

IDENTIFICATION DES PARCS À *FAIDHERBIA ALBIDA* PAR TELEDETECTION

Premiers travaux réalisés au Nord-Cameroun

par Christine TRIBOULET, télédétection, ORSTOM



En saison sèche, *Faidherbia albida* (au second plan) est couvert de feuillage vert (identifiable par télédétection) alors que les cultures pluviales ont disparu et que la plupart des arbres (un baobab au premier plan) sont dénudés.

Les travaux de C. SEIGNOBOS (1982a) et C. LIBERT (1990) ont montré la présence de vieux parcs à *Faidherbia albida* construits en général par les agropasteurs peuls sur les terrains alluviaux qui bordent les rivières temporaires (madjé) de la région de Maroua, au Nord-Cameroun. C. SEIGNOBOS a également mis l'accent sur l'extension de nouveaux parcs sur les piémonts des massifs situés au nord-ouest de cette ville, suite à la descente en plaine des groupes montagnards. Cependant, cette approche qualitative souffre du manque d'estimation quantitative ; à ce jour, personne ne peut avancer de chiffres sérieux sur l'extension réelle de ces anciens ou de ces nouveaux parcs.

C'est pourquoi l'auteur de la présente étude a cherché à déterminer s'il était possible de calculer la surface et/ou la densité des parcs par une analyse d'images-satellite complétée par des inventaires au sol. Le temps et les moyens consacrés à cette étude étant très limités, il n'a pu être réalisé qu'un travail exploratoire de courte durée.

CARACTÉRISTIQUES DU VÉGÉTAL ET DE L'OUTIL SATELLITAIRE

Le calendrier phénologique particulier de *Faidherbia albida*, décalé par rapport aux autres espèces *, ainsi que la signature caractéristique de la végétation active, nous ont permis d'utiliser l'imagerie satellitaire pour discerner les zones d'implantation des parcs arborés.

Des relevés de terrain ont fourni les informations complémentaires indispensables à l'interprétation des zones sélectionnées.

LE COMPORTEMENT SPECTRAL DES VÉGÉTAUX

Quels que soient le type de formation végétale observé et le niveau de perception considéré, l'aspect général d'une courbe de réflectance est assez constant, même si les valeurs varient beaucoup par ailleurs (GIRARD et GIRARD, 1989, p. 22 et SS. BARIOU, LECAMUS, LE HENAFF, 1985, p. 11).

Dans le domaine visible, les végétaux ont un comportement spectral lié à leur composition en pigments, pigments parmi lesquels la chlorophylle joue un rôle particulièrement actif: les valeurs de réflectance varient de façon inverse à la teneur en pigments chlorophylliens de la végétation considérée.

Dans le domaine du proche infrarouge, les pigments (dont la chlorophylle) n'influencent plus le comportement spectral; la réflectance est forte.

Le comportement des végétaux chlorophylliens est donc a priori suffisamment typique et constant pour être isolé des autres objets qui composent les paysages. Mais il faut pour cela que la végétation active recouvre au minimum 30 % de chaque tachèle ** considérée (GIRARD et GIRARD, 1989). Si ce pourcentage n'est pas atteint et que la végétation active est mélangée à de la végétation sénescence ou à des sols nus, les valeurs enregistrées ne sont pas caractéristiques de la végétation active, même si celle-ci est malgré tout intégrée dans la signature spectrale. Il est alors difficile, voire impossible, d'identifier les pixels *** incluant de la végétation active.

L'OUTIL SATELLITAIRE

Sachant qu'il est possible, dans certaines conditions, de percevoir l'activité végétale sur les images

satellitaires, il était intéressant d'évaluer les possibilités de distinction de certaines formations végétales et plus particulièrement des parcs à *Faidherbia albida*.

Dans cet objectif, le satellite SPOT a été choisi pour ses qualités de haute résolution spectrale et surtout spatiale ****. Le satellite offre des informations dans trois bandes spectrales auxquelles sont attribuées, par convention, des couleurs (cf. tableau I).

TABLEAU I
Caractéristiques des canaux SPOT

Canal	Longueur d'onde	Domaine	Couleur sur image
xs1	de 0,50 à 0,59 μm	visible	bleu
xs2	de 0,615 à 0,68 μm	visible	vert
xs3	de 0,79 à 0,89 μm	infrarouge	rouge

La végétation active, particulièrement réfléchissante dans le canal xs3 auquel la couleur rouge a été attribuée, se manifesterait sur les compositions colorées standards par des teintes rouges plus ou moins vives et uniformes.

* Les qualités de cet arbre ont été étudiées et reconnues par de nombreux auteurs (PELLISSIER, 1966 et 1980; GOUROU, 1991; SEIGNOBOS, 1982 a et b. Ministère de la Coopération et du Développement, 1991), comme elles l'avaient déjà été par les cultivateurs et les éleveurs. Ses deux qualités principales sont un cycle végétatif inversé et une capacité à enrichir les sols.

** Tachèle (ou tache élémentaire): « élément d'aire de la scène résultant de l'intersection du champ de visée (...) du capteur avec la surface de terrain » (S. PAUL, 1991).

*** Pixel: acronyme d'origine anglo-américaine pour Picture Element, c'est-à-dire élément d'image. Plus petite surface homogène constitutive d'une image enregistrée.

**** Un pixel SPOT en mode multibandes est de 20 m x 20 m. Pour de plus amples informations sur le satellite SPOT, on consultera GIRARD et GIRARD, 1989, chapitre 3; BESCOND, 1984.

ÉTUDE D'UNE IMAGE DE SAISON SÈCHE

LE CHOIX DE LA DATE D'ENREGISTREMENT DE L'IMAGE

La date d'enregistrement de l'image a beaucoup d'importance et doit être choisie en fonction des objectifs de l'étude.

Nous avons à notre disposition trois images satellitaires SPOT, enregistrées en octobre, novembre et janvier mais, puisque nous recherchions la végétation active, des images de fin de saison des pluies auraient a priori pu convenir*.

L'observation des compositions colorées de fin de saison des pluies et début de saison sèche a mis immédiatement en évidence l'impossibilité de se servir des deux premières images pour cartographier les parcs. En effet la végétation, à cette période de l'année, est très active et la signature des arbres est complètement masquée par celle des strates inférieures, très développées (cf. fig. 1a). Cette intense activité végétale se traduit sur les images par une couleur rouge, presque continue sinon homogène, résultat de l'amalgame des signatures radiométriques de la végétation spontanée, temporaire ou permanente, et de la végétation agricole et agroforestière (cf. fig. 1b).

En janvier, par contre, la situation est différente : toutes les cultures pluviales ont été récoltées ; quant à la végétation naturelle, la strate herbacée est desséchée ou a disparu, les strates buissonnantes, arbustives et même arborées se sont rétractées car de nombreuses espèces sont défeuillées (cf. fig. 1c). C'est à cette période que *Faidherbia albida*, en pleine feuillaison, contraste le plus avec son environnement (cf. fig. 1d).

Notre hypothèse est que, même s'il n'est pas toujours très dense, son houppier absorbe suffisamment de lumière pour atteindre le seuil des 30 % de recouvrement et influencer la signature radiométrique du pixel. Il faut toutefois que la taille de l'arbre soit suffisamment importante pour cela ou que plusieurs indi-

vidus soient assez proches les uns des autres pour agir sur la signature d'un même pixel.

L'image du mois de janvier a donc été choisie pour effectuer l'étude.

L'IMAGE SATELLITAIRE

La scène est localisée dans la province de l'Extrême-Nord, en plaine du Diamaré, et centrée sur la ville de Maroua. La région étudiée mesure environ 60 km de côté et ses limites sont le mayo Motorsolo et Bogu au nord, Laf au sud, les abords des dunes sableuses de la plaine de Kalfou à l'est et les piémonts Mandara et le mont Loulou à l'ouest**.

La figure 2 est une composition colorée standard de l'image du 2 janvier 1987. Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, la végétation active apparaît en rouge.

Sur cette composition colorée apparaissent de nombreuses plages rouges ainsi que des linéaments : dans les vallées des principaux madjé, au fond des talwegs, en bordure des routes, ainsi que dans certains quartiers des principales agglomérations...

Tout ce qui apparaît en rouge ne signale pas, loin s'en faut, des parcs arborés. *Faidherbia albida* n'a pas le monopole de l'activité végétale en janvier...

En effet, si nous avons pu, par le choix d'une date d'arrière-saison, nous débarrasser de la végétation dont le calendrier phénologique suit celui des pluies, la végétation cultivée en contre-saison et la végétation sempervirente subsistent encore.

Sur les terres hydromorphes des karal***, le sorgho de contre-saison (mouskouari) repiqué en octobre-novembre s'est développé ; le recouvrement du sol par la culture est à son maximum. Pour les variétés les plus hâtives, le feuillage commence à jaunir ; mais, sur de nombreuses parcelles, le mouskouari est encore suffisamment actif pour provoquer une réponse spectrale caractéristique de la végétation verte.

Les champs d'oignons, cultivés en casiers le long des madjé, sont également très actifs puisqu'ils sont irrigués.

Quant à la végétation sempervirente, elle est surtout localisée dans les vergers (manguiers, anacardiens...), les plantations forestière (caïlcédrats...) et le long des rues et des routes (neems...).

* Au Nord-Cameroun, la saison des pluies dure de juillet à septembre.

** Le satellite suit une trace légèrement oblique et donc la scène l'est également. Les coordonnées géographiques suivantes sont donc approximatives : 10°20' à 10°40' de latitude nord ; 14°10' à 14°30' de longitude est.

*** Karal : sols argileux (vertisols).

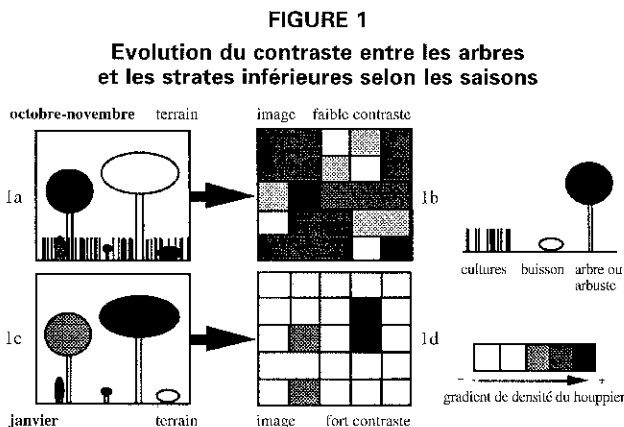
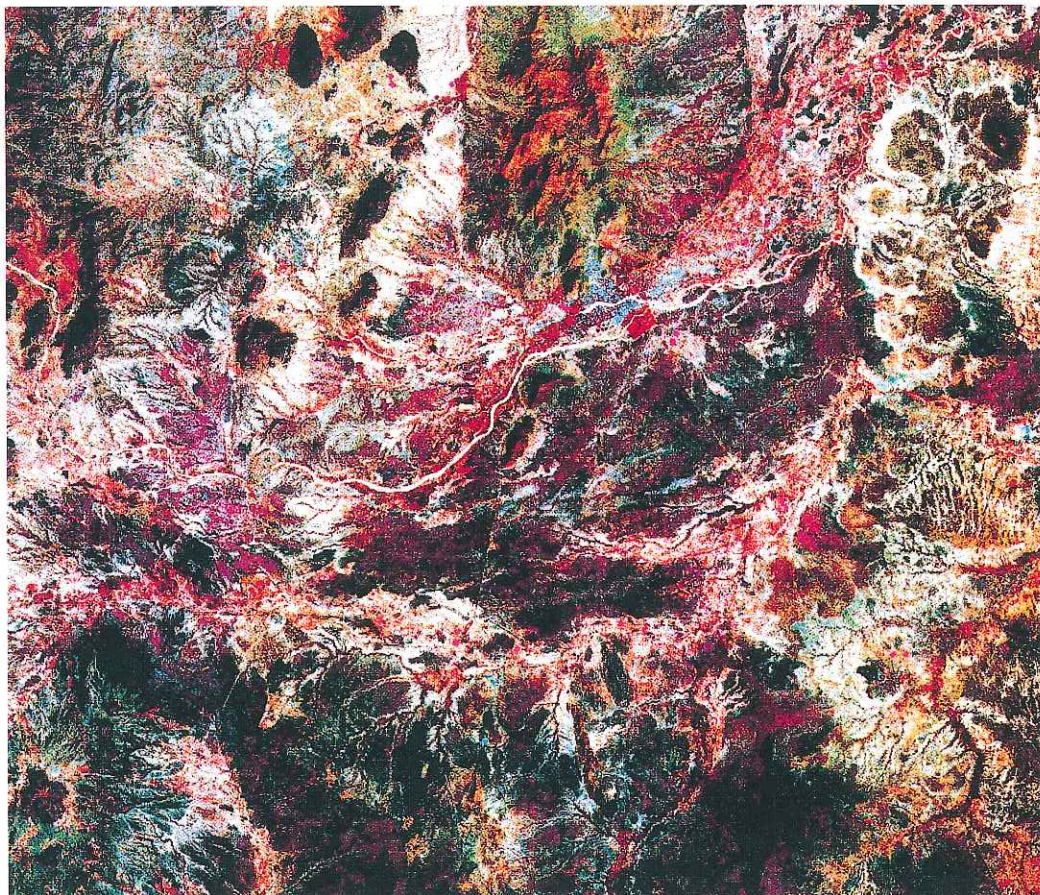


FIGURE 2

Composition colorée standard d'une image spot du 2 janvier 1987
dans la région de Maroua au Cameroun



En début de saison des pluies, à gauche, et en début de saison sèche, à droite, la végétation naturelle ou cultivée est active alors que *Faidherbia albida* n'est pas ou est peu feuillée si bien que la télédétection ne peut pas l'identifier.

TRAITEMENT DES DONNÉES INFORMATIQUES

TRI ENTRE LES PIXELS INFLUENCÉS PAR LA VÉGÉTATION ACTIVE

Notre premier objectif est donc d'éliminer au maximum les différentes formations dont l'activité interfère avec celle des parcs, pour mettre ceux-ci en évidence.

La sélection se fait en procédant à deux types de traitements en fonction des valeurs spectrales, puis de l'agencement des pixels.

Pour procéder au tri en fonction de la valeur des pixels, l'histogramme des valeurs est seuillé et une sélection automatique des pixels est ensuite effectuée sur l'image pour ne conserver que les pixels dont les valeurs sont comprises entre les bornes choisies *.

Cette première sélection nécessite de tester plusieurs seuillages jusqu'à obtenir un résultat que l'on juge satisfaisant.

Un premier essai a fait apparaître une multitude de pixels répartis de façon irrégulière à travers la région. Mais un minimum de connaissances de terrain a suffi pour se rendre compte que certains ne correspondaient pas à des arbres de parcs. C'était le cas :

- Des pixels qui apparaissent sur le bombement du socle où se situent Djougouf et Hosséré Goboré. Il ne peut s'agir que d'arbres ** appartenant aux formations boisées, claires, qui occupent cette zone et qui sont spontanées ; l'action anthropique se limite à des incursions pour prélever du bois et faire pâturer les troupeaux.

- Des pixels alignés le long des routes, qui n'appartiennent pas aux parcs arborés même si les essences qui composent ces alignements (*Cassia siamea*, *Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis...*) sont parfois utilisées pour en constituer.

- Enfin, de certains groupes denses de pixels, qui correspondaient sans doute à des champs de mouskouari. En effet, des signatures relevées au niveau des pixels isolés peuvent être similaires à celles de certains champs encore verdoyants.

Puisqu'il s'avérait que certaines valeurs radiométriques ne convenaient pas, celles-ci ont été « testées » les unes après les autres. N'ont été conservées que les valeurs pour lesquelles la majorité des pixels était

située à des emplacements probables de parcs. Par contre, lorsque la majeure partie des pixels apparaissaient, pour une signature donnée, dans des aires répertoriées comme étant des zones de forêts ou des terres de karal, la valeur correspondante a été abandonnée.

Ce premier traitement fait essentiellement disparaître les pixels correspondant aux champs de mouskouari. Mais les linéaments qui signalent les bordures des routes, les plantations... ont des valeurs proches de celles des parcs et n'ont pas été éliminés par cette méthode.

Une seconde étape est donc nécessaire, qui consiste à faire un tri en fonction de la disposition des pixels entre eux. En effet, la connaissance de la région étudiée permet de savoir que, dans les parcs, les arbres sont très rarement jointifs et qu'ils ne sont jamais alignés. Sachant cela, nous sommes autorisés à procéder à un second tri qui élimine les alignements de pixels ainsi que les particules comptant plus de quatre pixels connexes.

Cette seconde sélection fait disparaître de nombreux pixels de bordure de route mais non pas tous.

La figure 3 est une image binaire, sur laquelle les pixels de végétation active correspondant sans doute à des parcs arborés, apparaissent en noir alors que tous les autres ont été mis en blanc.

Il serait possible de restreindre encore le nombre de pixels « indésirables », en modifiant le seuillage de l'histogramme des valeurs ; mais l'opportunité de cette modification est discutable car cela ne manquerait pas de faire disparaître, en même temps que des pixels indésirables, d'autres qui correspondent réellement à des parcs. Le gain éventuel serait annihilé par les pertes.

Rappelons ici qu'une image n'est pas une photographie et qu'un pixel ne correspond pas obligatoirement à un arbre. Un pixel caractéristique de végétation active correspond à une surface sur le terrain où la végétation couvre 30 % et plus de la superficie. Mais ce taux peut être atteint par plusieurs arbres peu couvrants ou par un seul gros arbre à vaste houppier. Un seul arbre de très grande dimension peut parfois suffire à influencer la signature spectrale de plusieurs pixels (cf. fig. 4).

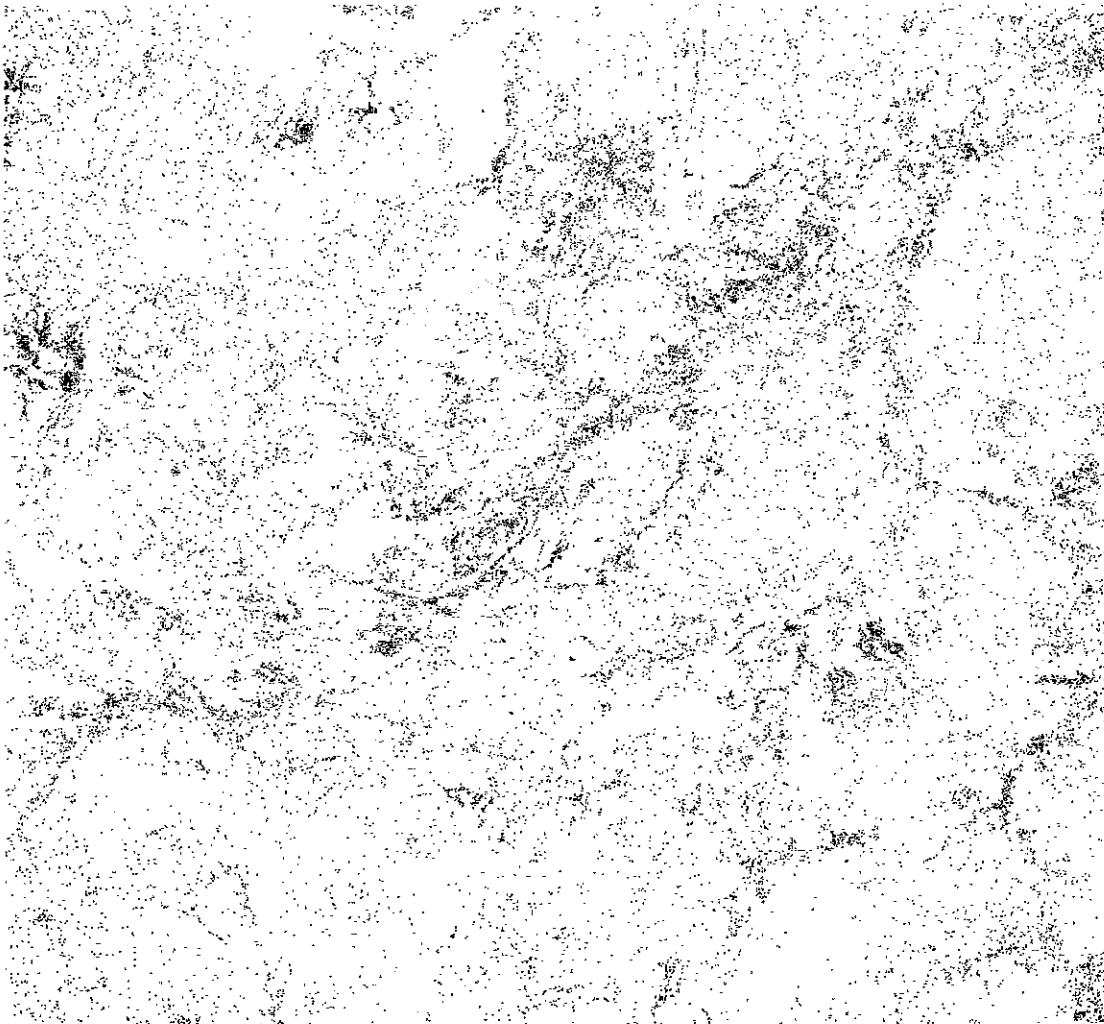
Il n'est donc pas question d'envisager un comptage des arbres en fonction du nombre de pixels. Tout au plus peut-on chercher une corrélation éventuelle, sur une zone donnée, entre le taux de pixels sélectionnés par le tri et la densité des arbres dans le parc, ou le taux de recouvrement des houppiers d'arbres actifs.

* Les programmes utilisés pour le seuillage et pour le tri des données sont présentés dans le guide de RAKOTRAVALONTSALAMA, ANDRIANASOLO et MERING, 1988.

** Dont plusieurs espèces de Ficus.

FIGURE 3

Image binaire sur laquelle les pixels de végétation active apparaissent en noir



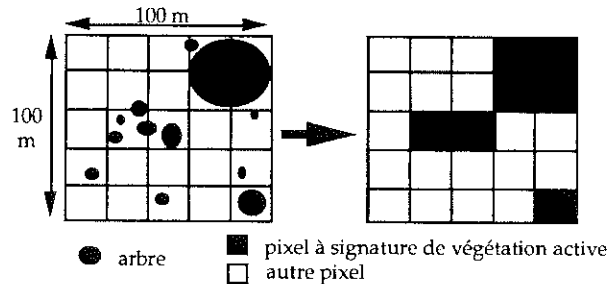
TRANSFERT DE L'IMAGE BINAIRE SUR SIG

Afin de faciliter la cartographie et de tenter de réaliser des études de densité par zone, nous avons estimé nécessaire de transférer les données de l'image binaire (cf. fig. 3) sur un Système d'Informations Géographiques (ARC Info).

Par ailleurs, une interprétation visuelle de la figure 2 a été nécessaire pour rentrer sur le SIG les limites et tracés des principales données topographiques (massif montagneux, rivières...) et de quelques routes. Enfin, le fonds de carte IGN a permis de repérer les coordonnées (latitude et longitude) de quelques points visibles sur la figure 2 et de « caler » ainsi l'image en coordonnées géographiques. Les points de végétation active situés dans la ville de Maroua (neems ou caïlce-

FIGURE 4

Différents cas de figure illustrant la non adéquation nombre d'arbres/nombre de pixels de végétation active



drats) ainsi que ceux situés sur les massifs montagneux (*Ficus spp.*) ont été éliminés. On trouvera en figure 5, p. 210, une carte obtenue ainsi.

PREMIERS RÉSULTATS ET LIMITES

EXTENSION ET LOCALISATION DES PARCS

La figure 5 nous permet de localiser les parcs arborés. Le semis de points verts se répand à travers tout le Diamaré, avec des localisations privilégiées dans les secteurs cultivés sur alluvions (vallées) et sur les piémonts de certains massifs montagneux *.

On note des densités particulièrement importantes sur les alluvions anciennes et récentes de la Tsanaga et du mayo Boula et, d'une façon générale, aux alentours

* Pour la correspondance entre la localisation des parcs arborés et les types de sols, on se reportera aux travaux de BRABANT et GAUVAUD, 1985.

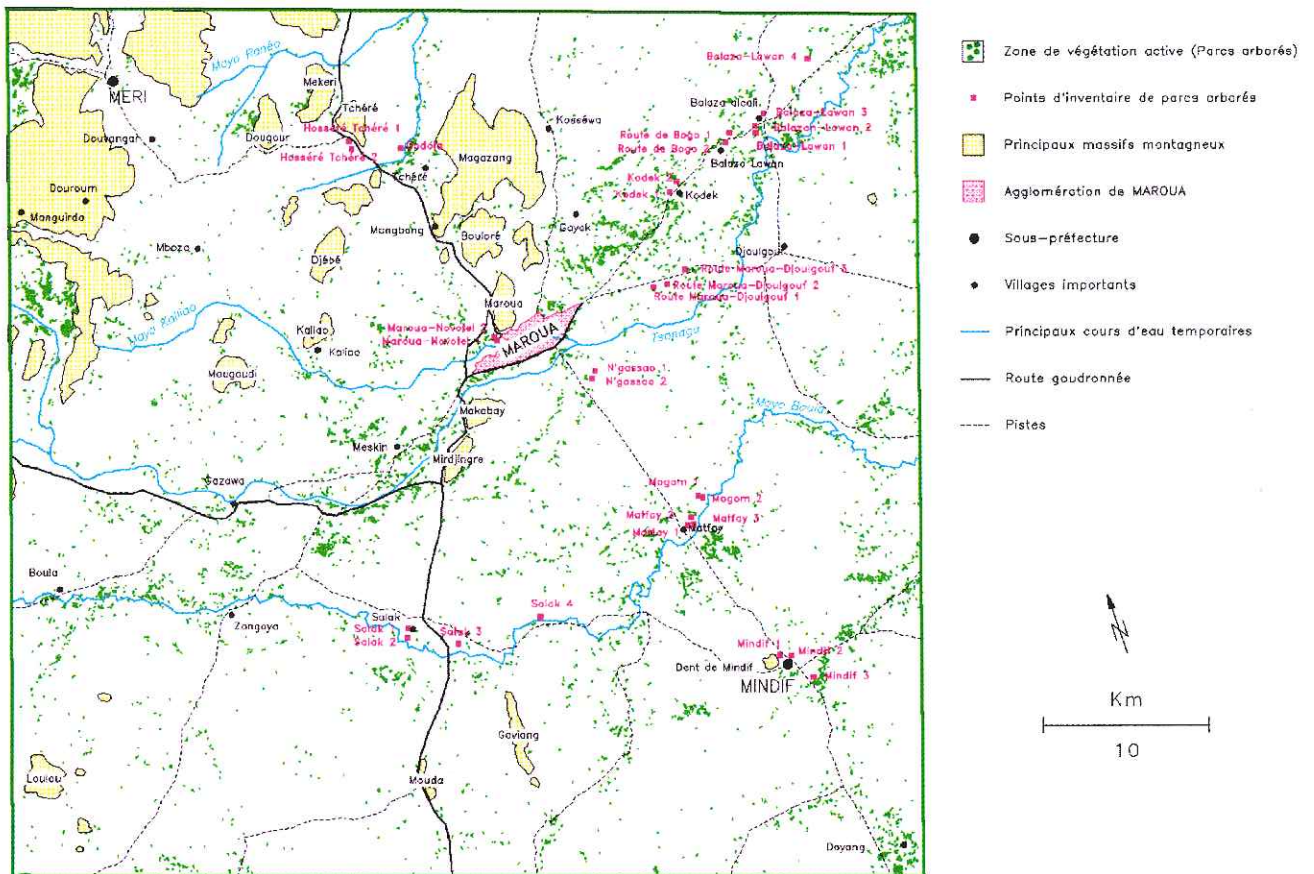
de Maroua. Moins denses mais régulièrement distribués, d'autres points couvrent les bas de versant et les piémonts des reliefs Mandara.

Les plages ne comportant que de rares points correspondent, en général, aux vertisols les plus hydromorphes et aux terres dégradées. Certains Hardé particulièrement stériles n'en compte aucun (Hardé de Salak, de Balaza-Lamido et Hosséré Goboré ; Hardé situés entre les madjé Motorsolo et Kaliao).

Il est possible de comptabiliser automatiquement le nombre de pixels verts et de connaître ainsi la superficie qu'ils couvrent. Sur l'ensemble de l'image, environ 250 000 pixels seraient influencés par des arbres pouvant appartenir à des parcs. Un pixel correspondant à une tache de 400 m² sur le terrain, les zones assimilables à des parcs couvriraient une superficie de 10 200

FIGURE 5

Essai de cartographie des parcs arborés de la région de Maroua.
Analyse d'image spot : C. TRIBOULET ; cartographie sur S.I.G. : C. BERNARD.



hectares environ, sur les 360 000 ha couverts par l'image, soit environ 3 %.

Cependant la figure 5 ne prend pas en compte de nombreuses parties du parc où les arbres sont trop rares ou trop jeunes. La superficie indiquée est donc très largement sous-estimée et n'a qu'une valeur indicative. Une étude sur le terrain est nécessaire pour tenter de corréliser cette estimation de surface avec une densité des parcs ou un taux de recouvrement des houppiers.

LIMITES DE VALIDITÉ DE LA CARTOGRAPHIE

La représentation cartographique à laquelle nous avons abouti possède des limites qu'il faut connaître afin de mieux juger et apprécier les résultats.



Les parcs trop jeunes ont un taux de recouvrement au sol insuffisant (moins de 30 % de végétation active) pour que leur signature soit visible au niveau du pixel.

Étudiées l'une après l'autre, conservées ou rejetées, les signatures sélectionnées ont abouti à une localisation des parcs arborés. Celle qui a été jugée comme la plus satisfaisante n'est toutefois pas idéale, pour plusieurs raisons :

- Même si le choix de l'image de janvier élimine la plupart des arbres à feuilles caduques, les *Faidherbia albida* ne sont pas les seuls à avoir été ainsi cartographiés. Les espèces sempervirentes ont été également sélectionnées sans qu'il soit possible de les éliminer par leur signature : *Ficus spp.*, *Azadirachta indica*, etc. Il serait donc plus juste de parler d'une carte des « parcs à dominance de *Faidherbia albida* » plutôt que d'une « carte des parcs à *Faidherbia albida* » ;

- Seuls les arbres à grands houppiers, ceux qui sont suffisamment denses, ou les bosquets de petits arbres, ont un taux de recouvrement du sol suffisant pour que leur signature soit visible au niveau du pixel *. On voit ainsi que la cartographie a sans doute négligé les parcs peu denses, les jeunes parcs ou les arbres émondés.

- Le choix des valeurs radiométriques à conserver, même basé sur les connaissances de terrain, reste très subjectif. Il a certes permis d'éliminer la plupart des pixels inadéquats, cependant des pixels de parcs ont inévitablement été éliminés lors de la procédure. Par contre, le seuillage n'a pas permis de se débarrasser totalement des alignements de bord des routes sans perdre trop de pixels de parcs.

Pour ces raisons, la cartographie a donc des points forts mais aussi des limites :

- les localisations des parcs sont certainement exactes ;

- la densité des pixels conservés est sans doute proportionnelle au taux de recouvrement des houppiers sur le terrain ;

- mais la densité réelle des parcs, qui prend en compte tous les individus même jeunes ou émondés, n'est pas connue ;

- de même, la proportion *Faidherbia albida* / autres arbres ne peut pas être connue de cette façon ;

- la superficie occupée par les parcs à *Faidherbia albida*, fonction du nombre de pixels, n'est donnée qu'à titre indicatif.

* Rappelons qu'il faut environ 30 % de végétation active au niveau de la tache pour que le pixel ait une signature caractéristique de végétation active.

RELEVÉS DE TERRAIN ET AJUSTEMENT DES RÉSULTATS

LES INVENTAIRES DE TERRAIN : UNE MÉTHODE COMPLÉMENTAIRE NÉCESSAIRE

Pour connaître la composition et la densité des parcs, comme pour valider la localisation des points des figures 3 et 5 et estimer la corrélation entre le nombre de pixels et le nombre d'arbres, une phase de travail de terrain est indispensable.

Pour des raisons matérielles, il n'a pas été possible de vérifier la totalité des localisations présumées. Mais une campagne de terrain, réalisée en partie grâce aux moyens humains et matériels du Centre de Recherches Forestières de Maroua, a permis d'étudier un échantillon de trente parcs arborés, d'une superficie d'un hectare chacun. Ces parcs sont localisés dans un rayon d'une trentaine de kilomètres autour de Maroua. Ils sont indiqués par un carré rouge sur la figure 5.

Pour chacun de ces parcs, le nombre d'arbres, les espèces, la surface des houppiers * ont été comptés et mesurés. Une mesure supplémentaire, le diamètre du tronc à une hauteur de 1,30 m, a été enregistrée pour les *Faidherbia albida* uniquement.

COMPOSITION DES PARCS

Le tableau II synthétise les résultats des inventaires de terrain sur la composition ligneuse des parcs ; il donne un aperçu des espèces les plus couramment rencontrées et propose quelques statistiques quant aux taux de recouvrement et aux densités.

• Une grande diversité d'espèces

Dans la plupart de ces parcs, *Faidherbia albida* est largement dominant. Les espèces qui l'accompagnent sont :

- *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Ziziphus mauritiana* pour les plus courantes ;

- mais aussi *Adansonia digitata*, *Borassus aethiopicum*, *Hyphaene thebaica*, *Ficus platiphylla* et *gnaphalocarpa*, *Tamarindus indica*, *Bombax costatum*, *Sclerocarya birrea*, etc.

- enfin, plus rarement, nous avons relevé la présence de *Cassia spp.*, *Anogeissus leiocarpus*, *Vitex doniana*, *Acacia polyacantha*, *Euphorbia spp.*, etc.

* Il s'agit, en fait, de la surface estimée de la projection au sol du houppier.

• Un recouvrement du houppier et une densité des arbres très variable

Sur l'ensemble de notre échantillon de trente parcs, le taux de couverture de la parcelle est en moyenne de 13,48 % (dont 10,77 % par les *Faidherbia albida*) mais avec de grands écarts à la moyenne, de 3,48 à 33,9 % (2 à 32,74 % pour *Faidherbia albida*). On se rend compte que, même dans le cas des parcs les plus denses (de cette région), la couverture par les arbres n'excède guère le tiers de la superficie de la parcelle.

Le nombre d'arbres par parcelle est très variable, en fonction surtout de l'âge des arbres et de la présence ou non de jeunes individus dans les strates inférieures. Le nombre d'arbres varie de 6 à 98 dans notre échantillon, avec une moyenne de 23 arbres par parcelle d'un hectare de parc. On remarquera d'ailleurs que le parc le plus dense, d'un point de vue taux de recouvrement (33,9 %), ne compte que 25 arbres, le parc le plus peuplé (98 arbres) ayant lui un taux de recouvrement inférieur à 20 %.

• Les parcs sont associés à plusieurs types d'occupation du sol mais pas aux cultures de contre-saison

Si la dominance de *Faidherbia albida* est un trait commun des parcs de notre échantillon, on ne perçoit par contre aucune uniformité quant à l'occupation du sol sous les frondaisons des arbres. Plusieurs types de cultures ont été signalés, excepté les champs de mouskouari : parcs sur sorgho, coton, niébé, pois de terre, petit mil, jachères, sols dégradés ou combinaison de ces divers types d'occupation. L'absence du sorgho de contre-saison s'explique aisément : il s'agit d'éviter la concurrence tant pour la lumière que pour les réserves en eau du sol, pendant la saison sèche.

• Dans l'ensemble, les parcs ont des populations bien équilibrées et les houppiers sont peu élargés

Les mesures de superficie effectuées sur les houppiers de tous les arbres des parcs, ainsi que les mesures de diamètre du tronc sur *Faidherbia albida* nous donnent la possibilité de mettre en rapport houppiers et troncs chez les *Faidherbia albida* ; la figure 6, p. 214, montre la grande homogénéité des parcs. La taille du tronc et celle du houppier augmentent simultanément et régulièrement. Les tailles les plus représentées sont comprises entre 0 et 150 m² pour la surface du houppier ; 50 cm et 2 m pour le périmètre du tronc. Les individus situés très

IDENTIFICATION PAR TÉLÉDÉTECTION

TABLEAU II
Composition d'un échantillonnage de 30 parcs arborés de la région de Maroua.
Espèces en présence et taux de recouvrement

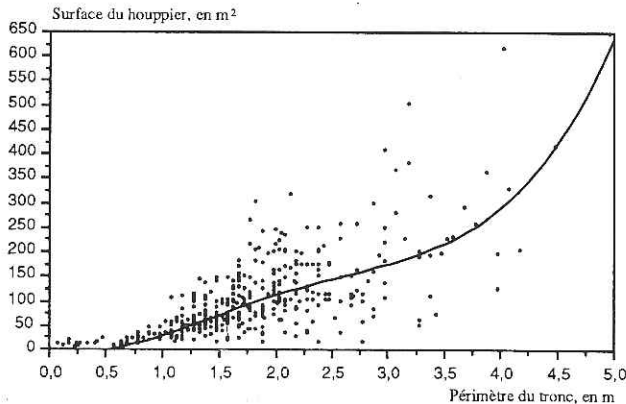
N° parc	Localisation du parc	<i>Faidherbia albida</i>	<i>Acacia nilotica</i>	<i>Acacia seyal</i>	Baobab	Neem	<i>Balanites aegyptiaca</i>	Kapokier	<i>Ficus spp.</i>	Doum + Rônier	<i>Sclerocarya birrea</i>	Tamarinier	Jujubier	Divers *	Nombre d'arbres	Taux de recouvrement (en %)			Utilisation du sol de la strate inférieure
																TR total parcelle	TR F. albida uniquement	TR F. albida + TR total	
1	Balaza-Lawan 1	+				+			+	+					17	16,43	15,46	94,08	sol dégradé
2	Balaza-Lawan 2	+				+						+			22	12,52	11,62	92,80	sorgho + mil
3	Balaza-Lawan 3	+				+									20	12,83	12,69	98,89	sorgho + divers
4	Balaza-Lawan 4	+					+						+		17	10,16	8,49	83,63	coton + sorgho + jachère
5	Godola	+										+			6	3,48	2,00	57,53	sol dégradé
6	Hosséré Tchéré 1	+	+			+							+		16	5,70	2,62	45,96	sol dégradé
7	Hosséré Tchéré 2	+				+									11	9,80	8,94	93,14	sol dégradé
8	Kodek 1	+		+			+								25	33,90	32,74	96,57	sorgho
9	Kodek 2	+	+	+			+					+			20	17,58	12,88	73,27	sorgho
10	Marfay 1	+	+	+		+	+								19	3,35	3,05	90,87	sorgho
11	Marfay 2	+		+		+									27	13,96	12,27	87,92	jachère
12	Marfay 3	+	+	+		+			+	+			+		29	18,37	9,52	51,81	sorgho + jachère
13	Mindif 1	+									+				16	4,83	3,68	76,18	sorgho
14	Mindif 2	+							+						16	13,62	13,62	100,00	sorgho
15	Mindif 3	+											+		7+ **	16,71	12,39	74,17	coton
16	Mogom 1	+			+										20	8,33	7,98	95,71	coton
17	Mogom 2	+													19	11,85	11,85	100,02	sorgho
18	N'Gassao 1	+	+	+		+	+				+				28	9,79	4,07	41,59	sorgho
19	N'Gassao 2	+	+			+								+	15	8,55	7,00	81,88	sorgho + niébé + pois
20	Novotel 1	+													27	14,88	14,72	98,90	sorgho + niébé + pois
21	Novotel 2	+													32	23,30	23,20	99,57	sorgho
22	Route de Bogo 1	+	+			+	+								29	17,64	15,68	88,87	coton
23	Route de Bogo 2	+	+			+	+								98	18,63	11,14	59,80	sorgho + jachère
24	Rte Maroua-Djougouf 1	+		+		+	+								22	29,49	25,46	86,3	sol dégradé
25	Rte Maroua-Djougouf 2	+	+	+		+	+		+				+		51	12,15	6,99	57,54	sol dégradé
26	Rte Maroua-Djougouf 3	+	+	+		+	+				+	+	+		30	13,81	1,73	12,51	coton + sorgho
27	Salak 1	+						+							11	9,07	4,98	54,98	sorgho
28	Salak 2	+							+				+		14	19,54	15,57	79,67	sorgho
29	Salak 3	+				+		+		+		+	+		18	7,38	4,32	58,60	sorgho + divers
30	Salak 4	+				+				+			+		16	6,84	6,57	96,12	jachère
															Nombre total d'arbres : 698				
															Nombre moyen d'arbres par parc :				
															23,27	13,48 %	10,77 %	79,95 %	
															TR moyen				TR F. Albida/TR total

* divers : *Cassia* spp., euphorbes, *Anogeissus leucocarpus*, *Acacia polyacantha*, *Vitex doniana*, etc.

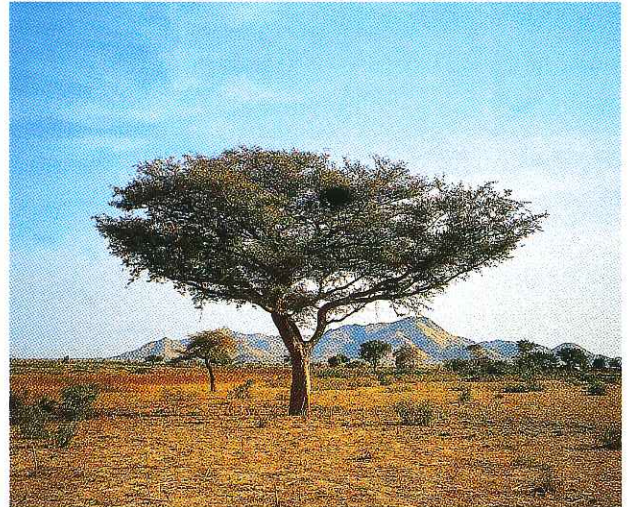
** Groupe d'arbres, en bordure de mayo : surfaces (%) et espèces relevées, mais arbres non dénombrés.

FIGURE 6

Rapport entre la superficie du houppier et la taille du tronc de *Faidherbia albida*.



en dessous de la ligne moyenne sont les arbres qui ont un houppier inférieur à la normale ; ce sont les arbres qui ont été émondés. On note qu'ils ne sont pas très nombreux, ce qui s'explique par le fait que *Faidherbia albida* est un arbre protégé, n'étant émondé dans cette région qu'en cas de nécessité et non pas par pratique courante. Au-dessus de la ligne moyenne se situent au contraire les individus bien développés, dont le houppier est plus vaste que la normale. Enfin, on notera l'existence de quelques très grands arbres dont le houppier couvre de 400 à 650 m² ; ceux-là sont capables de modifier la signature spectrale de plusieurs pixels mitoyens.



Exemple de *Faidherbia albida* isolé (en saison sèche) possédant un houppier de plusieurs centaines de m², capable de modifier la signature spectrale de plusieurs pixels mitoyens.

AJUSTEMENT DES ESTIMATIONS DE SUPERFICIE EN FONCTION DES RELEVÉS DE TERRAIN

Il n'a pas été possible de corrélérer la densité réelle des arbres de parc (mesurée sur les trente parcelles inventoriées) et la densité de points de végétation active (mesurée par analyse des images SPOT).

CONCLUSION

L'imagerie satellitaire permet de dresser une carte des localisations présumées des parcs arborés. Sur cette carte se trouvent encore de nombreuses erreurs, mais elle représente un point de départ pour procéder à des vérifications de terrain plus rapides et plus pertinentes ; donc un gain de temps et une baisse des coûts pour une étude ultérieure plus fouillée.

En ce qui concerne l'étude des parcs sur le terrain et les résultats qualitatifs et quantitatifs obtenus, notre échantillon offre certainement une bonne représentativité des parcs de la plaine du Diamaré ; par contre, il est probable que les parcs des piémonts et des hossérés sont différents, tant au point de vue de leur composition que de la densité ou de la taille des arbres.

Par manque de temps et de moyens, cette étude n'a pu être menée que sur un nombre restreint de parcs, choisis parmi les plus facilement accessibles. Il faut en tenir compte dans l'appréciation des résultats.

Enfin, nous rappellerons que cette étude ne porte que sur les parcs à *Faidherbia albida* dominant et qu'elle ne peut convenir aux parcs dont les arbres suivent le calendrier phénologique « classique » des cultures pluviales.

Remerciements : Nous remercions Oscar EYOG MATIG, responsable des antennes du CRF à Maroua et Garoua, et Jean-Michel HARMAND, du CIRAD-Forêt, qui ont contribué au bon déroulement de cette mission en fournissant

véhicule et personnel ; M. TAPSOU qui a participé aux relevés des parcs ; R. PELTIER, qui a encouragé et appuyé cette étude et C. BERNARD pour la réalisation de la cartographie sur SIG. ■

C. TRIBOULET
ORSTOM
72 route d'Aulnay
93143 Bondy CEDEX (France)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARIOU (R.), LECAMUS (D.), LE HENAFF (F.), 1985. — Indices de végétation. *In* : Dossiers de télédétection. Rennes, France, Université de Rennes 2, Haute-Bretagne, Centre Régional de Télédétection, 121 p. + 29 p. biblio.
- BESCOND (P.), 1984. — The SPOT satellite System, vision 1984. Kiruna. Toulouse, France, CNES, 12 p.
- BRABANT (P.), GAVAUD (M.), 1985. — Les sols et les ressources en terres du Nord-Cameroun : Cartes et notices explicative n° 103. ORSTOM, MESRES, IRA. Paris, France, ORSTOM, 285 p. + 6 cartes couleur hors texte, au 1/500 000.
- GIRARD (M.C.), GIRARD (C.M.), 1989. — Télédétection appliquée : zones tempérées et intertropicales, Collection Sciences agronomiques. Paris, France, Masson, 260 p.
- GOUROU (P.), 1991. — L'Afrique, nain ou géant agricole ? Paris, France, Flammarion, 225 p.
- LIBERT (Ch.), 1990. — Influence des parcs arborés sur la production des cultures associés au Nord-Cameroun, mémoire de troisième année d'Ingénieur des Techniques Forestières. Nogent-sur-Vernisson, France, 62 p. + annexes.
- MINISTÈRE DE LA COOPÉRATION ET DU DÉVELOPPEMENT (République Française), 1991. — Mémento de l'Agronome, 4^e édition (rev. et augm.), Collection Techniques Rurales en Afrique. Paris, France, Ministère de la Coopération et du Développement, 1 635 p.
- PAUL (S.), DEPECKER (L.), GOILLOT (C.), LENCO (M.), 1991. — Introduction à l'étude de la télédétection aérospatiale et de son vocabulaire, Ministère de l'Education Nationale, Direction des Enseignements supérieurs. Paris, France, La Documentation Française, 316 p.
- PELISSIER (P.), 1966. — « Les paysans du Sénégal ». St Yrieix, France, Fabrègue.
- PELISSIER (P.), 1980. — L'arbre dans les paysages agraires de l'Afrique noire, p. 131-136. *In* : L'arbre en Afrique tropicale : la fonction et le signe, Cahiers ORSTOM, série Sciences Humaines ; vol. XVII, n° 3-4. Paris, France, ORSTOM, 193 p. + carte hors texte.
- RAKOTO-RAVALONTSALAMA (M.), ANDRIANASOLO (H.), MERING (C.), 1988. — Guide de l'utilisateur de Planètes : Manuel interne du Laboratoire d'Informatique Appliquée, 1^{re} version. Bondy, France, ORSTOM, 130 p.
- SEIGNOBOS (C.), 1982(a). — Végétations anthropiques dans la zone soudano-sahélienne : la problématique des parcs. *Revue de Géographie du Cameroun*, III (1), p. 1-23.
- SEIGNOBOS (C.), 1982(b). — Matières grasses, parcs et civilisations agraires (Tchad et Nord-Cameroun). *Cahiers d'Outre-Mer*, 35 (139), p. 229-269.

RÉSUMÉ

Bien que plusieurs types de parc aient été décrits au Nord-Cameroun, il n'existait aucune donnée sur leur extension et leur densité. C'est pour commencer à préciser ces points que l'auteur a effectué une analyse d'images satellitaires et des inventaires au sol, puis a réalisé une cartographie.

Sur des images satellitaires, il est possible d'identifier la végétation chlorophyllienne active qui influence les valeurs de réflectance de la lumière visible. En fin de saison des pluies, il n'est pas possible de distinguer entre champs cultivés, pâturages, arbres... la plupart des éléments du paysage étant couverts de végétation active. Par contre, au mois de janvier, en pleine saison sèche, *Faidherbia albida* est couvert de feuillage vert, alors que de nombreuses espèces d'arbres sont défeuillées et que les cultures pluviales n'existent plus. C'est donc sur les images de cette période qu'ont été identifiés les pixels (carrés de 20 × 20 m) sur lesquels se trouvait de la végétation active (points rouges sur la composition colorée standard de la figure 2, p. 207).

Un premier tri a permis d'éliminer les pixels dont la valeur spectrale est proche des cultures encore en place au mois de janvier (sorgho muskwari, oignons, fruitiers).

Un second tri a éliminé les pixels alignés (plantations d'arbres de bord de route) et les groupes de plus de quatre pixels contigus (vergers, boisements...). Les pixels restants sont représentés en noir sur la figure 3, p. 209. Mais les gros arbres influencent plusieurs pixels alors que les petits arbres, lorsque leur houppier ne couvre pas plus de 30 % d'un pixel, ne l'influencent pas. Enfin certains types de végétation active, en particulier les arbres encore feuillés (*Ficus spp.* ou *Azadirachta indica* isolés...), n'ont pas pu être distingués des *Faidherbia albida*.

Les données de la figure 3 ont été transférées sur un logiciel de Système d'Information Géographique (Arc Info) pour être cartographiées. Certaines données de l'image ou de la

carte IGN (massifs montagneux, routes, cours d'eau, villes et villages) ont été rajoutées. Les taches de végétation présentes en ville (*Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*) ou sur les montagnes (*Ficus spp.*) ont été éliminées (cf. fig. 5, p. 210).

Par comptage des pixels restants, on trouve ainsi une valeur minorée de la surface des parcs qui est égale à 10 000 ha, soit 3 % de la zone couverte par l'image.

Par ailleurs, un inventaire de trente parcelles d'un hectare, situées dans les zones identifiées comme parcs arborés, a été réalisé. Celui-ci montre que *Faidherbia albida* est largement dominant dans ces parcs, mais qu'il est associé à de nombreuses espèces locales d'arbres (*Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritiana*, *Adansonia digitata*, *Borassus aethiopum*,...) et à une espèce exotique très fréquente (*Azadirachta indica*).

En moyenne, on trouve que le taux de recouvrement des houppiers est de 13 % (11 % pour le seul *Faidherbia albida*) et que le nombre d'arbres est de 23 individus par hectare. Les types de culture ayant été pratiqués en saison des pluies précédentes sont très variables.

Malheureusement, cette étude n'a pu être terminée et il n'a pas été possible de corréler la densité réelle des arbres (ou le taux de recouvrement des houppiers) et la densité de points de végétation active, mesurée par étude des images satellitaires. Il n'est donc pas possible d'évaluer le nombre d'arbres présent sur la zone de l'image.

L'étude des images satellitaires permet donc de dresser des cartes de localisation présumée des parcs à *Faidherbia albida*, ce qui facilite les études et inventaires ultérieurs.

Mots-clés : *Faidherbia albida*. Inventaire forestier. Composition botanique. Télédétection. Végétation. Photosynthèse.

ABSTRACT

Although several types of parklands had already been described in northern Cameroon, no data existed about their area and density. The author has thus carried out a remote sensing analysis and ground field surveys, in order to start specifying these points, followed by a mapping operation.

In remote sensing images, it is possible to identify the active chlorophyllous vegetation which has an effect on available light reflectivity values. At the end of the rainy season, it is impossible to make a distinction between cultivated fields, pastureland, and trees... because most of the features of the landscape are covered with active vegetation. Conversely, in January, at the height of the dry season, *Faidherbia albida* is covered with green foliage, while many tree species are leafless, and rain-based crops are not present at all. So it is in images from this period that the pixels (squares of 20 × 20 m) have been identified, where active vegetation can be found (red dots on the standard coloured composition of fig. 2, p. 207).

An initial sorting helped to eliminate those pixels whose spectral value is akin to that of crops still in situ in January (muskwari sorghum, onions, fruit trees).

A second sorting did away with aligned pixels (roadside tree plantations) and groups of more than four adjacent pixels (orchards, forested areas). The remaining pixels are represented in black on figure 3, p. 209. But large trees have an effect on several pixels, whereas small trees have no effect on them, when their canopy does not cover more than 30 % of a pixel. Lastly, some types of active vegetation, in particular trees with their leaves still intact (*Ficus spp.* or isolated specimens of *Azadirachta indica*) have been impossible to distinguish from *Faidherbia albida*.

The data given in figure 3 have been transferred on to Geographic Information System (Arc Info software) to be

mapped. Some image or IGN map data (mountain ranges, roads, watercourses, towns and villages) have been added. The patches of vegetation present in towns (*Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*) and in mountains (*Ficus spp.*), have been removed (cf. fig. 5, p. 210).

By counting the remaining pixels, we thus find an underestimated value of the area of the plots which is equivalent to 10,000 hectares, i.e. 3 % of the zone covered by the image.

Furthermore, a survey of 30 plots of one hectare each, situated in zones identified as tree parklands, has been drawn up. This shows that *Faidherbia albida* is largely dominant in these plots, but also that it is associated with numerous local tree species (*Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritiana*, *Adansonia digitata*, *Borassus aethiopum*...) and with one very frequent exotic species (*Azadirachta indica*).

On average, we find that the rate of canopy coverage is 13 % (11 % just for *Faidherbia albida*) and that the number of trees is 23 specimens per hectare. The types of crops grown in the previous rainy season are very variable.

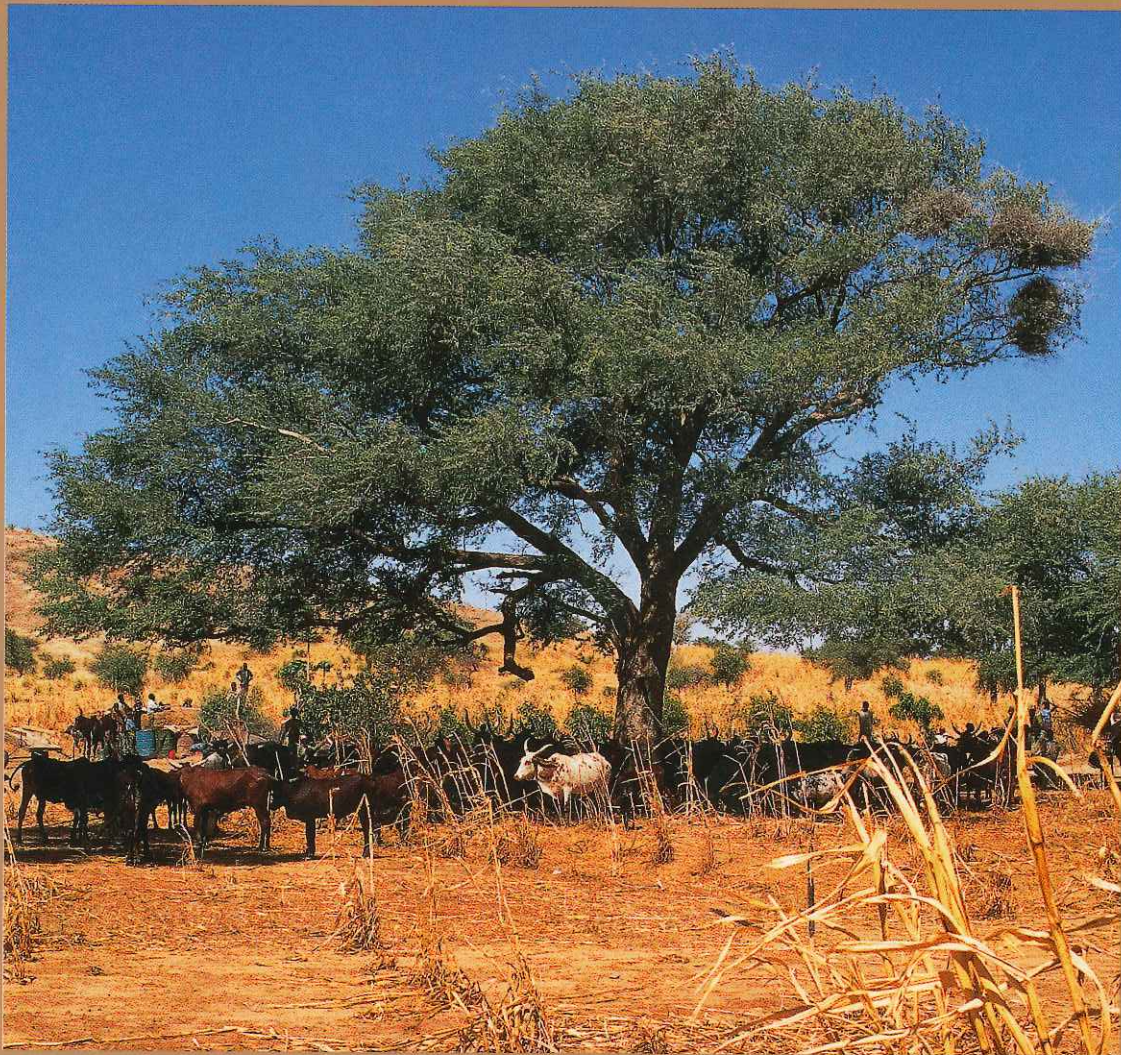
Unfortunately, this study remains unfinished, and it has not been possible to correlate the real density of the trees (or the rate of recovery of the canopy) and the density of active vegetation points measured by remote sensing. So it is not possible to assess the number of trees present in the image zone.

Remote sensing thus helps to draw up presumable location maps of *Faidherbia albida* parklands, which makes subsequent studies and surveys much easier.

Key words : *Faidherbia albida*. Forest surveys. Botanical composition. Remote sensing. Vegetation. Photosynthesis.

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.

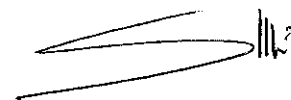
Ces systèmes sont traditionnels en Afrique soudanienne mais leur fonctionnement est si subtil qu'il reste mal connu des chercheurs. Quant aux paysans, si des siècles de pratique leurs ont permis d'en cerner les intérêts et les limites dans des conditions écologiques et socio-économiques données, ils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

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.