

# 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 sénescente 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 $\mu\text{m}$	visible	bleu
xs2	de 0,615 à 0,68 $\mu\text{m}$	visible	vert
xs3	de 0,79 à 0,89 $\mu\text{m}$	infrarouge	rouge

La végétation active, particulièrement réfléchante dans le canal xs3 auquel la couleur rouge a été attribuée, se manifestera 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 (PELISSIER, 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 recherchons 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 Bogo 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, anacardiés...), les plantations forestière (caïllédrats...) 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).

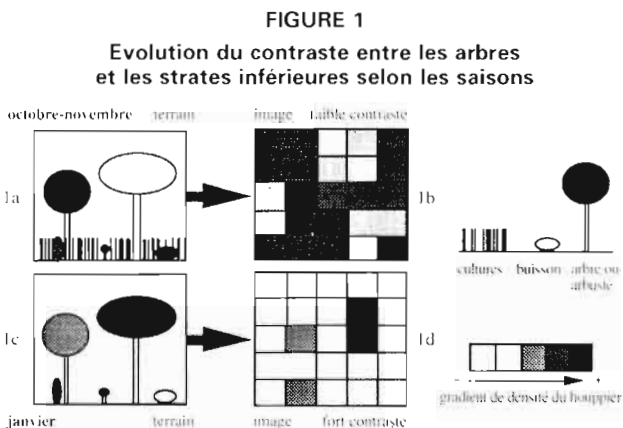
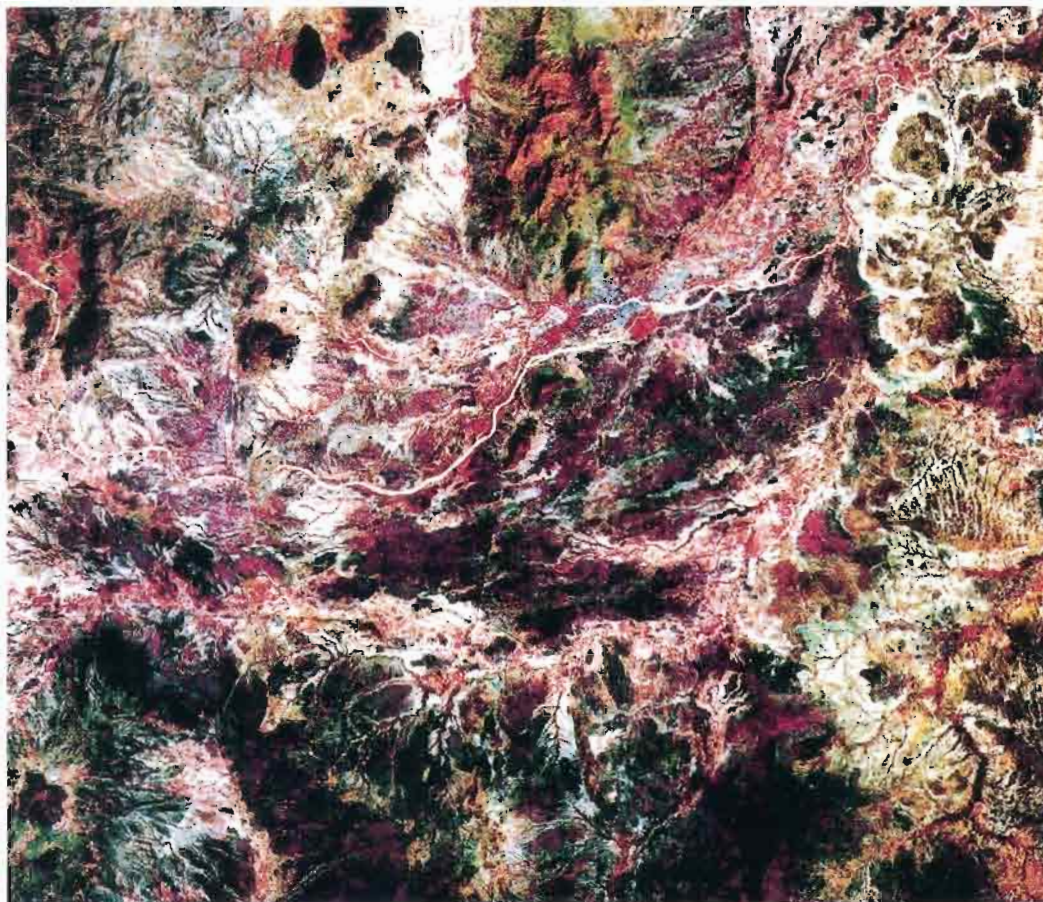


FIGURE 2

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 feuillé 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 Djoulgouf et Hosséré Gboré. 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).

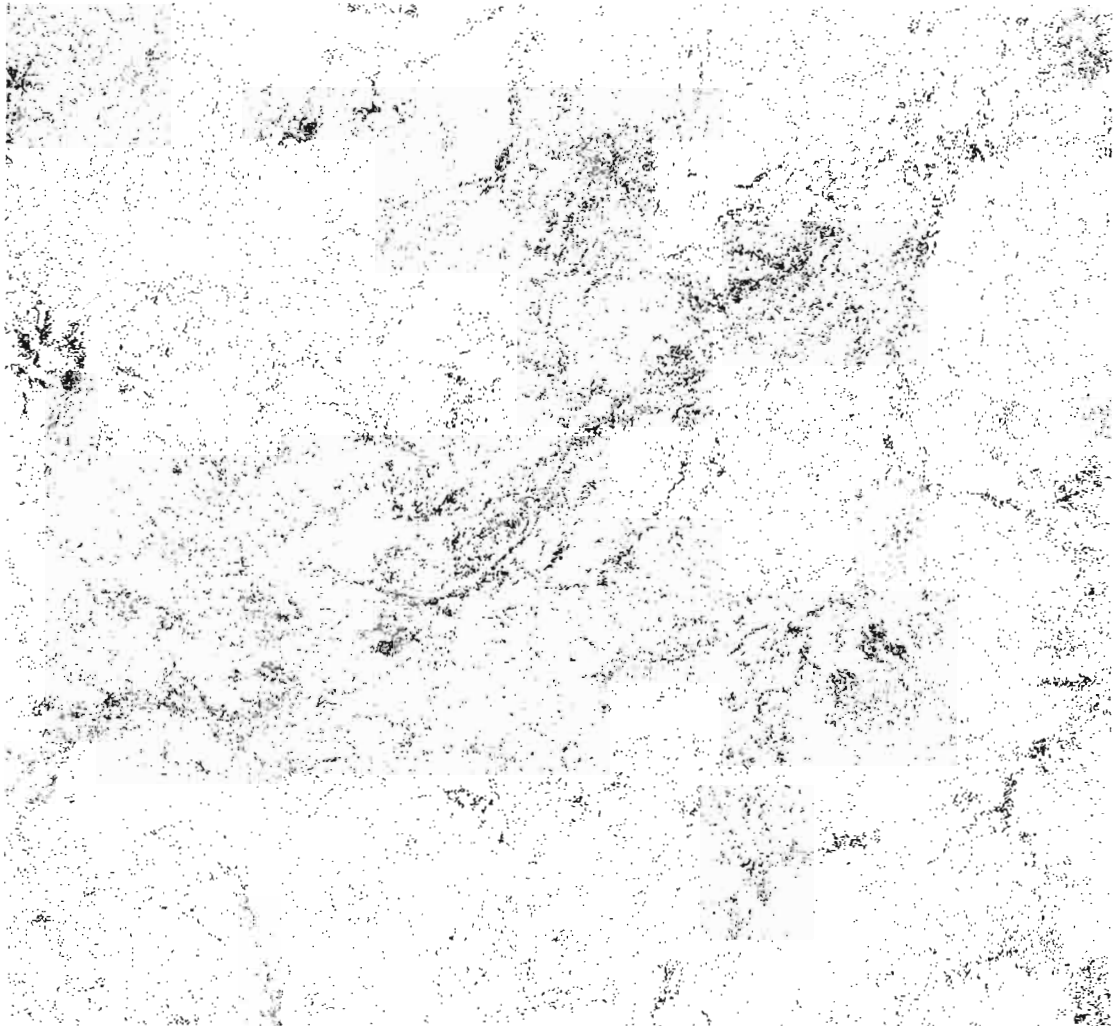
Il n'est donc pas question d'envisager un comptage des arbres en fonction du nombre de pixels. Tout au plus peut-on chercher une corrélation éventuelle, sur une zone donnée, entre le taux de pixels sélectionnés par le tri et la densité des arbres dans le parc, ou le taux de recouvrement des houppiers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

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

\*\* Dont plusieurs espèces de Ficus.

FIGURE 3

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



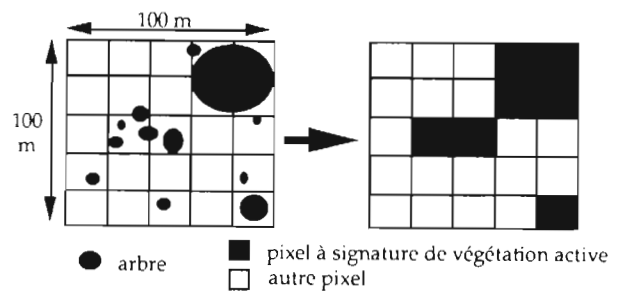
### TRANSFERT DE L'IMAGE BINAIRE SUR SIG

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 cailce-

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

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

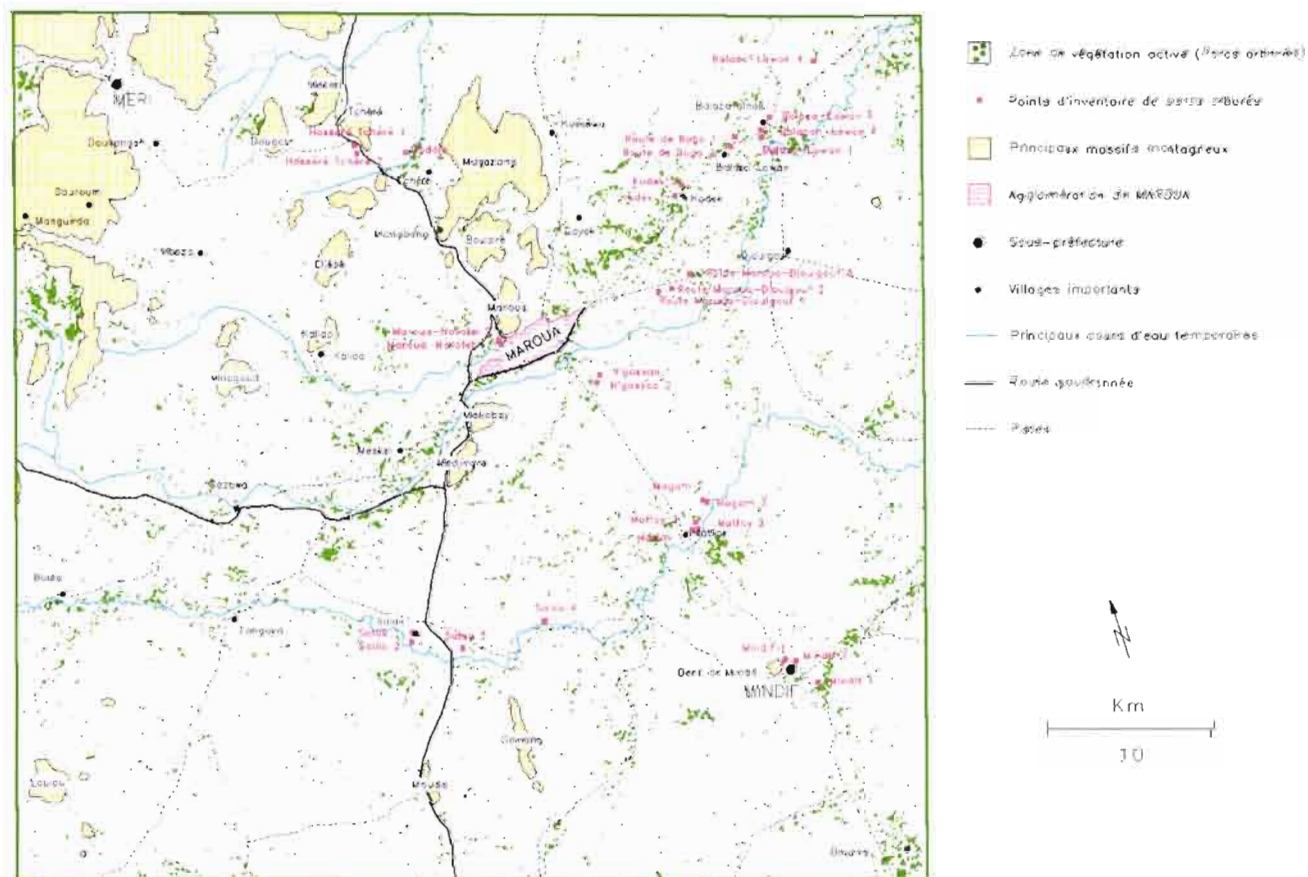
Les plages ne comportant que de rares points correspondent, en général, aux vertisols les plus hydromorphes et aux terres dégradées. Certains Hardé particulièrement stériles n'en compte aucun (Hardé de Salak, de Balaza-Lamido et Hosséré Goboré ; Hardé situés entre les madjé Motorsolo et Kaliao).

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 m<sup>2</sup> sur le terrain, les zones assimilables à des parcs couvriraient une superficie de 10 200

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

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 élargués

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 m<sup>2</sup> pour la surface du houppier ; 50 cm et 2 m pour le périmètre du tronc. Les individus situés très

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

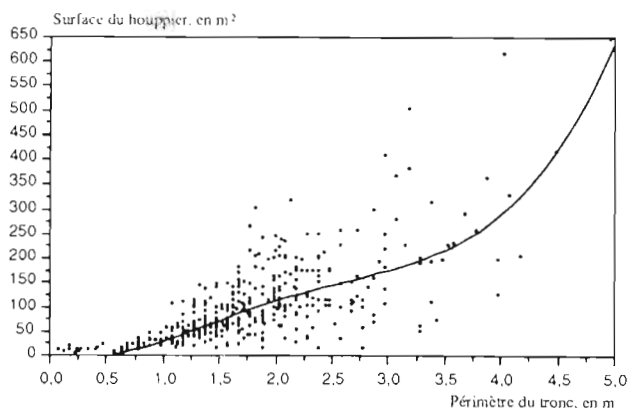
N° parc	Localisation du parc	<i>Faidherbia albida</i>	<i>Acacia nilotica</i>	<i>Acacia seyal</i>	Baobab	Neem	<i>Balanites aegyptiaca</i>	Kapokier	<i>Ficus spp.</i>	Doum + Rônier	<i>Sclerocarya birrea</i>	Tamarinier	Jujubier	Divers *	Nombre d'arbres	Taux de recouvrement (en %)			Utilisation du sol de la strate inférieure		
																TR total parcelle	TR <i>F. albida</i> uniquement	TR <i>F. albida</i> - 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	9,60	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	Matfay 1	+	+			+	+								19	3,35	3,05	90,87	sorgho		
11	Matfay 2	+		+		+									27	13,96	12,27	87,92	jachère		
12	Matfay 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-Djoulgouf 1	+		+		+	+								22	29,49	25,46	86,3	sol dégradé		
25	Rte Maroua-Djoulgouf 2	+	+			+	+		+				+		51	12,15	6,99	57,54	sol dégradé		
26	Rte Maroua-Djoulgouf 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	dont <i>F. Albida</i>	TR <i>F Albida</i> /TR total

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

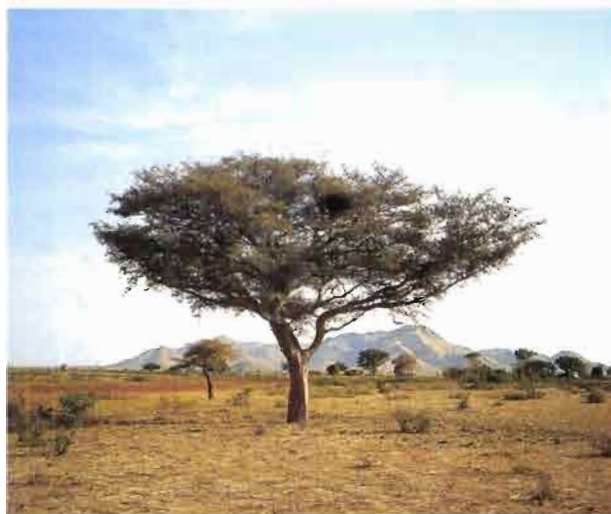
\*\* Groupe d'arbres, en bordure de mayo surfaces (%) et espèces relevées, mais arbres non dénombrés.

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 m<sup>2</sup> ; 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 m<sup>2</sup>, 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 pro-

duction 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<sup>e</sup> 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<sup>re</sup> 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 corrélérer 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.

Triboulet Christine. (1996).

Identification des parcs à Faidherbia albida  
par télédétection : premiers travaux réalisés  
au Nord-Cameroun.

In : Les parcs à Faidherbia.

Montpellier : CIRAD-Forêt, p. 203-216.

(Cahiers Scientifiques ; 12).