approfondir les résultats d'OULDRA : d'une part, sur l'effet d'un arbre isolé en travaillant sur moins de variables, mais de façon plus fine et sur un plus grand nombre de sujets et, d'autre part, sur un « effet peuplement » en observant les cultures sous un parc dense.

Au sein du parc, nous avons différencié des zones très peu boisées et des zones densément boisées, de façon à ne travailler que dans des situations extrêmes. Dans les premières nous avons choisi des « arbres isolés », afin d'explicitier l'effet individuel de chaque arbre ; les dernières nous ont fourni une zone au couvert et à la densité d'arbres plus importants qu'aux alentours, susceptible de recéler un « effet parc ». Une telle zone sera qualifiée de « zone de parc ».

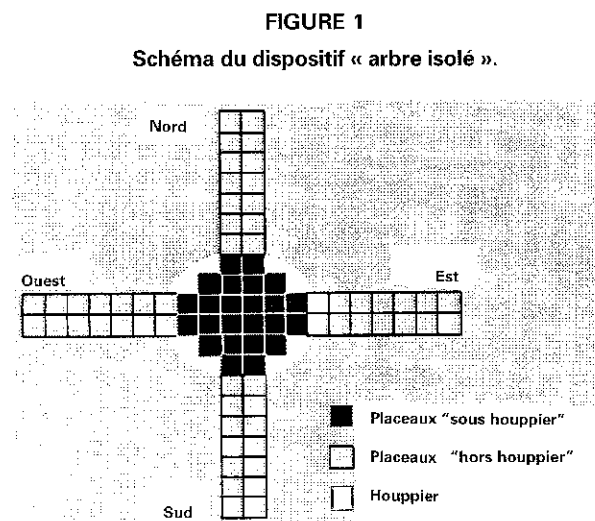
Le choix des paramètres à mesurer a été effectué en collaboration avec la Section Coton de l'IRA.

En vue de proposer des solutions susceptibles d'être acceptées par les agriculteurs, nous avons délibérément choisi de prendre en compte l'ensemble des pratiques culturales et pastorales. Afin de perturber le moins possible celles-ci, nous avons procédé par enquêtes et par observations.

ARBRES ISOLÉS

• Dispositif

Nous avons choisi un éventail de 30 arbres, couvrant toutes les classes de diamètre présentes sur la zone. Nous avons mesuré leurs caractéristiques dendrométriques (diamètre, hauteur, surface du houppier). Sous chaque individu (cf. fig. 1), nous avons dessiné un quadrillage de placeaux de 3,20 m de côté, couvrant toute la superficie cultivée à l'aplomb du houppier et se prolongeant en dehors de ce dernier dans quatre directions (nord, sud, est et ouest), jusqu'à



une distance de 20 m du bord du houppier. Cette distance a été choisie d'après les travaux de LOUPPE, 1989, au Sénégal.

Sur chacun de ces placeaux, nous avons mesuré le poids de coton-graine, le nombre de plants, la hauteur, le nombre de branches et de capsules de chaque plant. A partir de ces mesures, nous avons calculé :

- le rendement en coton-graine,
- le poids moyen capsulaire,
- la hauteur moyenne des cotonniers et le coefficient de variation,
- le nombre moyen de capsules par plant,
- le nombre moyen de branches par plant.

Comme la densité des semis et la surface des plaques sont les mêmes partout, le nombre de plants correspond à un taux de survie des cotonniers.

Nous avons d'abord comparé globalement les valeurs de ces sept variables sous houppier à celles hors houppier, à l'aide d'un test de Student (comparaison de moyennes d'échantillons indépendants), puis observé les gradients nord, sud, est et ouest. Dans les lignes qui suivent, seules sont prises en compte les différences significatives au seuil d'erreur de 5 %.

• **Résultats**

Dans 15 cas sur 16, on observe une hauteur moyenne des cotonniers plus élevée sous faidherbia. En moyenne, cette augmentation est de l'ordre de 24 %. Nos conclusions sont donc similaires à celles obtenues par J.C. OULDRA. Cet effet, déjà observé sur les cultures de céréales, semble pouvoir être étendu au coton.

Par ailleurs, le coefficient de variation de la hauteur moyenne, qui représente la dispersion des hauteurs autour d'une valeur moyenne, est plus faible sous houppier.

La présence de *Faidherbia albida* permet donc d'obtenir en moyenne des plants plus grands et de taille plus régulière sous le houppier.

Le nombre de plants est moins élevé sous faidherbia, de 20 % en moyenne. Concernant ce phénomène, J-M. HARMAND (communication personnelle) émet l'hypothèse suivante :

« La compacité du sol sous les arbres, due au tassement par les animaux et les hommes qui y stationnent à l'ombre durant la saison sèche, a certainement augmenté le ruissellement et limité le développement des plantules de coton, en particulier en cas de semis sans travail du sol ».

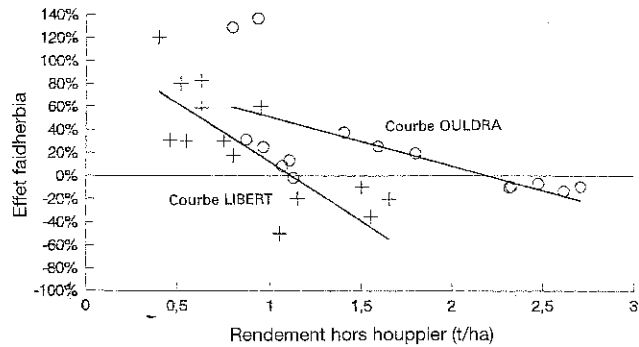
Les variables : « nombre de capsules par plant » et « nombre de branches par plant » ne donnent pas de différences significatives entre les deux situations. Il n'y a pas de relation évidente entre le surplus de croissance en hauteur et la fructification.

Le Poids Moyen Capsulaire (PMC), dans 15 cas sur 19, est significativement plus élevé sous houppier, de 27 % en moyenne. M. CRETENET (communication personnelle) estime que cette augmentation pourrait être due à une plus grande richesse minérale du sol, en particulier une plus grande disponibilité en azote minéral.

Les résultats de l'analyse du rendement en coton-graine sont plus nuancés : 9 arbres sur 15 montrent un « effet *faidherbia* »* en faveur de la culture sous l'arbre, 6 en défaveur. Cependant, un test de Fischer

FIGURE 2
Effet de *F. albida* sur la production en coton graine.
Comparaison entre les données d'OULDRA
et celles de LIBERT et EYOG MATIG.

Y (OULDRA) = 93,6-42,6 × rendement hors houppier (r = 64 %).
 Y (LIBERT) = 114-102 × rendement hors houppier (r = 80 %).



montre une liaison entre la variable « effet *faidherbia* » et le rendement. La meilleure régression linéaire est obtenue avec le rendement hors houppier ; l'équation de régression (cf. fig. 2) est :

$y = 114 - 102 x$ (r = 80 %)

avec y = « effet *faidherbia* » en %

et x = rendement hors houppier en tonnes/ha.

***Faidherbia albida* aurait donc un effet variable en fonction de la fertilité de la station ; il favorise les cotonniers en mauvaises conditions et les concurrence lorsque les conditions sont meilleures.**

Par ailleurs, nous avons tenté d'expliquer le rendement en fonction des six autres variables à l'aide de régressions linéaires multiples. Le poids moyen capsulaire apparaît comme le premier facteur explicatif, responsable de 67 % à 72 % de la dispersion. Ensuite, les variables les plus explicatives sont, par ordre d'importance, le nombre de branches ou de capsules par plant, puis la densité de plants.

* Nous appellerons « Effet *faidherbia* », pour une variable donnée (le plus souvent, il s'agit du rendement), la quantité arithmétique :

$[(\text{valeur sous houppier} - \text{valeur hors houppier}) / \text{valeur hors houppier}] \times 100 = x \%$, soit l'augmentation constatée sous houppier par rapport à l'extérieur, rapportée à l'extérieur. Elle sera exprimée en pourcentage.

La dose d'engrais appliquée au coton n'intervient pas dans ces régressions, ni dans aucune des analyses. Bien que nous ayons pris en compte l'engrais officiellement fourni et son mode d'épandage, nous n'obtenons pas de résultats significatifs. En effet, outre l'engrais « officiel » (cinq unités d'azote à l'hectare), les champs reçoivent de l'engrais restant de l'année précédente ou provenant du marché local, ainsi que la fumure du bétail (qui est de loin le principal amendement).

ÉTUDE D'UN PARC

• Dispositif

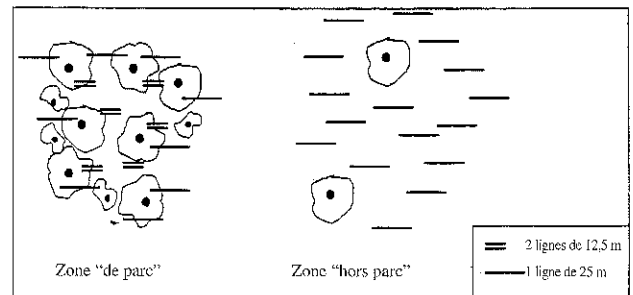
Une autre partie du parc, un grand champ dans lequel voisinaient une zone entièrement nue et une zone dense au couvert important, nous a fourni le matériel de l'étude « parc ». Les arbres, tous des faidherbias, étaient de faible diamètre (34 cm de diamètre moyen), en densité relativement élevée : 37 tiges/ha ; la surface terrière était de 3,6 m²/ha (cf. tableau II) ; il s'agissait donc d'un parc récent. Les houppiers couvraient en moyenne 71 m² chacun, le couvert total atteignant 26 %. Ces chiffres peuvent paraître faibles en valeur absolue, mais ils sont importants par rapport à l'ensemble du terroir.

Pour mettre en évidence un éventuel effet « parc », nous avons comparé des mesures faites sur des placeaux pris sous parc aux mêmes mesures réalisées hors parc. Le placeau de mesure était cette fois une ligne de cotonnier de 25 m de long (ou deux lignes de 12,5 m côte à côte), cf. figure 3. Les lignes de cotonniers étant espacées de 80 cm, on obtient des placeaux de 20 m² = (0,8 m × 25 m). Les paramètres mesurés sur ces placeaux sont les mêmes que pour l'étude « arbres isolés ».

• Résultats

Une analyse de variance différencie un ensemble « sous houppier » d'un ensemble « hors houppier » pour les variables « densité de plants », « rendement »

FIGURE 3
Schéma du dispositif « parc ».



et « hauteur moyenne ». On retrouve les mêmes tendances que pour les arbres isolés en ce qui concerne la densité de plants (-13 %) et la hauteur moyenne des plants (+13 %). OULDRA avait d'ailleurs déjà noté ce dernier phénomène.

Par contre, les rendements « sous parc » gagnent 32 % par rapport à l'extérieur, au lieu de diminuer de plus de 50 %, comme on pourrait le croire d'après la régression effectuée précédemment dans le cas d'arbres isolés (le rendement moyen hors houppier est de 1,58 t/ha, donc élevé).

• Discussion

Nous serions donc tentés de proposer l'interprétation suivante : un faidherbia isolé aurait plus d'effets négatifs (interception des pluies par le houppier, ombre des parties aériennes) que bénéfiques (remontées minérales, modification de la répartition spatiale de la réserve hydrique, enrichissement et amélioration de la structure du sol, régulation du microclimat) sur le rendement des cotonniers. A l'opposé, l'association de ces arbres en parc amplifierait plus les effets positifs élémentaires que les autres. Cette synergie pourrait être expliquée par l'apparition de nouveaux facteurs, tels que l'augmentation du taux d'humidité dans le sol et dans l'air ou le ralentissement de la circulation de l'air.

TABLEAU II
Comparaison des caractéristiques dendrométriques du « parc » et de l'ensemble du terroir

Variable (unité)	Densité (tiges/ha)	Surface terrière (m ² /ha)	Couvert (%)	Diamètre (cm)
« Parc » étudié	37	3,6	26	34
Ensemble du terroir	8,8	2,5	11	50

MODIFICATIONS DES PROPRIÉTÉS DU SOL

• Méthode

Nous avons effectué des prélèvements de sol sous six arbres (trois « jeunes » et trois « vieux ») dans les horizons 0-20 et 20-40 cm, dans les deux situations « sous houppier » et « témoin ». Chacun des 24 échantillons se compose d'un mélange de sept prélèvements au hasard autour d'un point de sondage virtuel. Les analyses, réalisées à l'Université de Dschang (Ouest-Cameroun), portent sur des paramètres de texture (S/L/A) et des paramètres physico-chimiques (pH, matière organique, azote, éléments minéraux, CEC).

Les caractéristiques dendrométriques des arbres retenus pour ces analyses figurent dans le tableau III.

• Résultats

Les résultats d'analyses, comparés aux chiffres établis par CARSKY (1992), montrent un sol légèrement différent de celui retenu comme site de référence régional. En effet, si la texture est à peu près semblable, la teneur en cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+), en matière organique et en phosphore assimilable, est plus élevée que la moyenne. Il en va de même pour la capacité d'échange. Le pH, quant à lui, est un peu plus basique (environ 0,5 unité de pH).

Nous avons tout d'abord effectué une analyse de variance dans laquelle les trois arbres de chaque classe « vieux » et « jeunes » sont considérés comme trois répétitions, les facteurs étudiés étant l'« âge », la position de prélèvement (sous houppier/témoin) et la profondeur de prélèvement (0-20 et 20-40 cm). Celle-ci ne différencie que les modalités du facteur « âge », pour



Sur cette photo du Burkina Faso, les deux enfants montrent à l'aide d'une feuille de papier la hauteur des tiges sèches de cotonnier.

Elle va en décroissant du pied de l'arbre vers l'extérieur, comme on l'a également constaté au Cameroun.

Il faut cependant relativiser ces résultats car on ne peut pas être certain de la validité du témoin « hors parc ». Nous sommes dans un parc jeune et les arbres se sont peut-être installés sur la meilleure zone car les conditions se prêtaient mieux à la germination des graines, du fait d'une plus forte capacité en eau (cf. article VAN DEN BELDT).

TABLEAU III
Caractéristiques dendrométriques des arbres autour desquels ont été faits les prélèvements de sol pour analyse

	Arbre	Diamètre à 1,30 m (cm)	Hauteur totale * (m)	Surface du houppier ** (m ²)
« Vieux »	1	108	19,5	279
	2	71	16,0	201
	3	78	13,0	251
« Jeunes »	4	34	10,0	88
	5	38	9,5	145
	6	33	12,5	64

* La hauteur totale est mesurée depuis la surface du sol jusqu'au bourgeon terminal (point le plus haut de l'arbre).

** Calculée à partir de la mesure de quatre rayons selon les quatre points cardinaux (R_N , R_S , R_E , R_O), d'après la formule : $S = 3,1416 \times (R_N + R_S) \times (R_E + R_O) / 4$.

les variables sable, limons fins, argile, matière organique, C/N et calcium. Le terrain au niveau des « jeunes » est plus riche en éléments fins, en matière organique et en calcium, tandis que le rapport C/N plus élevé (13,2 contre 10,4 en moyenne) témoigne d'une plus faible dégradation de la matière organique.

Une deuxième analyse de variance ne tenant pas compte des classes d'« âge » nous a permis de mettre en évidence une différence entre les prélèvements effectués sous les arbres et les témoins, pour le pH_{KCl} et le phosphore assimilable. Les valeurs de ces deux paramètres sont plus élevées sous les arbres.

Enfin, le simple examen des tableaux de données rapportant les différences entre les situations « sous houppier » et « témoin » donne les tendances schématisées en figure 4.

Ces analyses de sol confirment en partie les résultats obtenus par ailleurs sur d'autres sols (C.T.F.T., 1988). On ne retrouve cependant pas la forte augmentation de l'azote, pourtant à la base de nombreuses thèses expliquant l'effet de l'arbre. Le rapport C/N semble suivre une évolution inverse à celle trouvée par CHARREAU (In : CTFT, 1988) : la dégradation de la matière organique serait plus lente sous l'arbre !

Les différences trouvées entre « sous houppier » et le témoin laissent cependant penser que l'arbre a un effet certain sur le sol. Les comparaisons « jeunes »-« vieux » sont à prendre avec précaution du fait de la distance sur laquelle s'étendent les mesures (800 m), mais on ne peut s'empêcher de remarquer que l'amélioration du sol est plus importante sous les vieux arbres.

PREMIÈRES CONCLUSIONS

Nous retiendrons de ces premières analyses que, dans le cas étudié, sous *faidherbia* isolé :

- Les cotonniers sont plus hauts et les hauteurs sont plus homogènes.
- Le taux de survie des plants est plus faible.
- Le poids moyen capsulaire est plus élevé.
- Il existe une forte corrélation entre la niveau de fertilité de la station et l'effet *faidherbia* dans le cas d'arbres isolés.
- La texture et la composition chimique du sol sont modifiées sous les houppiers. On peut s'attendre à trouver sous *faidherbia* un sol moins érodé, mais plus sableux *. Il est moins riche en calcium, la teneur en éléments nutritifs (phosphore, potassium, azote) et l'activité biologique y sont plus importantes. Cet effet semble d'ailleurs aller croissant avec l'âge des arbres.

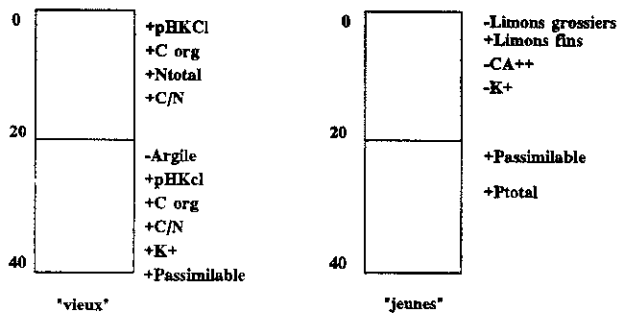
Dans les deux cas (« arbre isolé » et « parc »), nous observons une augmentation de hauteur et une diminution de la densité de plants, mais ces deux tendances sont moins marquées dans le cas d'un parc.

L'étude de la répartition spatiale de la production (nord, sud, est, ouest) ne donne aucun résultat significatif.

Ainsi, *Faidherbia albida* pourrait-il aider à amorcer la mise en valeur de sols à faibles potentialités agricoles, susceptibles cependant de permettre le développement de cette espèce. Il faudrait, dans un premier temps, sélectionner au sein de la régénération naturelle un nombre assez élevé de tiges, qu'on laisserait ensuite croître en parc dense. De cette façon, sans bouleverser un agro-écosystème déjà fragile, la production serait améliorée. De telles pratiques culturales permettraient sans doute de combattre efficacement la formation de « Hardés » (sols indurés), qui est un problème crucial dans la région. Par ailleurs, il ne faut pas oublier les autres produits que fournit le *faidherbia* : fourrage de qualité (ses gousses sont très nutritives), disponible en période de « soudure », bois de chauffe et bois d'œuvre, pour ne citer que les principaux.

FIGURE 4

Comparaison des caractéristiques de deux horizons du sol sous houppier et hors houppier pour deux groupes de *faidherbia* jeunes et vieux.
Le signe + signifie que la valeur est plus élevée sous houppier, le signe - le contraire.



* Ndlr. L'augmentation du taux de sable sous houppier pourrait être liée à l'activité des termites qui entourent les débris végétaux qu'ils consomment par un manchon sableux ou par l'interception du sable éolien par le houppier.

UNE ÉTUDE PLUS ANALYTIQUE 1992

Forts des résultats de 1990, nous avons poursuivi l'étude dans une optique plus explicative en analysant trois ensembles de facteurs du milieu et répondant aux trois questions suivantes :

- L'arbre a-t-il une influence sur la disponibilité de l'eau pour les cultures ? On peut supposer en effet que l'arbre influe sur le fonctionnement hydrique du sol puisqu'ayant besoin d'eau pour son propre métabolisme, il intercepte les eaux de pluie et modifie l'ETR sous son couvert.
- Comment l'évolution des plantes (cultivées ou non) est-elle modifiée sous le couvert de l'arbre ?
- La présence de l'arbre influe-t-elle sur les facteurs d'érosion ?

MÉTHODES ET DISPOSITIF

• Choix des arbres et des placeaux d'étude

L'unité d'étude est constituée d'un arbre et de son environnement immédiat (culture de coton), que nous appellerons « site ». Nous avons retenu quatre sites, choisis en fonction :

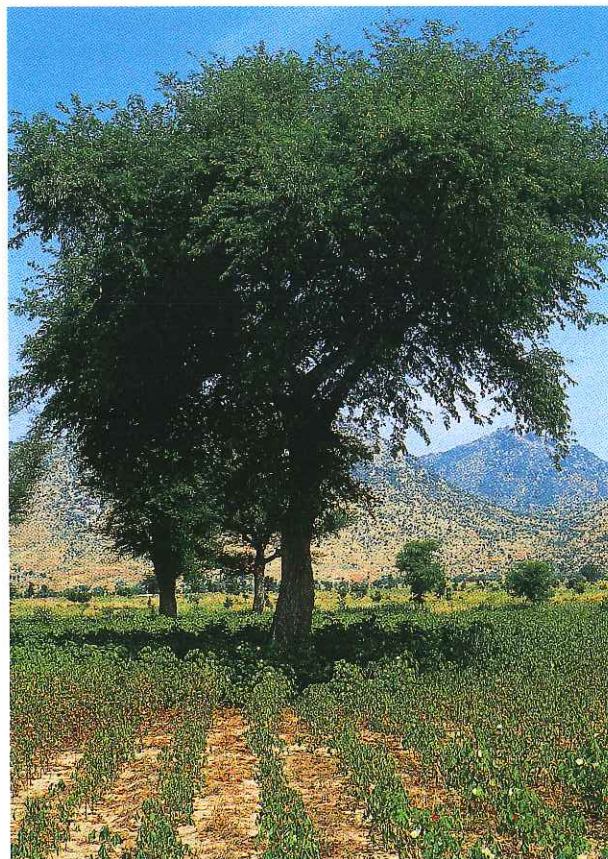
- de la forme du houppier (deux grands arbres au port en V, deux arbres plus courts au port « en boule ») ;
- de la microtopographie : nous avons évité les endroits trop tourmentés et cherché à éliminer les sites en pente ;
- de la possibilité d'installer un site témoin * à 25 m dans des conditions similaires ;
- de la volonté des paysans de participer à l'expérimentation.

Pour chaque site, nous avons défini trois positions :

- « sous houppier », elle-même subdivisée en « près du tronc » (à 1 m de celui-ci) et « milieu du houppier » (à mi-rayon) ;
- « limite du houppier », entre 2 et 4 m à l'extérieur de l'aplomb de la limite du houppier ;
- témoin, à 25 m au moins de tout arbre.

Ces positions ne sont pas obligatoirement rencontrées dans tous les sites ni pour tous les appareillages d'étude.

* Nous définissons un site-témoin comme un site éloigné d'au moins 25 m de tout arbre.



Exemple de vieil arbre isolé sous lequel on a étudié les modifications du régime hydrique et le rendement du cotonnier.

De ce type d'implantation découle la nature des traitements de données, qui seront essentiellement des comparaisons de moyennes entre situations prises deux à deux. Les outils statistiques utilisés à cette fin sont le test de Student et l'analyse de variance.

Les caractéristiques dendrométriques des faidherbias étudiés sont résumées dans le tableau IV.

TABLEAU IV
Caractéristiques dendrométriques des sujets étudiés

Arbre	Diamètre à 1,30 m (cm)	Hauteur totale (m)	Surface du houppier (m ²)
1	39	12	84
2	75	16	273
3	78	19	198
4	28	11	52

L'EAU ET LE SOL

• Profils pédologiques

Deux profils pédologiques ont été décrits entre le 10 et le 20 août, un pour chaque implantation des tubes d'accès de l'humidimètre. Chaque fosse a été creusée en position intermédiaire (« limite de houppier ») entre les tubes « sous houppier » et les tubes témoins :

La première fosse fait apparaître un sol riche en éléments fins, qui part d'un limon sableux en surface pour arriver à un limon argileux vers 100 cm, puis passe ensuite à un sable argileux. Au-delà de 150 cm (cette transition est marquée par une accumulation d'éléments grossiers), on trouve un sable fin roux, ressemblant fort aux matériaux du mayo voisin.

La densité de ce sol croît de la surface (d = 1,19) à 1,5 m (d = 1,57), profondeur à laquelle nous sommes limités. Le profil est relativement compacté entre 60 et 150 cm.

Les traînées de rouille trouvées de 60 à 150 cm, ainsi que les concrétions ferruginisées entre 150 et 200 cm, pourraient indiquer la zone de battement d'une nappe temporaire.

Les petites racines, appartenant en majorité aux herbacées et aux cultures, explorent les 150 premiers centimètres de façon uniforme mais ne semblent pas pénétrer au-delà, même si nous avons trouvé une grosse racine de faidherbia (15 cm de diamètre) vers 150 cm.

Le profil de la deuxième fosse (arbre 3) reste sableux sur toute l'épaisseur prospectée. On retrouve un gradient d'entraînement des éléments fins (sable limoneux en surface, puis progressivement argileux, pour atteindre un maximum vers 1 m). Des cristaux de mica (blancs et noirs) saupoudrent l'ensemble du profil.

L'évolution de la densité suit celle de la teneur en éléments fins, pour atteindre également un maximum vers 1 m. Cependant le sol paraît nettement moins compacté, en particulier dans le premier horizon, ce qui est dû au labour pratiqué en culture attelée (dans le cas précédent, le sol avait été remué superficiellement à la houe) et probablement à la présence de termites.

Le sable fin, puis limoneux, trouvé entre 100 et 175 cm est différent en couleur et en texture de celui du mayo. On retrouve ce dernier après un horizon riche en éléments grossiers, comme dans le cas précédent.

Il n'y a pas de traces de couleur rouille.

Les racines explorent ici préférentiellement les horizons de surface (0-30 cm) ; on en trouve cependant jusqu'à 1,75 m.

Ces deux profils décrivent des sols alluviaux peu évolués.

• Etude du fonctionnement hydrique du sol

L'équation fondamentale du bilan hydrique est :

$$\Delta S = P - R - (ETR + D - C)$$

ΔS = Variation du stock hydrique

P = Pluviométrie

R = Ruissellement

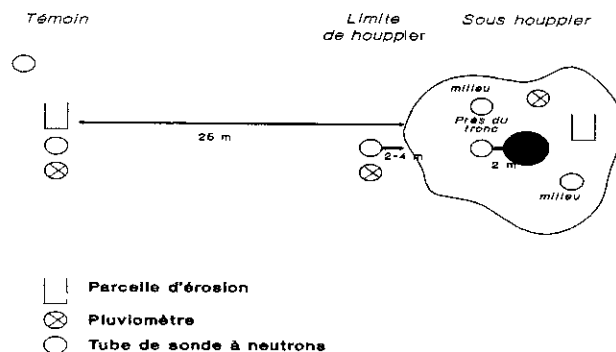
ETR + D - C : Evapotranspiration réelle, drainage et remontées capillaires

Les précipitations sont mesurées par trois pluviomètres à lecture directe placés en trois positions dans chaque site (fig. 5) : sous le houppier (mi-rayon), en limite de houppier, au niveau du témoin. Ces douze pluviomètres sont relevés systématiquement après chaque pluie.

L'érosion et le ruissellement sont suivis à l'aide de parcelles d'érosion/ruissellement placées à raison de deux dans chaque site (une « sous houppier » (mi-rayon) et l'autre dans le « témoin »), soit huit au total. Un rectangle de 1,25 m² est délimité sur le terrain à l'aide de plaques métalliques enfoncées dans le sol. Un bac de réception/décantation à l'aval de la parcelle collecte les particules arrachées au sol et l'eau ruisselée, celle-ci se déversant ensuite par un trop-plein dans un fût de fort volume (200 l). Le bac décanteur et le fût sont tous deux couverts par une tôle, afin de ne pas servir d'impluvium. Un pluviomètre est placé à coté de

FIGURE 5

Implantation des différents instruments dans un site d'étude.



la parcelle pour une évaluation précise des précipitations à l'endroit des mesures.

Le coefficient de ruissellement se calcule en rapportant la quantité d'eau ruisselée à la lame d'eau précipitée :

$$Kr \% = \frac{V/s}{P} \times 100$$

Kr % : coefficient de ruissellement (%)

V : volume ruisselé sur la surface S (l), récupéré dans le fût

s : surface de la parcelle (dm²)

P : hauteur d'eau précipitée (mm), mesurée au pluviomètre

L'érosion est appréciée par la pesée des matériaux recueillis, que l'on rapporte à la surface de la parcelle.

Une sonde Campbell 503 nous permet de réaliser des mesures d'humidité du sol non destructives et répétées au même endroit. Nous suivons ainsi l'évolution de la disponibilité en eau au niveau de l'enracinement des cultures (les tubes d'accès permettent de descendre à 1,60 m) tout au long de la saison de végétation.

L'étalonnage de l'humidimètre a été effectué à l'occasion de la mise en place des tubes d'accès, à partir de 176 mesures. La gamme d'humidité prospectée couvre très exactement celle rencontrée par la suite (d'environ 1 % jusqu'à 22 %). Cet étalonnage, réalisé « en sec », est donc utilisable pour l'exploitation des données.

A proximité de chacun des sites 1 et 3, nous avons placé six tubes d'accès (fig. 5) : un tube est placé près du tronc, deux à mi-rayon, un en limite de houppier et deux au niveau du témoin. Les tubes *a priori* disposés par paire visent à pallier une éventuelle hétérogénéité spatiale du sol.

La prise de données a lieu une fois par semaine. Dans chaque tube, une mesure est réalisée tous les 10 cm, de 15 cm (horizon 10-20 *) à 155 cm (150-160), ce qui totalise quinze niveaux.

Les chiffres bruts d'humidité volumique donnent un profil hydrique pour chaque tube de sonde. On peut ensuite calculer le stock d'eau total (S), ou réserve totale, contenu dans le profil étudié en convertissant l'humidité volumique en lame d'eau équivalente pour chaque tranche de sol. La réserve disponible (Rd) du sol est obtenue en soustrayant de la réserve totale la quantité d'eau conventionnellement considérée

* L'horizon 0-10 n'est pas prospecté en raison des dangers d'irradiation de l'opérateur que présente l'appareil.

comme non disponible pour les végétaux, c'est-à-dire à un potentiel capillaire supérieur à : 1,6 MPa (pF = 4,2).

Bien qu'il ne nous soit pas possible de mesurer l'influence d'une éventuelle nappe, elle est néanmoins suivie à l'aide de tubes piézométriques atteignant 4 m de profondeur.

Il nous est impossible de dissocier les pertes et apports d'eau « physiques » que sont le drainage, l'évaporation et les éventuelles remontées capillaires, de la transpiration des cultures, qui est la partie « biologiquement active » du système.

ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION

• Phénologie des arbres

L'état de feuillaison, de floraison et de fructification des faidherbias, qui ont la réputation de perdre leurs feuilles pendant la saison des pluies, est suivi régulièrement.

Deux fois par semaine, on évalue « à vue » le pourcentage de feuilles et de fleurs présentes par rapport à la feuillaison et à la floraison maximale (il n'y a pas eu de fructification). Les cotations sont réparties en cinq classes : 0 %, 0-50 %, 50 %, 50-100 %, 100 %.

L'état de feuillaison est également suivi à l'aide d'une cellule photo-électrique : sous chaque arbre, un plateau carré de 3,2 m de côté est délimité au milieu de l'ombre portée par le houppier. Sur ce plateau, la lumière transmise (LT) est mesurée au-dessus de chaque cotonnier. La lumière est également mesurée en situation « témoin », en plein découvert (LD). Le rapport IF = (LD-LT)/LD (pourcentage de lumière interceptée) définit un indice de l'état de feuillaison.

• Suivi de la culture

La culture présente dans le terrain d'étude choisi est le coton (*Gossypium hirsutum*), planté à 40 cm d'inter valle sur des lignes espacées de 80 cm.

La taille du plateau d'étude a été calculée de façon à contenir au moins 30 poquets, ce qui, avec la densité de plantation mentionnée ci-dessus (31 250 poquets/ha), représente une surface de 10 m² par plateau (3,2 m × 3,2 m).

Pour chaque site, deux plateaux ont été choisis sous le houppier et deux au niveau du témoin. Là où le coton avait une bonne venue, les plateaux ont été positionnés aux endroits où la levée était la plus régulière et l'environnement le plus homogène (sites 1, 2 et 4). Au niveau du site 3, ils ont été mis en place *a priori*, avant le semis du coton. *A posteriori*, nous avons

constaté que ce choix était suffisamment bien fait pour ne pas nécessiter une étude plus détaillée.

Les paramètres suivis sont :

- Le stade phénologique de développement : plants levés, plants avec une vraie feuille, plants ayant deux vraies feuilles, plants ayant plus de deux vraies feuilles, plants fleuris.
- Des paramètres morphologiques : hauteur de chaque plant et niveau de floraison *.

Ce suivi est réalisé deux fois par semaine par des observateurs logeant sur place.

L'importance des dates des opérations d'entretien pour la croissance des plants n'étant plus à démontrer, nous avons veillé à faire labourer, semer, démarier, sarcler, mettre l'engrais simultanément (le même jour) sur tous les placeaux d'étude d'un même site.

• **Evolution de l'enherbement**

La concurrence herbacée est, quant à elle, suivie sur les mêmes placeaux d'observation que la culture. Deux approches sont utilisées pour l'évaluer :

- D'une part, le développement de la végétation adventice est chiffré à l'aide du système de cotation utilisé à l'IRA/Coton. Ce système note de 0 (la culture a disparu) à 10 (il n'y a plus d'adventices) l'état d'enherbement de la culture.
- D'autre part, au moment des sarclages, le prélèvement de toutes les herbes d'un placeau nous renseigne sur la composition floristique de ce placeau, ainsi que sur la biomasse végétale extraite.

Les herbes sont triées sur place par espèce, les espèces nouvelles sont identifiées au bureau.

RÉSULTATS

Nous aborderons dans un premier temps les résultats du suivi hydrique, puis le dépouillement des données concernant la végétation.

FONCTIONNEMENT HYDRIQUE DU SYSTÈME ARBRE-CULTURE

• **Pluviométrie**

La saison n'a pas connu de période sèche notable, la plus longue durée sans pluie avant le 31 août ayant été de 5 jours (du 30 juin au 4 juillet), au début de la saison des pluies. Il y a eu 49 jours de pluie pour un total pré-

cipité de 579 mm. Les quatre plus fortes pluies ** ont été de 92, 53, 44 et 41 mm (230 mm en tout, soit 40 % du total) ; les autres pluies n'ont pas dépassé 30 mm.

Les trois situations (sous houppier, limite de houppier, témoin) sont bien différenciées pour chacun des sites étudiés par un test de Student (tableau V).

* Le niveau de floraison est le rang de la première branche qui a une fleur en position 1 (sur le premier nœud) en prenant pour base la première branche fructifère.
 ** Moyenne calculée sur les pluviomètres-témoins.

TABLEAU V
Pluviométrie : résultats des comparaisons de moyennes *

	Arbre			
	1	2	3	4
Sous houppier par rapport à la limite du houppier	- 11 % ± 5,3 % (1)	- 17 % ± 4,6 % (3)	- 11 % ± 4,3 % (1)	- 14 % ± 5,4 % (1)
Limite du houppier par rapport au témoin	- 2,6 % ± 4,1 % (non significatif)	- 7,8 % ± 2,2 % (2)	- 9 % ± 3,0 % (2)	- 8,3 % ± 2,3 % (2)
Sous houppier par rapport au témoin	- 19 % ± 4,3 % (3)	- 23 % ± 4,6 % (3)	- 21 % ± 4,2 % (3)	- 25 % ± 4,0 % (3)

* Ces calculs ont été réalisés sur les pourcentages (V1-V2)/V2, où V1 représente la valeur à comparer et V2 la valeur de référence, de manière à ne prendre en compte que la différence relative entre situations et non la différence absolue, cette dernière étant très variable suivant l'intensité de la pluie.
 (1) Différence significative au seuil d'erreur de 5 %.
 (2) Différence significative au seuil d'erreur de 1 %.
 (3) Différence significative au seuil d'erreur de 1 pour mille.

TABLEAU VI
Pluviométrie totale recueillie par les différents pluviomètres (en mm)

	Arbre				Moyenne
	1	2	3	4	
Sous houppier Différence par rapport au témoin	456 - 12 %	487 - 10 %	466 - 8 %	476 - 3 %	471 - 9 %
Limite du houppier Différence par rapport au témoin	491 - 5 %	510 - 6 %	487 - 4 %	458 * - 7 %	486 - 6 %
Témoin	517	543	509	492	515

* Valeur biaisée : le pluviomètre a été en réparation du 29 juillet au 1^{er} août.

Globalement, la pluviométrie suit un gradient croissant qui va de l'arbre vers l'extérieur (tableau VI).

• **Ruissellement**

34 pluies sur 49, qui totalisaient chacune moins de 11 mm, se sont totalement infiltrées. Les 15 pluies ayant donné lieu à du ruissellement atteignaient ou dépassaient 11 mm, à l'exception de celle du 8 août (8,4 mm).

La lame d'eau ruisselée globale représente environ 30 % des précipitations dans tous les cas.

Une analyse de variance effectuée sur la variable « lame ruisselée » ou « coefficient de ruissellement » ne montre pas de différence entre la situation « sous houppier » et le témoin.

• **Nappe phréatique**

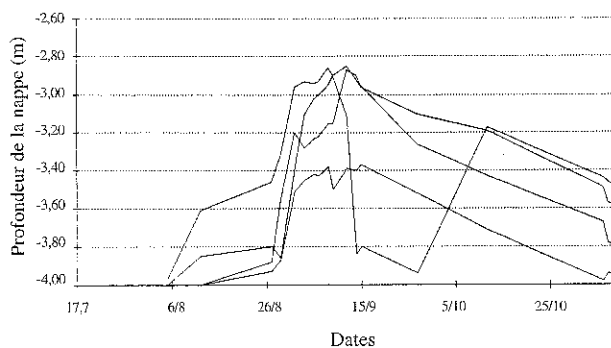
La nappe phréatique a commencé à être détectable dans les tubes piézométriques à partir du 5 août (cf. fig. 6). Elle n'est pas montée au-delà de 2,80 m sous la surface du sol et ne perturbe donc pas l'évaluation du bilan hydrique. Les différences de niveau observées sont dues aux différences de relief entre les différents points de mesure.

La recharge de la réserve hydrique se fait en majeure partie par une assistance de nappe, au moins dans les horizons au-delà de 3 m.

• **Profils hydriques**

Les profils hydriques obtenus ressemblent plus à des profils de vertisols que de terrains alluviaux (voir les travaux de EYOG MATIG, 1982 et MASSE, 1992). En effet, dans tous les cas, l'infiltration ne dépasse pas les 60 à 80 premiers centimètres, en

FIGURE 6
Evolution de la nappe phréatique
du 17 juillet au 11 novembre 1992 sous 4 arbres.



donnant un profil d'humectation similaire à celui d'un sol argileux au lieu d'humecter uniformément l'ensemble du profil.

La texture des horizons permet d'expliquer cette observation.

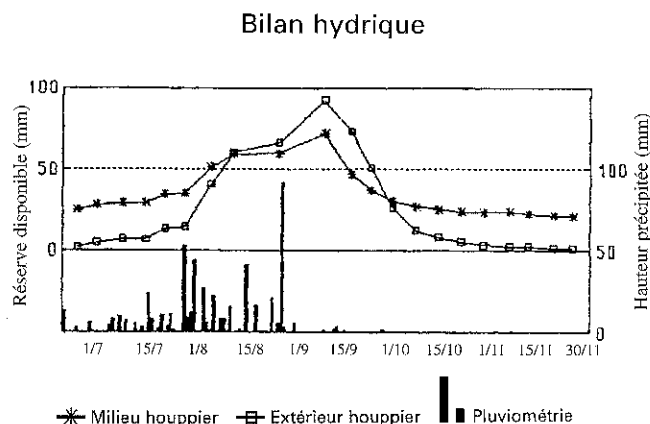
• **Evolution de la réserve hydrique - Profils racinaires**

Huit profils racinaires ont été réalisés (un pour chaque témoin, un sous chaque canopée), qui montrent d'une part que les cultures ne prospectent qu'une couche très superficielle du sol (de 25 à 80 cm maximum), d'autre part qu'il n'y a pour ainsi dire pas de racines de *Faidherbia* dans ces mêmes couches : ceci est la confirmation (pour le cas étudié) que *Faidherbia albida* ne concurrence pas la culture sous-jacente pour l'eau.

En conséquence, nous avons calculé la réserve disponible sur une épaisseur de sol de 80 cm, limite pros-

FIGURE 7

Stock hydrique du sol sous houppier et hors houppier de *Faidherbia albida* pendant un cycle de culture du coton, saison 92, sur sol alluvial, moyenne de quatre grands arbres.



pectée par les racines (cf. fig. 7). Cette réserve est plus élevée pour les tubes sous houppier en début et en fin de cycle cultural. La différence n'est significative que dans un seul cas (entre les tubes « milieu de houppier » et « témoin » de l'arbre 3), mais cela est peut-être dû à l'imprécision entourant la détermination de l'humidité volumique pour $pF = 4,2$.

• **Consommation de l'eau**

Nous avons calculé la partie consommée Z de l'eau infiltrée à chaque date de mesure d'humidité du sol, d'après l'équation du bilan hydrique :

$$Z = ETR + D - C = P - R - \Delta S$$

où ETR est l'évapotranspiration réelle, D le drainage, C les remontées capillaires, P les précipitations, R le ruissellement et ΔS la variation de stock hydrique.

Dans cette équation, C est nul du fait de l'absence de nappe et de drainage vertical, sans quoi le profil hydrique serait humecté en profondeur. On ne peut toutefois rien dire du drainage latéral, qui reste une inconnue.

D'après nos mesures, plus des trois quarts de l'eau infiltrée ne se retrouvent pas dans le stock : elle serait donc évapotranspirée. Il reste cependant possible que le ruissellement réel soit plus important que celui mesuré. En effet, les petites parcelles de $1m^2$, en éliminant l'effet cumulatif du ruissellement, minimisent

très certainement les quantités perdues à la surface du sol.

• **Conclusion sur le fonctionnement hydrique du système arbre-culture**

Nous avons déterminé le seuil au-delà duquel commence le ruissellement. Bien que causant la perte d'un tiers des pluies, celui-ci n'est pas limitant pour la culture. D'après les chiffres de Parry, le cotonnier a besoin durant son cycle de 120 à 320 mm d'eau* (chiffres d'évapotranspiration) pour parvenir à la floraison. On peut toutefois légitimement se demander si une meilleure infiltration n'aurait pas permis de constituer une réserve plus importante en prévision de la fin du cycle de végétation : le cotonnier étant une plante à floraison indéterminée, il peut mettre à profit toute l'eau disponible pour édifier sa production et 300 mm supplémentaires ne sont pas négligeables.

Il semblerait, par ailleurs, qu'il y ait plus d'eau disponible en début et en fin de cycle cultural sous le houppier de l'arbre.

LA VÉGÉTATION : SON ÉVOLUTION, SES CONSÉQUENCES

• **Phénologie des arbres**

Les quatre individus de *Faidherbia albida* étudiés ont eu un comportement très différent à cet égard, depuis l'arbre 1, dont la feuillaison a démarré vers le 10 août, jusqu'à l'arbre 2 qui est resté pleinement feuillé du début à la fin de l'expérimentation (cf. fig. 8).

On retrouve les mêmes tendances sur les courbes tracées à partir de l'indice lumineux de feuillaison IF**, mais les valeurs absolues diffèrent : deux arbres oblitèrent en permanence au moins 50 % de la lumière à cause de leurs branches.

• **Suivi de la culture**

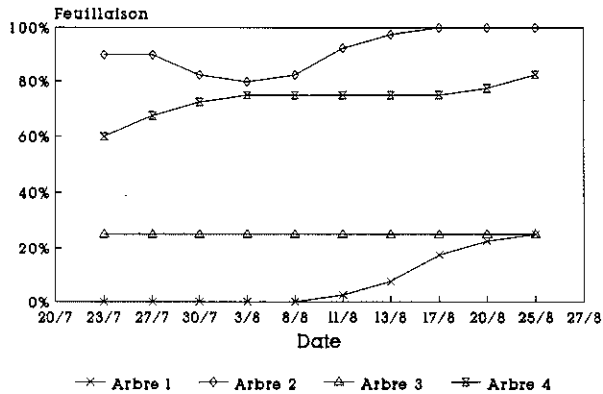
Le taux de survie des plants de coton semble évoluer de façon différente sous le houppier et sur le témoin dans le cas des sites 2 à 4 : même si la levée a été satisfaisante, il y a une diminution du taux de survie sous la canopée qui, par contre, reste constant sur le témoin.

* PARRY, 1982, p. 75 : de 1 à 2,5 mm/jour du 10^e au 40^e jour après le semis, puis 1,5 à 7 mm/jour pour les 35 jours suivants, ce qui donne une fourchette de 117,5 à 320 mm au total.

** IF = LT/LD où LT et LD représentent respectivement la lumière transmise au travers du feuillage et celle mesurée en plein découvert.

FIGURE 8

Evolution de la feuillaison de quatre arbres pendant une saison des pluies.



On ne note pas de tendance d'ensemble en ce qui concerne la hauteur moyenne et les stades juvéniles d'évolution (stades « cotylédons », « une feuille », « deux feuilles »). Au contraire, le nombre de plants « plus de deux feuilles mais non fleuris » diminue plus vite sur le témoin, au profit des plants fleuris. Cela se passe quel que soit l'état initial des placeaux sous houppier par rapport au témoin. Cependant, même

pour les témoins « en retard », la hauteur moyenne des témoins est au moins égale à celle des « sous houppier ». La floraison semble également retardée sous le houppier de l'arbre. Le cycle biologique des cotonniers est donc plus bref en pleine lumière qu'à l'ombre d'un houppier.

• **Enherbement**

Les placeaux témoins restent « propres » plus longtemps dans trois cas (sites 2, 3, 4) sur quatre jusqu'au 11 août, puis cette tendance s'inverse dans le site 4. Le site 1 ne donne rien d'interprétable.

Lors de chaque sarclage, la biomasse totale récoltée sous les arbres est supérieure à celle que l'on trouve sur les placeaux témoins (tableau VII). Le calcul de l'indice de Shannon montre par ailleurs une plus grande diversité floristique dans les témoins (tableau VIII, p. 118). Le microclimat créé par l'arbre défavorise donc la richesse floristique mais favorise la production (biomasse). Malgré le développement plus important des adventices sous les arbres, les cotonniers sont également plus hauts.

• **Erosion**

Les départs de matériaux d'érosion ont pu atteindre 2,3 à 5,5 t/ha, lors du seul épisode pluvieux du 31 juillet, sans toutefois dépasser 1,8 t/ha le reste du temps. L'ensemble des matériaux arrachés atteint 2,4 à 14 t/ha pour la période d'étude. Ce dernier chiffre

TABLEAU VII
Biomasse des herbes de sarclage
Poids sec total en g

Date	Sites																Total
	1				2				3				4				
	H1	H2	S1	S2	H1	H2	S1	S2	H1	H2	S1	S2	H1	H2	S1	S2	
20/07/92									34	274	255	372					935
30/07/92	32	23	248	262													566
13/08/92													1070	811			1881
18/08/92											733						733
21/08/92			264														264
24/08/92									680	1170	5718	6321	526				13889
26/08/92					370	451	1030	628									2479
27/08/92	54	54															109
Total	86	78	513	262	370	451	1030	628	714	1444	6706	6693	526	0	1070	811	15682

H1 et H2 : placeaux hors houppiers.
S1 et S2 : placeaux sous houppier.

TABLEAU VIII
Calcul de l'indice de diversité (Shannon) de chacun des relevés « sarclage »

Date	Sites															
	1				2				3				4			
	H1	H2	S1	S2	H1	H2	S1	S2	H1	H2	S1	S2	H1	H2	S1	S2
20/07/92									0,46	1,10	0,39	0,93				
30/07/92	0,00	2,06	0,85	0,83												
13/08/92															0,0	0,0
18/08/92											0,17					
21/08/92			1,69													
24/08/92									2,75	1,35	0,03	0,64	2,84			
26/08/92					1,74	1,74	1,87	1,37								
27/08/92	1,10	1,09														

H1 et H2 : placeaux hors houppier.
S1 ET S2 : placeaux sous houppier



Cotonniers en fleur dans un jeune parc à faidherbia.

ramené à la surface représente une épaisseur de sol de 0,02 à 0,12 mm. Une telle érosion n'est bien sûr pas perceptible à l'œil nu aux endroits de nos mesures sur la durée d'une campagne.

Un essai de corrélation entre la lame ruisselée et le départ de matériaux ne donne guère de résultats probants. En effet, l'importance de l'arrachage des particules de la surface du sol est liée à la fois à l'état de surface du sol, qui a varié au cours de la campagne, et

à l'énergie cinétique moyenne que possèdent les gouttes en frappant le sol. Celle-ci dépend de l'intensité de la pluie, que nous n'avons pas mesurée.

Il n'y a pas de différence significative entre la position « sous houppier » et le témoin. Les parcs à *Faidherbia albida* auraient donc peu d'effet sur l'érosion de par la nature non couvrante de leur litière. En effet, les feuilles très fines sont décomposées rapidement et les gousses sont consommées par le bétail au fur et à mesure de leur chute. Il est cependant très probable que l'apport de matière organique par l'arbre et le bétail améliore la résistance du sol à l'érosion, cet effet bénéfique pouvant être masqué par le surpiétinement de saison sèche.

SYNTHÈSE

Quelles réponses avons-nous apporté aux questions initiales ?

La disponibilité de l'eau pour les cultures semble peu affectée par la présence de l'arbre. S'il influe sur le stock hydrique à disposition de la plante, cette influence serait bénéfique, dans le sens d'une disponibilité en eau plus grande en début et en fin de cycle cultural. Ces premiers éléments, ainsi que les profils racinaires, confirment l'hypothèse selon laquelle *Faidherbia albida* ne concurrencerait pas la culture, mais puiserait plus loin dans la nappe.

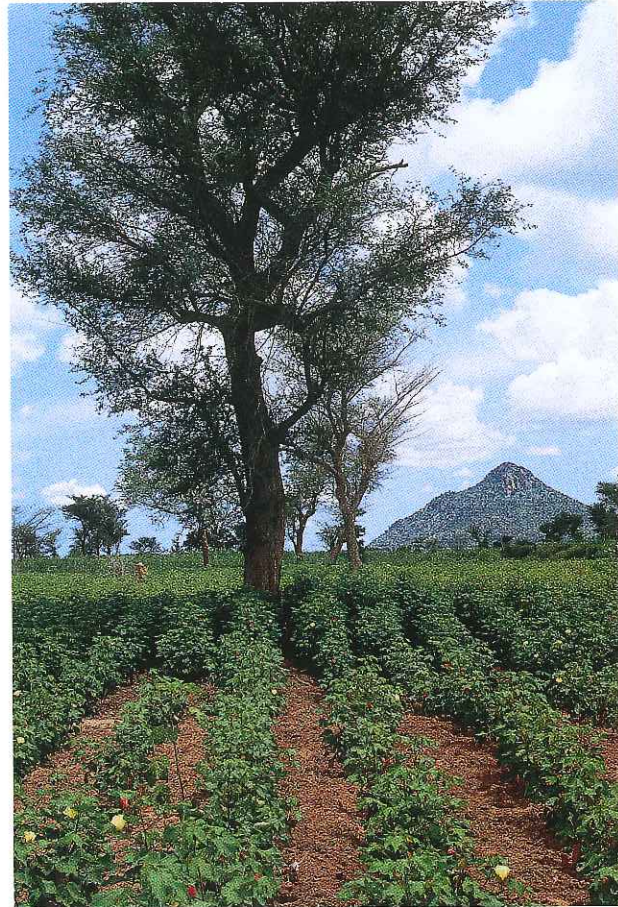
L'évolution de la végétation est différente à l'ombre d'un arbre. La culture (le coton) semble avoir un cycle

végétatif préfloral allongé. La communauté végétale des adventices profite également du microclimat et se développe de façon moins diversifiée, mais plus productive. L'enherbement plus élevé (en biomasse) sous l'arbre, qui nécessite plus de sarclages, est un point défavorable à la conservation de cette espèce dans les champs. Cependant, malgré le développement plus important des adventices sous les arbres, les cotonniers sont également plus hauts.

Le développement plus important de la végétation sous les arbres serait dû à la réduction de l'ETR sous couvert augmentant la disponibilité en eau pour les plantes associées (cotonniers et adventices), ce qui signifie également une plus grande disponibilité en éléments nutritifs. Cette constatation a déjà été faite par BERNHARD-REVERSAT, 1982 et GROUZIS *et al.*, 1991, sur le développement plus important de la strate herbacée sous les couverts arborés de la steppe sahélienne au Sénégal.

L'effet dépressif de l'arbre sur la production de coton-graine, quand il existe, serait dû à l'ombrage et non à une éventuelle concurrence de l'eau ou des éléments nutritifs.

Sous *Faidherbia*, les cotonniers sont plus grands mais fleurissent plus tardivement.



CONCLUSION

Nous retiendrons de ces deux études les points essentiels suivants :

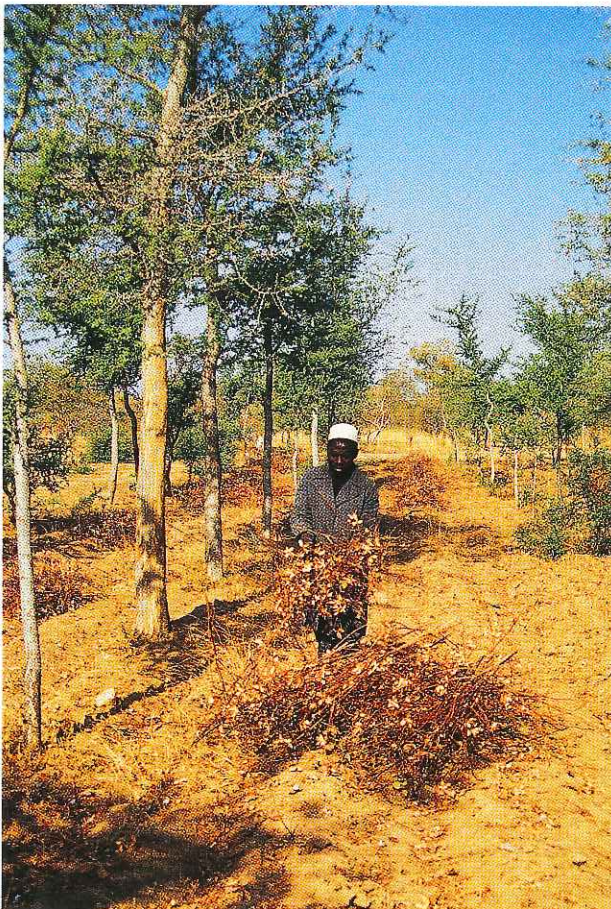
- L'influence de *Faidherbia albida* sur le rendement des cotonniers est fonction de la station.
- Le stock hydrique à disposition de la plante est modifié dans le sens d'une disponibilité en eau plus grande en début et en fin de cycle cultural. *Faidherbia albida* ne concurrencerait pas la culture, mais puiserait plus loin dans la nappe.

Certaines questions restent cependant posées, la première étant bien sûr de demander une confirmation ou une infirmation de nos résultats par les travaux d'autres chercheurs. La suite de ces travaux pourrait approfondir l'étude du régime hydrique des sols, puis

comparer cette étude avec d'autres études similaires réalisées sur d'autres couples arbres-cultures.

Il faudrait, par ailleurs, déterminer s'il existe réellement un « effet peuplement » ou « effet parc », c'est-à-dire si un ensemble de *Faidherbia albida* a plus d'effets positifs que la somme des effets d'arbres individuels étudiés à l'état isolé.

Il reste cependant acquis qu'il existe, en général, un effet positif de l'arbre sur la production cotonnière dans les parcs jeunes et sur station peu fertile, et un effet plutôt négatif (non significatif) dans les parcs anciens aux gros arbres et sur station fertile. L'amélioration du rendement sous les jeunes arbres serait dû à un microclimat plus favorable que dans les stations-témoins sans arbre, plus éclairées mais plus sèches et moins fertiles. Avec les vieux arbres, la



Coupe des tiges de coton en milieu de saison sèche dans un parc planté de dix ans. Bien qu'à cet âge *Faidherbia* n'ait pas d'effet significatif sur la production de coton, les mesures faites sur des arbres plus vieux permettent d'encourager ce type de plantation.

lumière devient le facteur limitant de la production de coton graine.

On peut en déduire des pratiques de gestion des parcs basées sur l'émondage raisonné des houppiers et sur le remplacement des arbres anciens par de jeunes sauvageons. ■

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEAUVILAIN (A.), 1989. — Nord-Cameroun : crises et peuplements. Thèse de doctorat ès Lettres, tome 1, Rouen, France, 307 p.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1982. — Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savanna. *GIKOS*, 32 : p. 321-332.
- CARSKY (R.J.), 1992. — Chemical characteristics of soil surface of 1991 TLU trials. Technical note n 3, TLU Maroua.

- Maroua, Cameroun, Institut de la Recherche Agronomique, 11 p.
- CHARREAU (C.), VIDAL (P.), 1965. — Influence de l'*Acacia albida* Del. sur le sol, nutrition minérale et rendements des mils *pennisetum* au Sénégal. *L'agronomie Tropicale*, série Agronomie générale, 6-7, p. 600-625.
- C.T.F.T., 1988. — *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. Monographie. Nogent-sur-Marne, France, C.T.F.T., 72 p.
- DAGET (J.), 1976. — Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'écologie 8. Paris, France, Masson, 172 p.
- DUBREUIL (P.), 1962. — Hydrologie de surface dans le Diamaré (Cameroun). Paris, France, Documentation O.R.S.T.O.M.
- EYOG MATIG (O.), 1982. — Contribution à la sylviculture de l'Eucalyptus au nord-Cameroun. Thèse de troisième cycle, Toulouse, France, Université Paul Sabatier, 110 p.
- GROUZIS (M.), NKINSKI (J.), FOURNIER (C.), 1991. — Interactions entre arbre et herbe au Sahel : effet sur la composition floristiques et sur l'efficiencia de l'eau. In : *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*, Paris, France, 1991. Groupe d'étude de l'arbre, p. 131-144.
- LIBERT (Ch.), 1990. — Influence des parcs arborés sur la production des cultures associées au nord-Cameroun. Mémoire de troisième année d'Ingénieur des Techniques Forestières, Nogent-sur-Vernisson, France, 62 p. + annexes.
- LOUPPE (D.), 1989. — Influence de *Faidherbia albida* sur les rendements agricoles. Nouvelle contribution. Communication présentée au Colloque National Forêt, Environnement et Développement à Dakar, 22-26 mai 1989. D.R.P.F. Sénégal, 10 p.
- LOUPPE (D.), 1990. — *Faidherbia albida* : L'arbre miracle du Sahel. L'Agroforesterie aujourd'hui, avril-juin 1989, vol. 1 n° 2. Nairobi, Kenya, ICRAF.
- MASSE (D.), 1992. — Amélioration du régime hydrique des sols dégradés en vue de leur réhabilitation. Cas des vertisols du nord-Cameroun. Thèse de Docteur-Ingénieur. Toulouse, France, Université Paul Sabatier, 137 p.
- OULDRA MALAI (J.-C.), 1990. — Influence de *Faidherbia albida* sur la production cotonnière à Baka (Tokombéré). Mémoire d'Ingénieur Agronome, Centre Universitaire de Dschang, Cameroun, 62 p. + annexes.
- PARRY (G.), 1982. — Le cotonnier et ses produits. Coll. Techniques agricoles et productions tropicales. Paris, France, Maisonneuve & Larose, 502 p.
- RAISON (J.P.), 1988. — Les « parcs » en Afrique : Etat des connaissances et perspectives de recherche. Document de travail. Paris, France, Centre d'Etudes Africaines EHESS, 117 p.
- SEIGNOBOS (Ch.), 1982. — Nord-Cameroun : montagnes et hautes terres. Coll. Architectures traditionnelles, Série monographies. Roquevaire, France, Editions Parenthèses, 188 p.

C. LIBERT
Office National des Forêts
BASTIA (France)
O. EYOG MATIG
Institut de la Recherche Agronomique
BP 223
EDEA (Cameroun)

Crédit photos : R. PELTIER

RÉSUMÉ

Les auteurs ont réalisé une étude sur l'association *Faidherbia albida*/coton dans le parc arboré du village de Tokombéré, en zone soudano-sahélienne du Nord-Cameroun. Le substrat géologique est constitué d'alluvions récentes sableuses. La pluviométrie moyenne est de 800 mm.

Une parcelle de 38 ha a été suivie. La densité des *Faidherbia albida* y est de 5,5 arbres/ha avec les caractéristiques suivantes : surface terrière : 1,8 m²/ha, couvert des houppiers : 8,7 % de l'espace, hauteur moyenne : 12 m, diamètre moyen : 0,56 m.

Une première étude a porté sur l'effet de 15 arbres isolés sur la croissance du coton en comparant la partie sous houppier de *Faidherbia albida* et la partie hors houppier, jusqu'à 20 m des limites de celui-ci. On a constaté que sous houppier, la densité des plants de cotonnier est plus faible de 20 % mais que ceux-ci sont plus grands et de taille plus régulière. Le poids moyen capsulaire y est supérieur. Enfin, le rendement en coton-graine y est plus élevé sur les sols les moins fertiles et moins élevé sur les sols plus fertiles.

Une deuxième étude a porté sur la comparaison entre un parc dense de jeunes *Faidherbia albida* (37 arbres/ha, 34 cm de diamètre moyen, 26 % de couvert de houppier, 70 m² de surface moyenne des houppiers) et une zone voisine où les arbres sont très rares. Bien que dans la partie hors parc, les rendements soient élevés (1,6 t/ha) ceux-ci augmentent de 32 % sous parc. L'effet sur le rendement cotonnier d'un parc dense semble donc plus favorable que celui d'un arbre isolé.

Les caractéristiques des 40 premiers cm de sol ont été comparées sous et hors houppier, pour 3 jeunes et 3 vieux arbres. Bien que le faible nombre d'arbres ne permettent pas de conclusions formelles, c'est sous les vieux arbres que les paramètres du sol semblent avoir été davantage modifiés par *Faidherbia albida* : le pH, la teneur en C organique et en N total et le C/N y sont plus élevés en surface.

Une troisième étude a porté sur la disponibilité en eau pour les cultures de coton, en comparant les zones sous houppier de 4 arbres (2 grands à port en V et 2 courts à port en boule) à des témoins situés à 25 m de ceux-ci. Les précipitations ont été mesurées à l'aide de pluviomètres, l'érosion et le ruissellement à l'aide de micro-parcelles de 1,25 m². L'humidité du sol jusqu'à 1,6 m de profondeur a été suivie à l'aide d'une sonde à neutron Campbell.

L'état de feuillaison, de floraison et de fructification des arbres a été estimé visuellement ; le premier paramètre étant vérifié à l'aide d'une cellule photo-électrique. Pour le cotonnier, sur des placeaux de 10 m², on a suivi les paramètres suivants, deux fois par semaine pendant toute la saison de végétation : stade phénologique de développement, hauteur des plants, niveau de floraison. Sur ces mêmes placeaux, l'évolution de l'enherbement a été mesurée par cotation visuelle et par récolte au moment des sarclages. Enfin des profils racinaires ont été réalisés sur 80 cm de profondeur.

Les résultats suivants ont été trouvés :

- Les racines de cotonnier atteignent au maximum 80 cm. Dans cette zone, on ne trouve pas de racines de *Faidherbia albida* ; il convient donc de calculer la réserve en eau disponible dans cette épaisseur de sol ; elle est plus élevée sous houppier en début et en fin de cycle cultural.

- La phénologie des arbres est très différente suivant les individus, le plus précoce étant totalement feuillé à la mi-juillet, le plus tardif ne commençant la feuillaison qu'à la mi-août. Deux arbres sur quatre interceptent plus de 50 % de la lumière pendant toute la durée de végétation du cotonnier.

- Le suivi du cotonnier montre que sous la canopée, la floraison est plus tardive et les plants sont plus grands. Parallèlement, les mauvaises herbes se développent mieux sous houppier mais sont moins diversifiées, le sarclage y est plus contraignant.

- Les autres paramètres mesurés n'ont pas donné de résultats significatifs.

En conclusion, les auteurs rappellent que l'influence de *Faidherbia albida* sur le cotonnier est fonction de la station, l'effet sur la production d'un peuplement semble supérieur à celui des arbres isolés, la disponibilité en eau au profit du cotonnier est plus grande en début et en fin de cycle cultural. A priori, il n'existe pas de concurrence pour l'eau et les éléments minéraux entre l'arbre et la culture ; l'effet dépressif, quand il existe, serait dû à l'ombrage. Ils estiment cependant que ces travaux encore partiels doivent être confirmés.

Mots-clés : Plante d'ombrage. Plante de protection. Culture en mélange. Productivité. Teneur en éléments minéraux. Floraison. Phénologie. Relation plante-eau. Relation plante-sol. Potentiel hydrique. *Faidherbia albida*. *Gossypium*.

ABSTRACT

The authors carried out a study of the *Faidherbia albida* cotton association in the parklands of the village of Tokombéré, in the Sudano-Saharan zone of northern Cameroon. The geological substratum is made up of recent sandy alluvia. Average rainfall is 800 mm.

A 38 hectare plot was studied. In it, *Faidherbia albida* density is 5.5 trees/ha with the following characteristics : basal area at B.H. : 1.8 sq.m/ha ; crown cover : 8.7 % of the area ; average height : 12 m ; average diameter : 0.56 m.

An initial study focused on the effect of 15 isolated trees on the growth of cotton, comparing the part beneath *Faidherbia albida* crowns and the part beyond the crowns, up to 20 m from the outer edge of the crown. It was noted that, beneath the crown, the density of cotton plants was 20 % lower, but that the plants were larger and more evenly sized. The average capsular weight for them was higher. Last of all, the cotton yield was higher beneath *Faidherbia albida* in less fertile soils, and lower in more fertile soils.

A second study concentrated on a comparison between a dense parkland area with young *Faidherbia albida* trees (37 trees/ha, average diameter of 34 cm, 26 % crown cover, average crown area of 70 sq.m) and a nearby zone where trees were very few and far between. Although yields were high (1.6t/ha) in the part outside the parkland, they increased by 32 % in the parkland. The effect of dense parkland on cotton plant yield would thus seem to be more favourable than the effect of an isolated tree.

The characteristics of the top 40 cm of soil were compared beneath and beyond crowns, taking three young and three old trees. Although the small number of trees precludes any formal conclusions, it was under the old trees that the soil parameters seemed to have been more markedly changed by *Faidherbia albida*. Here, the pH, level of organic C and total N and C/N were higher on the surface.

A third study dealt with the availability of water for cotton crops, comparing the zones beneath crowns of four trees (two large specimens with a V-shaped configuration, and two short round-shaped trees) with control specimens situated 25 m from these. Precipitation was measured with pluviometers, erosion and run-off with 1.25 sq.m micro-plots. Soil humidity to a depth of 1.6 m was checked with the help of a Campbell neutron probe.

The state of the trees' leaf formation, flowering and fruiting was estimated by eye, and the first parameter was checked with the help of a photo-electric cell. For the cotton plant, in 10 sq.m seed spots, the following parameters were followed up, twice a week throughout the vegetative season : phenological development stage, height of seedlings, level of flowering. In these same seed spots, the development of grass growth was measured by visual estimation and by harvest at the moment of weeding. Last of all, root profiles were drawn up to a depth of 80 cm.

The following findings emerged :

- cotton plant roots reach a maximum depth of 80 cm. In this zone, no *Faidherbia albida* roots are found. So it is advisable to calculate the available water reserve at this soil depth ; it is greater beneath crowns at the start and end of the crop cycle ;

- the phenology of the trees differs greatly from one specimen to the next, the earliest being totally in leaf by mid-July, and the latest not starting to form leaves until mid-August. Two out of four trees intercept more than 50 % of the light throughout the cotton plant's vegetative period ;

- cotton plant follow-up shows that beneath the canopy, flowering occurs later and the plants are larger. At the same time, weeds develop better beneath crowns, but they are less diversified, and weeding needs more work ;

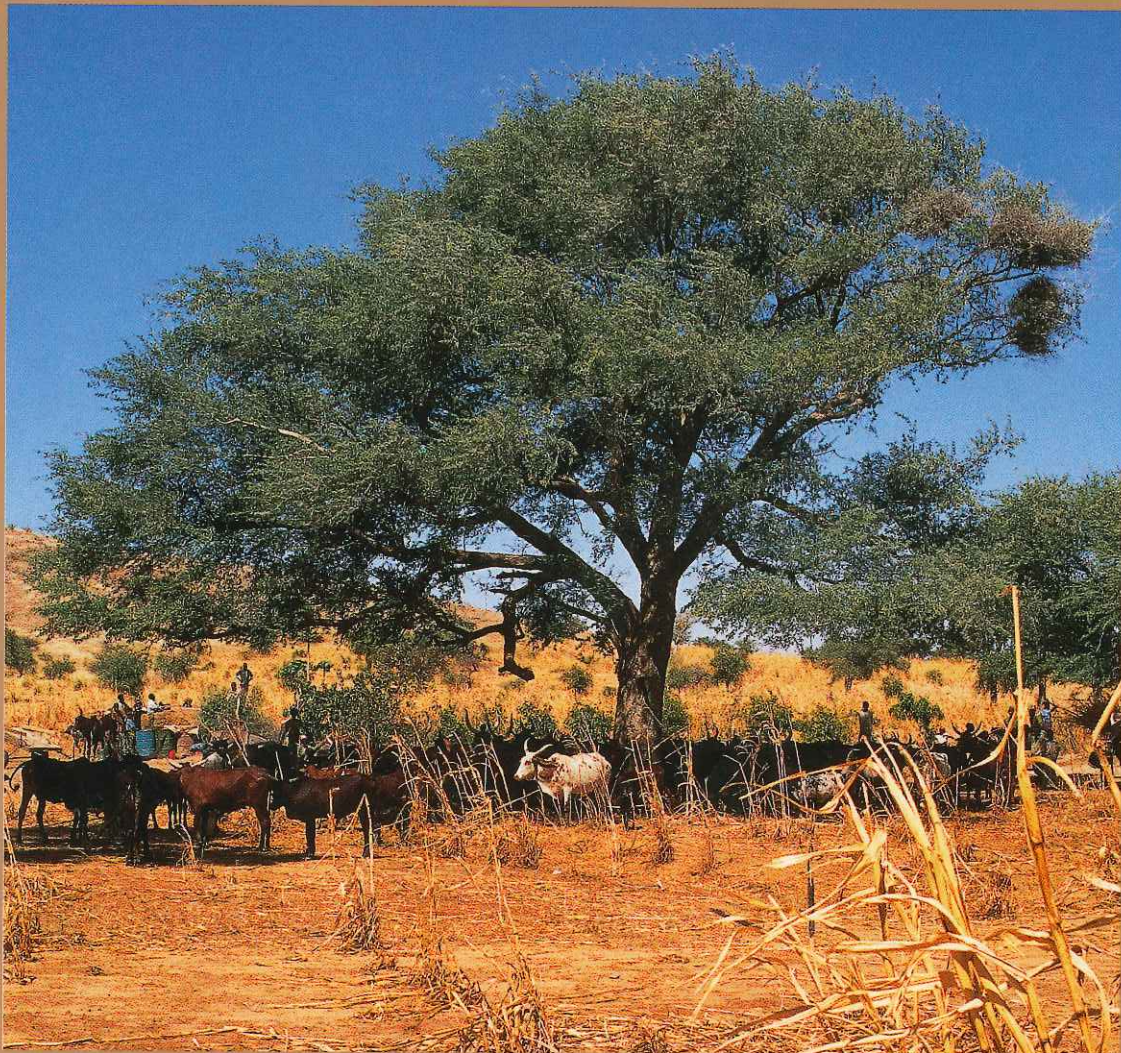
- the other parameters measured did not give any significant results.

In conclusion, the authors note that the influence of *Faidherbia albida* on the cotton plant has to do with the station. The effect on production of a stand seems to be greater than that of isolated trees ; water availability, benefiting the cotton plant, is greater at the start and end of the crop cycle. A priori, there is no competition for water and mineral elements between tree and crop. If or when there is a depressive effect, this is due to shadiness. The authors nevertheless reckon that these still incomplete studies require confirmation.

Mots-clés : Shade tree. Protective plants. Mixed cropping. Productivity. Mineral content. Flowering. Phenology. Plant water relation. Plant soil relation. Water potential. *Faidherbia albida*. *Gossypium*.

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 (IDEFOR 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.

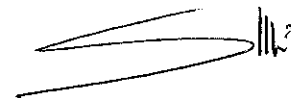
Ces systèmes sont traditionnels en Afrique soudanienne mais leur fonctionnement est si subtil qu'il reste mal connu des chercheurs. Quant aux paysans, si des siècles de pratique leurs ont permis d'en cerner les intérêts et les limites dans des conditions écologiques et socio-économiques données, ils 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.