

APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR UNE DIFFERENCIATION DE L'ESPACE PASTORAL PAR TELEDETECTION . CAS DE MAROVOAY-MADAGASCAR

TAMRU B. ¹

RESUME

La caractérisation d'un espace par des paramètres naturels et d'utilisation anthropique permet de mieux saisir son évolution. Pour ceci, il faut s'attacher à le définir dans son ensemble afin d'analyser ses mécanismes internes. Dans cette notion d'espace, le choix de la télédétection autorise l'obtention de données récentes, répétibles dans le temps et fournissant des informations très riches. Une chaîne méthodologique est établie pour la définition de l'aire pastorale. Dans un premier temps, un traitement dit "non dirigé" est entrepris. Il consiste en la recherche en amont d'une taille optimum d'échantillon. Une démarche visant l'établissement d'un échantillonnage spatial et aléatoire est élaborée. L'utilisation de diverses analyses de données aboutit à des images classées. En parallèle, une étude prenant en compte des données cartographiques existantes et divers paramètres de l'espace pastoral est abordée. La confrontation des deux résultats permet d'affiner le lien entre radiométrie et terrain et de mieux approcher les limites de l'aire pastorale.

Mots clé: ressources pastorales, télédétection, partition.

APERÇU SUR LE MILIEU.

De fortes précipitations de novembre à avril durant la saison des pluies sont caractéristiques du climat de Marovoay. Les températures moyennes s'élèvent de 24°C à 27°C selon la saison.

Le milieu géographique comprend des zones de plaine et des reliefs périphériques: "elles sont constituées par des sédiments continentaux secondaires (grès, sables gréseux etc...), et quelques épandages de sables continentaux plus récents" (réf. 2).

Le couvert végétal se compose de savanes et de lambeaux forestiers. "La végétation climacique de ces terres hautes est vraisemblablement la forêt tropophile dont on rencontre encore quelques lambeaux. Des différences, d'ordre édaphique, devaient exister avec le substrat géologique. Actuellement l'aspect physiognomique est celui d'une savane arborée ou arbustive. Les essences

¹TAMRU Bezounesh CAMS-EHESS4, bld Raspail 75006 PARIS

Ligneuses sont, suivant les cas, des palmiers: *Medemia nobilis* Gall., *Hyphaene Shatan* Bojer, très rarement mélangés et donnant deux types de savane distincts, ou des arbustes tels le *Pourpartia caffra* (Sond) Perr., Le *Zyziphus jujuba* Lamk., *Dalbergia Trichocarpa* Bak., des arbres tels le *Tamarindus indica* L. La couverture herbacée est à base de Graminées dont les principales sont *Aristida rufescens* Steud., *Heteropogon contortus* P. B., *Hyparrhenia rufa* Stapf., et *Hyparrhenia Ruprechtii* Fourn. De petites zones sans arbres ni arbustes sont rattachées à la pseudosteppe, où dominent les mêmes espèces de Graminées citées." (réf. 2). Les plaines sont principalement consacrées à la culture de riz. La végétation naturelle de ces zones présente des herbacés halophiles.

RESSOURCES PASTORALES EN ZONE D'AGRICULTURE DE RENTE!

La plaine rizicole tient une place importante dans l'économie locale. Mais les ressources pastorales jouent un rôle essentiel dans la capitalisation en période relativement faste, dans l'épargne déstockable par année déficitaire et dans la force de travail agricole. La connaissance de l'espace géographique consacré traditionnellement à cet élevage permet de mieux évaluer l'état de sécurité alimentaire dont jouissent les exploitants y compris la part des protéines d'origine animale dans leur nutrition.

La plaine de Marovoay et ses abords immédiats paraissent de moins en moins voués à l'agro-pastoralisme. Ceci s'explique par l'intérêt induit par une culture de rente, par l'abandon du piétinage animal pour la riziculture et par la dégradation croissante des pâturages naturels sur substrat souvent gréseux. Bossier et Hervieu 1957 reportent sur leur carte de grandes surfaces qualifiées de "pâturages médiocres" pour lesquelles ils signalent des degrés d'érosion atteignant l'état de "lavaka". Granier (1972), pour sa part, estime le nombre de têtes de bétail dans la sous-préfecture de Marovoay à 125000.

Sous préf.	Recensé	Estimé
Majunga	56474	95000
Marovoay	73323	125000
Mitsinjo	67861	115000
Ambato Boeni	133568	225000
Tsaratanana	252200	340000
Maevatanana	171904	300000

Tableau 1 Cheptel estimé en 1971(réf. 5).

L'influence des espaces géographiquement voisins d'une zone donnée sur le budget de ses exploitants doit donc être prise en considération dans le domaine pastoral. Ceci amène à une réflexion sur le choix de l'échelle à adopter pour bien cerner ce phénomène.

Dans la présente étude, les documents de télédétection sont utilisés dans une large mesure (SPOT-XSS, LANDSAT-MSS). A un niveau de finesse d'information recherché correspond une échelle de travail. En télédétection, et pour le problème posé, le recours aux capteurs avec une résolution et une couverture différentes autorise une telle approche.

La première analyse locale consiste à apprécier l'état des ressources pastorales dans les abords immédiats de la plaine rizicole. Un travail à un niveau plus global permet d'appréhender à l'échelle régionale les liens des ressources pastorales d'une communauté avec des lieux géographiquement éloignés

Cette note décrit le travail effectué sur les documents SPOT. Dans la plupart des pays en voie de développement, les ressources fourragères proviennent des espaces de pâturage extensif. Dans ce contexte, E. Bernus (1979) en distingue plusieurs types. La strate aérienne se compose de ligneux. Elle apporte sous forme de branches coupées un complément non négligeable à la nutrition animale. Les ressources plus variables, discontinues dans l'espace et dans le temps, se particularisent par un aspect plus herbacé. Les dégradations et les changements de type de couvert sont plus fréquents dans cet espace pastoral. Dans le domaine de l'hydraulique pastorale, les ressources peuvent être aussi plus ou moins pérennes. Dans une région agro-pastorale, il faut également intégrer tout espace agricole qui, saisonnièrement ou par le jeu des jachères, est ouvert au troupeau. Ceci inclut les parcelles de cultures fourragères directes ou sous forme de résidus de récolte.

Cet aperçu sur ce potentiel d'économie rurale indique une situation d'espace hétérogène. Les ensembles naturels présentant un peuplement continu et couvrant de grandes surfaces y sont des phénomènes rares.

Démarche générale.

Pour débiter cette analyse, un certain nombre d'hypothèses peuvent être examinées. La relation espace et charge en bétail est déjà établie. Il est donc intéressant de s'acheminer vers une démarche dans laquelle les ressources pastorales sont approchées par leurs potentialités économiques et alimentaires pour les exploitants.

La première étape doit s'appliquer à cerner, à l'aide des images de télédétection, l'espace pastoral ou susceptible de l'être. **La difficulté réside dans l'isolement d'un milieu hétérogène dans un ensemble tout aussi hétérogène.** Il s'agit aussi de trouver un moyen de stratifier ce sous-ensemble sans perte d'information et en tenant compte des réalités géographiques. Pour cela, les paramètres retenus sont formalisés par un travail préalable de synthèse des connaissances a priori. Tout d'abord, une stratification de la zone d'étude dans sa totalité est réalisée afin d'appréhender les classes appartenant complètement ou partiellement à l'aire pastorale.

Quelle méthode?

Il existe en télédétection deux familles de méthodes de traitement numérique qui peuvent analyser le pixel considéré sans son environnement. Elles sont connues sous les termes de dirigées et non-dirigées. La première notion sous-entend l'utilisation de données exogènes à l'image générant une description des pixels d'un échantillon.

Dans le cadre de cette étude, en plus de la bande SPOT, nous disposons d'une série de cartes topographiques I.G.N. au 1:100 000 remise à jour en 1975, de cartes d'utilisation du sol de 1957 de Bosser et Hervieu au 1:20 000 et d'une synthèse

bibliographique. A l'aide de ces documents, une classification dite dirigée est tentée. Cette démarche vise à associer, le plus finement possible, un poste de la nomenclature aux pixels de l'image.

Il existerait donc une fonction biunivoque entre les caractéristiques thématiques et la radiométrie de la forme:

$$A = F(R)$$

A = Modalité de caractéristique thématique.

R = Radiométrie.

Un zonage classique (teinte, structure, texture, poste thématique etc...) est élaboré sur deux montages de compositions colorées SPOT Mai et Août 1986. La classification des zones permet d'établir des strates. Celles-ci sont ensuite considérées indépendamment les unes des autres. A l'intérieur de chacune d'elles, deux parcelles d'entraînement sont retenues et soumises à un test préalable par l'intermédiaire de l'analyse discriminante. Le résultat est décevant car la matrice de confusion obtenue montre une très grande instabilité des groupes. Pour ce motif, la méthode est à ce stade rejetée.

Une autre raison peut aussi justifier cet abandon. L'introduction de critères cartographiques préparés pour d'autres optiques et avec des échelles disparates entraîne une compression en amont d'informations riches et récentes. La nécessité de structurer les diverses sources de façon judicieuse s'impose donc. La méthode dite non dirigée évite une généralisation en début de traitement engendrant une perte d'informations. Elle semble être la meilleure solution pour une partition de l'espace possédant une fiabilité statistique maximum des classes.

CREATION D'UNE NOMENCLATURE.

Au vu du premier résultat, il paraît donc nécessaire de créer une nomenclature qui, non seulement intègre les données dites exogènes, mais aussi les valeurs radiométriques. En premier lieu, il faut établir une partition sur toute l'image et isoler par la suite les classes à vocation pastorale ou susceptibles de l'être. Le regroupement de l'information radiométrique s'effectue en minimisant la dispersion interne. Il sert ensuite de support fiable à une description par les données thématiques.

Les pixels sont considérés comme les individus d'une population (l'image). Les trois canaux SPOT (sur les deux dates) constituent les variables dont il faut étudier les caractéristiques. Une image contient par canal plusieurs millions de pixels. Il est donc nécessaire de procéder à l'aide d'un échantillonnage représentatif. Les techniques de sondage permettent de réaliser une telle opération. A chaque étape de la démarche, une grande rigueur contrôle la fiabilité du résultat.

Quel type de tirage pour l'échantillon?

Le tirage aléatoire avec ou sans remise reste le moyen le plus aisé pour affecter la même probabilité d'être tiré à tous les éléments. Mais, il risque d'entraîner une trop grande concentration des pixels tirés. Pour l'intégration d'individus possédant une dimension géographique, la localisation des pixels dans l'espace revêt une grande importance. Il est donc essentiel de trouver un moyen d'éviter ce biais

implicite du tirage (aléatoire complet). Par ailleurs, le tirage systématique introduit une périodicité dans l'espace qui peut masquer des phénomènes intéressants mais ponctuels. Le choix d'un compromis constitué par le truchement d'un tirage aléatoire par maille semble mieux répondre à ces préoccupations.

Principe du tirage.

La géométrie des mailles tient compte de celle de l'image. La construction des mailles correspond à un quadrillage en ligne et colonne de l'image en entrée. A l'intérieur de chacune, le tirage se fait de façon aléatoire et sans remise. Dans le cas de l'étude, un seul pixel est tiré par maille.

Quelle taille pour l'échantillon?

Pour une population d'effectif N , il est prouvé que, sur une série de tirages de K échantillons d'effectif n croissant, la variance de l'estimateur y de la moyenne Y d'une variable aléatoire X tend vers 0.

Selon le théorème des limites centrales, on a:

$\Pr(|Y - y| < e)$ avec e réel proche de 0.

\Pr = probabilité.

y = estimateur de la moyenne Y .

Y = moyenne de X .

X = variable aléatoire.

Sur chaque série d'échantillons de même taille, l'histogramme des valeurs prises par l'estimateur de la moyenne des canaux est établi. Ainsi, 30 échantillons sont constitués par taille croissante (1000 à 28000).

La taille satisfaisant les conditions d'un faible écart entre l'estimateur et la valeur réelle de la moyenne et d'une variance de l'estimateur minimum est retenue. En raison de la technique de construction de la grille, l'effectif réel considéré est un carré.

Dans le cas de cette étude, la taille optimale déterminée est de $n\sqrt{20000}$, soit plus précisément $n=19881$. Au-delà de cet effectif, la variance de l'estimateur est presque nulle.

EFFECTIF	ESTI-MOY.	C1	C2	C3	C1	C2	C3
1000	MOY	33,069	26,475	49,119	39,757	37,182	54,338
	EC-TYP	0,143	0,217	0,354	0,154	0,281	0,321
5000	MOY	33,174	26,597	49,108	39,895	37,366	54,459
	EC-TYP	0,044	0,059	0,124	0,051	0,086	0,113
10000	MOY	33,084	26,515	49,063	39,853	37,319	54,422
	EC-TYP	0,031	0,048	0,075	0,033	0,058	0,061
15000	MOY	33,312	26,894	48,675	40,346	38,017	54,609
	EC-TYP	0,019	0,035	0,054	0,027	0,061	0,052
20000	MOY	33,115	26,653	48,811	40,131	37,722	54,533
	EC-TYP	0,022	0,032	0,000	0,033	0,031	0,022

Tableau 2 Comportement de la variance de l'estimateur de la moyenne des 3 canaux (Mai et Août) sur des échantillons à effectif croissant.

Quelle précision pour l'échantillon?

Si on considère une variable aléatoire X suivant une loi normale de moyenne Y et d'écart-type s , l'intervalle de confiance pour l'estimateur de la moyenne sur l'échantillon retenu est de la forme:

$$I=[Y-t*s/O_n; Y+t*s/O_n]$$

avec t lu dans la table $N(0,1)$ au seuil fixé
 n =effectif de l'échantillon..

Pour $t=1,96$ on obtient les résultats suivants:

MAI	Canal 1	0,20
	Canal 2	0,26
	Canal 3	0,30
AOÛT	Canal 1	0,16
	Canal 2	0,34
	Canal 3	0,30

Tableau 3 Amplitude de l'intervalle de précision Estimateur de la moyenne

CREATION DE LA PARTITION.

Un des moyens pour approcher le nombre optimum de groupes est l'analyse de la variance sur un nombre croissant de classes. En effet, tout découpage qui maximise la variance inter et minimise la variance intra doit être privilégié.

$$T=B+W$$

$$C=(T-W)/T$$

où

T=variance totale

B=variance inter

W=variance intra.

C=pourcentage d'inertie expliquée.

Sur ce principe, la contribution de la variance inter à l'inertie totale sur un ensemble de partitions présentant un nombre croissant de classes constitue un des critères de sélection. On définit ainsi 20 groupes.

Au moment du zonage, 12 postes thématiques avaient été dénombrés. Etant donnée la grande hétérogénéité des espaces, notamment de ceux en milieu naturel, le nombre de 20 classes paraît tout à fait acceptable.

La méthode des nuées dynamiques permet alors la création de la partition sur l'échantillon. Les formes fortes des partitions successives établies par la précédente méthode sont analysées. Ensuite, une centralisation est effectuée par la minimisation des différences symétriques sur l'ensemble des formes fortes. Le critère de Condorcet permet d'obtenir une partition optimale respectant ce principe.

Test de stabilité des classes.

Les 20 classes du mois d'Aout et Mai sont soumises à un test de stabilité des groupes par l'intermédiaire de l'analyse discriminante. Le résultat est très satisfaisant. La partition est valable du point de vue statistique.

LA CONFRONTATION THEMATIQUE.

Les documents (images classées) du mois de Mai et d'Août sont ensuite confrontés aux documents exogènes. Chaque classe est ainsi décrite qualitativement (présence ou absence d'une modalité des variables données exogènes ou DE considérées). De cette façon, un tableau de type individus variables est constitué. Pour cela, les individus considérés sont les classes par date et les variables sont les D.E. Une agrégation des groupes est effectuée par la méthode d'analyse factorielle des correspondances AFC (Fig.1).

Pour le mois de Mai et pour les pâturages naturels, une première distinction ressort. La dichotomie de zones très dégradées et celles en meilleur état et comprenant des pixels de culture sèche se dégage. Par rapport aux contraintes initiales, le résultat de la première partition est tout à fait convenable. On distingue:

Les vestiges de forêts tropophiles.

Les cultures sèches + les pâturages.

Les pâturages sur zones minéralisées.

Les cultures (riz,etc..).

L'espace naturel non pâturé + les cultures.

L'eau et les rizières en eau.

Concernant l'aire pastorale, les pâturages très dégradés s'individualisent bien par leur réponse spectrale de type minéral.

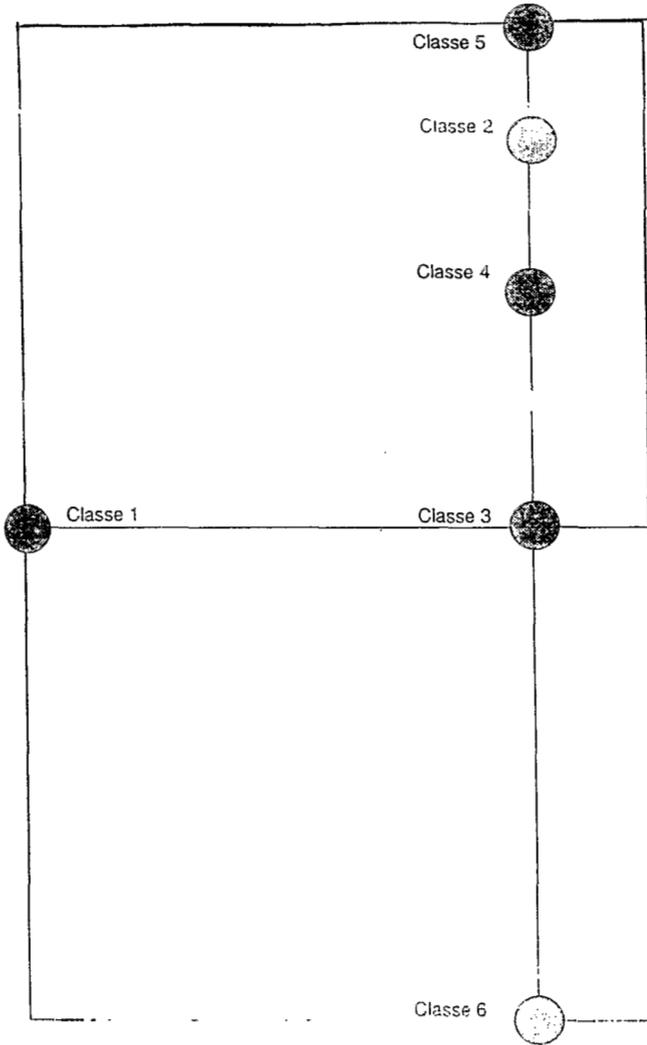
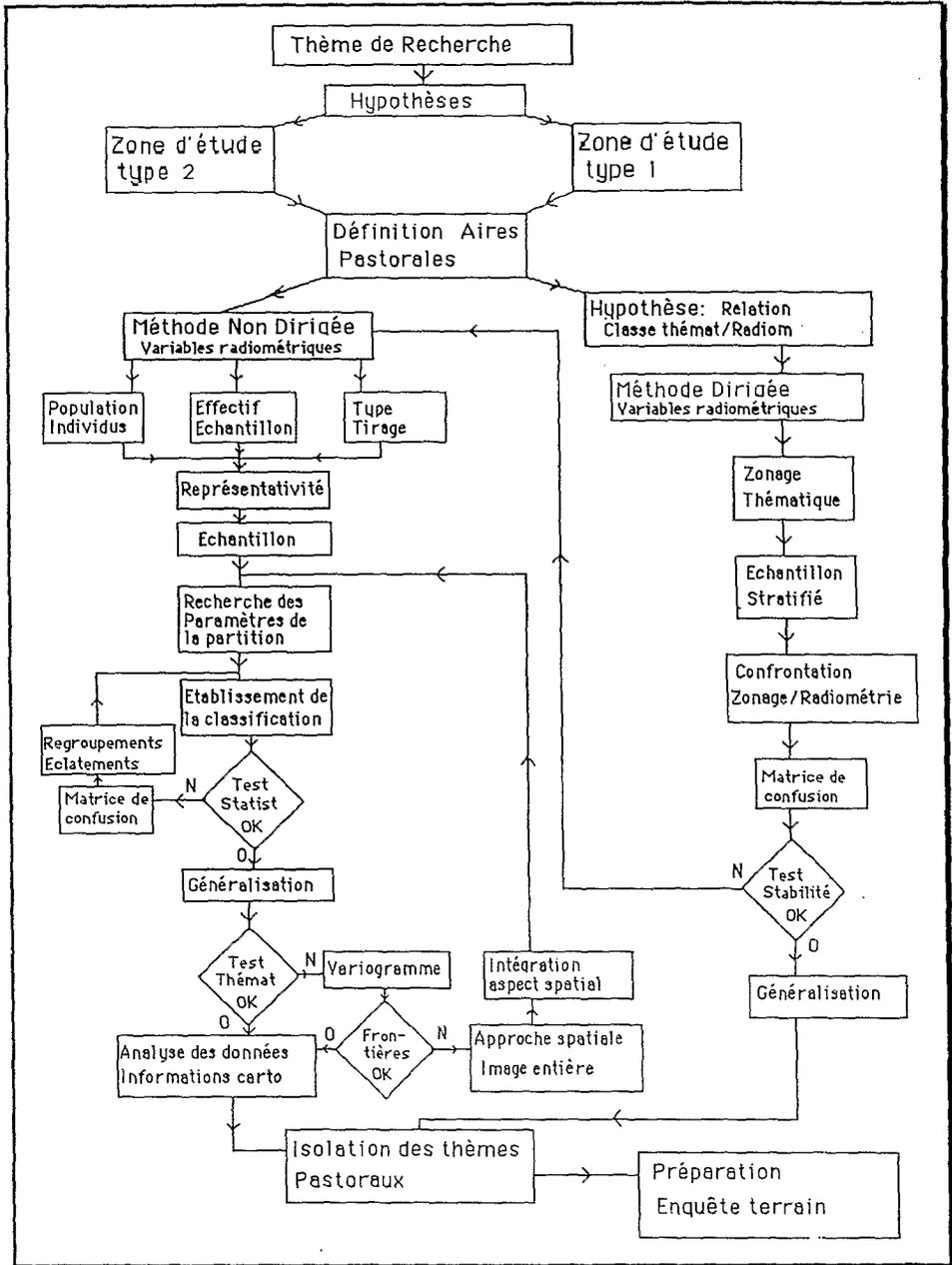


Figure 1 : A.F.C. sur les classes issues d'une démarche non dirigée (Mai).

L'approche spatiale doit permettre de discriminer par poste d'occupation du sol les classes mixtes. Le comportement du voisinage des pixels n'est pas encore pris en compte. Les classes primaires qui constituent cette partition sont statistiquement fiables. De plus, elles correspondent à une réalité sur le terrain.

A ce stade et uniquement par cette méthode, on ne peut pas isoler l'espace pastoral pur. La démarche se poursuit avec la mise en évidence des réseaux (bas-fonds, diguettes etc..) pour l'hydraulique pastorale et pour leur rôle dans l'alimentation animale.



La conceptualisation en amont d'un traitement permet d'éviter une trop grande dispersion d'informations. Dans des zones de type hétérogène, une attention toute particulière est nécessaire lors de l'approche d'une nomenclature. Une agrégation judicieuse des pixels doit pouvoir permettre un enchaînement logique des traitements dans lequel les résultats sont graduellement affinés. Dans le cadre d'une caractérisation de l'aire pastorale en zone rizicole, une démarche alliant une conceptualisation rationnelle en amont et des méthodes de traitement d'images donne des premiers résultats très prometteurs.

REFERENCES.

1. AUDRU(J.), ANDRIATSARFARA RAMAROKOTO(F.): Le satramira chez les Antansroy de la région de Miadana (Hyphane Sutton Boj. - Palmae) une providence ou une peste végétale. IEMVT1986. pp. 53.
2. Bosser(J) HERVIEU(J): Cartes d'utilisation des sols feuilles de Marovoay - six feuilles plus notices. Publications de l'institut de recherche scientifique Tananarive-Tsimbazaza. 1957
3. BERNUS(E.): Exploitation de l'espace et désertification. In.Travaux de l'Institut de Géographie de Reims. n°39-40 1979 pp.49-59.
5. DEROO(M.), DUSSAIX(A.M.) Pratique et analyse des enquêtes par sondage. PUF.1980. pp. 302.
6. GRANIER(P), BIGOT(A), ALLOUI(P).. Données préliminaires pour une étude de l'élevage bovin dans la province de Majunga Tananarive. - IEMVT 1972. pp. 68.