

ETUDE DE ZONES DE PATURAGE NATUREL DU MOYEN-OUEST MALGACHE A PARTIR DE DONNEES DE TELEDETECTION AVEC LE SYSTEME DE K. PEARSON.

Par

PERAKIS Konstantinos et TAMRU Bezounesh.

Résumé.

L'histogramme de l'image de télédétection donne une bonne vision sur les phénomènes au sol. Il peut être établi sur des segments enquêtés. Le test du Khi-deux permet d'évaluer l'ajustement des distributions théoriques sur des distributions empiriques. Une application est conduite sur des données SPOT. Elles se rapportent aux zones de pâturage et de cultures du Moyen-Ouest. Le but de l'étude réside dans l'estimation des extensions des différents postes de la nomenclature en terme d'occupation du sol.

Mots clés: Madagascar, pâturage, télédétection, occupation du sol, histogramme, ajustement.

Abstract.

A remote sensing image histogram may give a good approach on ground phenomenons. It can be constructed on ground surveyed areas. The test of khi-square evaluates the adjustment of theoretical distributions on empirical distributions with SPOT data. These latters describe grazing and agricultural lands in Mid-West Madagascar. The estimation of different land use extensions is the main concern of the study.

Key Words: Madagascar, grazing lands, remote sensing, land use, histogram, adjustment.

LA ZONE D'ETUDE (Figure 1).

Le Moyen-Ouest malgache se situe entre les Hautes-Terres centrales et le littoral occidental de la grande île. Des mouvements orographiques délimitent ce vaste ensemble. Les volcans de l'Itasy à l'est édifié sur un relief gneissique, au sud-est le massif granitique des Vavavato et au sud et à l'ouest de Mandoto le massif de Bevitsika distinguent la région.

Cette étude analyse plus particulièrement la zone au sud de Tsiroanomandidy entre les villages d'Andranomadiou et Ambatolampy. Cette aire relève en outre de la Ferme d'Etat Omby (boeuf) d'Albatomainty ou ranch n°1. L'ensemble se présente sous forme d'un relief fini-tertiaire avec des épaulements quaternaires sur terrain migmatique. Les hauteurs sont disséquées par un réseau de bas-fond en forme de feuille de chêne. La région de Tsiroanomandidy possède des altitudes comprises entre 750 et 800 m, avec le Bevato et l'Ambohiby s'élevant à 1346 m et 1542 m.

Le climat du Moyen-Ouest se classe dans le type tropical humide à saison sèche bien marquée du mois d'Avril à Octobre. La moyenne des températures se situe à 23° 29 C et celle des précipitations à 1577,2 mm en 109,2 jours pour la station de Tsiroanomandidy selon les données de la météorologie nationale malgache.

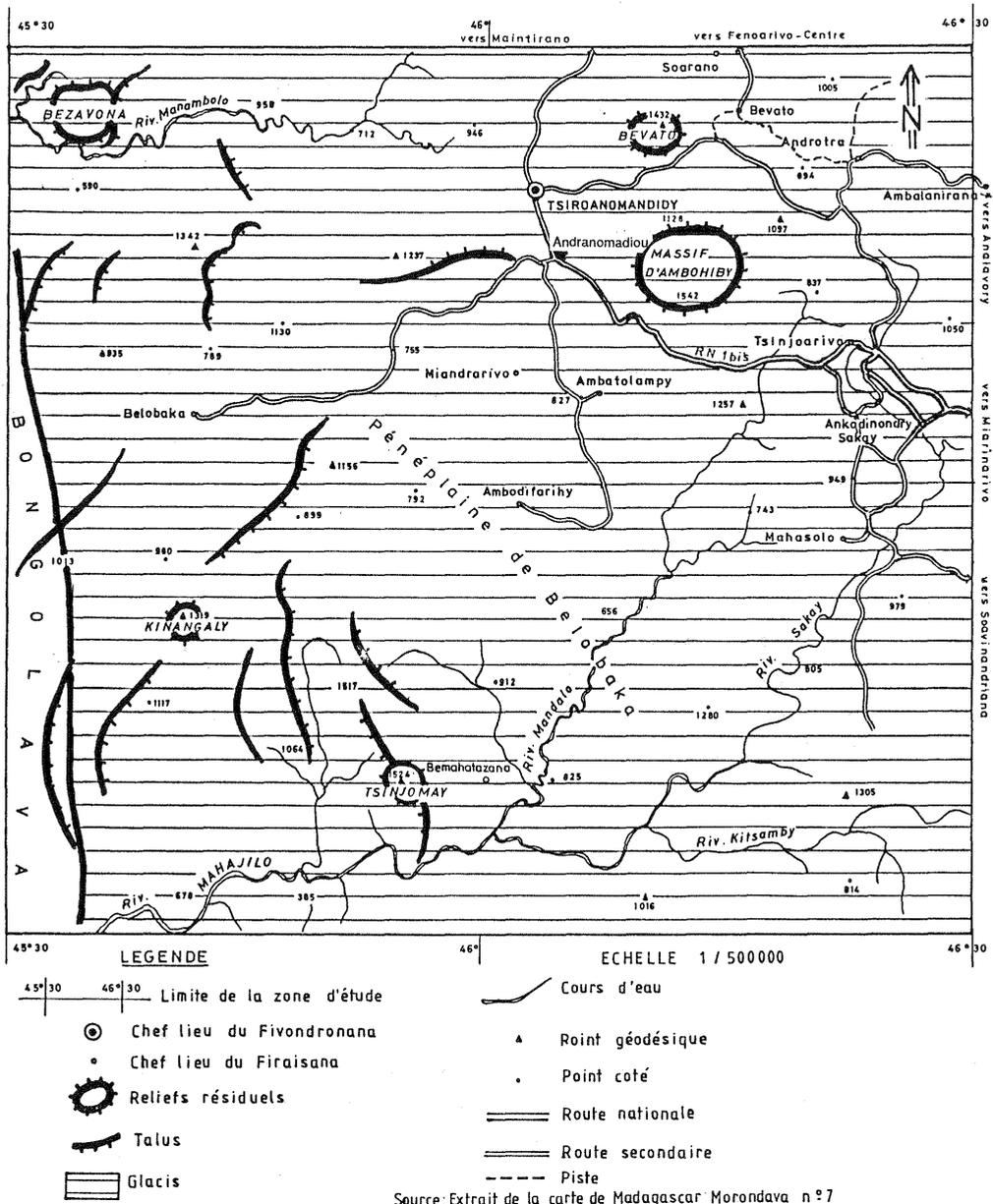
La végétation naturelle.

La surface des plateaux est occupé de "danga" (*Heteropogon contortus*) et de "bozaka" (*Aristida mulicaulis*). Le couvert herbacé est discontinu selon la pente des versants. Il devient plus dense sur le glacis pour rejoindre les bouquets d'arbres de forêts résiduelles des bas-fonds. Dans ces dernières les ficus dominant les autres espèces en nombre.

Région à vocation pastorale?

Le Moyen-Ouest se singularise dans l'histoire malgache (Raison, 1984) comme zone tampon entre les royaumes de l'Imerina au centre et Sakalava à l'ouest. L'insécurité, qui découlait de cette situation, a induit une faible démographie. Une spécialisation d'élevage d'embouche sur pâturage extensif "le dabokandra" a donc caractérisé l'économie régionale. Mais, depuis quelques décennies le Moyen-Ouest est terre de migrations issues de toutes les provinces malgaches. Une hausse démographique appréciable découle de ces mouvements. Une vaste colonisation agricole de l'espace est conduite sous l'encadrement plus ou moins efficace de programmes d'aménagement du territoire. Ces derniers prévoient toujours une large place pour l'élevage. Les Fermes

FIGURE 1 : CARTE TOPOGRAPHIQUE DU FIVONDRONAMPOKONTANY DE TSIROANOMANDIDY



d'Etat Omby (F.E.A) créées par le décret n°69.017 du 11 Janvier 1969 ont mission de répondre à la demande domestique et internationale en bovins d'embouche et plus tard en céréales pour les villes. Cette activité est pratiquée avec la participation des paysans présents dans la limite des ranchs. Mais, depuis quelques années, des problèmes d'ordre économique se font jour et entravent le bon déroulement de la production des fermes. Cet état se traduit par l'abandon du ranch n°4 et par l'extension incontrôlée des cultures.

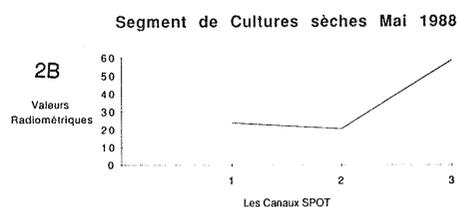
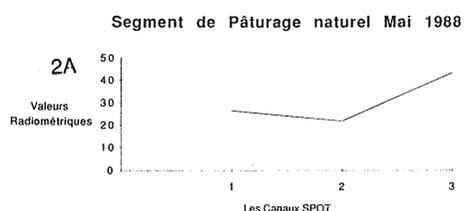
Cette note fait partie d'une étude sur l'état de l'espace pastoral de la région. Les documents de télédétection (SPOT du mois de Mai 1988) sont utilisés dans une large mesure. Ils autorisent la caractérisation et le suivi des pâturages naturels à différents niveaux. En plus des données satellitaires, une série de cartes topographiques IGN au 1:100 000, des cartes

thématiques (Chabeuf,1981) et un échantillon de segments enquêtés sont disponibles.

DEMARCHE GENERALE.

Le premier travail s'applique à cerner à l'aide des images SPOT l'espace pastoral. La difficulté réside dans l'isolement d'un milieu hétérogène dans un ensemble tout aussi hétérogène. En effet, la topographie tourmentée de la zone d'étude et les faibles moyens des paysans ne permettent l'existence que d'un micro-parcellaire. L'image donne une perception de paysage mité et diffus où une caractérisation fine avec la résolution des capteurs actuels devient délicate.

Figure 2. Comportement radiométrique.



La figure 2 présente le comportement radiométrique sur les trois canaux SPOT de deux segments issus de l'échantillon d'enquête terrain. La courbe 2A décrit un milieu de pâturage naturel. Ce dernier est constitué d'un couvert herbacé dont *Hétéropogon contortus* domine avec les espèces compagnes telles que *Hyparrhenia rufa*, *Hyparrhenia variabilis* sur les pentes, *Hyperthelia dissoluta*, *Aristida mulicaulis*, *Pennisetum polystachion* et les mauvaises herbes introduites avec les espèces fourragères telles que *Stylosanthes guayanesis* et *Chloris Gayana*. Cette énumération montre un cortège floristique assez complexes des pâturages. Le second segment (figure 2B) représente un ensemble de petits champs de culture sèche avec du riz pluvial, du maïs, de l'arachide et du coton.

Le comportement radiométrique des deux sites révèlent une présence végétale (graminées à cycle long et culture sur pied). Cette information, trop globale, occulte donc la réalité de l'occupation du sol. Des procédés de statistique élaborés tels que les analyses de données et le système de distribution de Karl Pearson s'avèrent donc nécessaire pour approcher une discrimination plus fiable.

ETABLISSEMENT D'UNE NOMENCLATURE

Une partition en amont de l'enquête terrain est établie sur la zone d'étude délimitée sur l'image SPOT. Un premier essai d'isolation de l'espace pastoral est ainsi tenté. Il sert ensuite comme support pour le tirage de l'échantillon des segments d'enquête.

Méthode non supervisée. (Tamru, 1990)

Les pixels sont considérés comme les individus d'une population (l'image). Les trois canaux SPOT 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 une telle opération. A chaque étape de la démarche, une grande rigueur statistique contrôle la fiabilité du résultat.

Tirage de 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). Le choix d'un compromis constitué par le truchement d'un tirage aléatoire par maille semble mieux répondre à ces préoccupations.

Taille de 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, nous avons:

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

\Pr = probabilité.

y = estimateur de la moyenne Y .

Y = moyenne de S .

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. 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.

Test de précision de 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.

$I=(Y-t.s/Sn;Y+t.s/Sn)$
avec t lu dans la table $N(0,1)$ au seuil fixé de 1.96
 n effectif de l'échantillon.
S: sommation.

Création de la partition.

Un des moyens pour approcher le nombre optimum de groupes en amont 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 critère de sélection. Dix groupes sont ainsi définis. Ils sont ensuite soumis à un test de stabilité par l'intermédiaire de l'analyse discriminante.

Sur Les 10 groupes et, à l'aide de la carte topographique pour l'accessibilité des sites, 23 points sont sélectionnés et le passage sur le terrain a lieu en Avril 1992.

APPROCHE DE DISCRIMINATION SPECTRALE.

La problématique se situe sur la caractérisation de l'espace pastoral et de l'appréhension de ses extensions. Il est donc essentiel de trouver un moyen numérique de discriminer des postes d'occupation du sol connus pour une interpolation utliérieure. Ainsi, un premier traitement s'attache à l'étude des histogrammes des segments enquêtés. Pour chacun d'eux et par canal, la distribution empirique et son ajustement à une distribution théorique est réalisé. Ce travail s'appuie sur la méthode de Karl Pearson.

Méthode.

Le système de K.Pearson se base sur la recherche d'une équation différentielle, dont les solutions particulières sont des courbes de distribution, fondée sur l'interprétation mathématique des formes de ces dernières. Cette équation différentielle peut être obtenue à partir de considérations probabilistes. Dans ce cas, le dénominateur est un polynôme du

second degré. A partir de l'équation, une relation de récurrence entre les moments de différent ordre peut être obtenu. L'équation différentielle s'écrit :

$$(ax^2+bx+c)dy=(x-k_1)ydx$$

et peut être intégré dans l'intervalle ouvert de plus l'infini à moins l'infini.

Les solutions de l'équation différentielle de Pearson (E.D.P) se classent par grandes catégories de courbes. La qualité de l'ajustement est évalué par le test du Khi-deux. L'hypothèse H_0 adoptée indique que, les données réelles proviennent d'une population, dont la loi de distribution est connue. Cependant, il est rare de connaître tous les paramètres de la distribution parente. Ceux-ci sont estimés à partir d'échantillons. Le nombre de degré de liberté et le seuil de confiance (α) sont fixés et la valeur du khi-deux calculée. L'hypothèse H_0 est retenue ou rejetée par la lecture de la table du khi-deux.

Cette note ne s'étend pas sur l'aspect théorique du système de K.pearson. Elle examine surtout son application en télédétection sur un milieu hétérogène.

Démarche.

Pour mieux illustrer ce propos, les mêmes segments de la figure 2 sont repris. Pour chaque canal l'ajustement de leur distribution réelle à une distribution théorique est établi. Un programme informatique du système de K.Pearson (Perakis,1990) livre les valeurs des 4 premiers moments de la distribution, de la dispersion, de l'asymétrie ainsi que de tous les paramètres des solutions de l'équation différentielle. En outre, il détermine la classe d'appartenance de la courbe théorique et évalue sa validité par le test du khi-deux.

Applications thématique.

Pâturage naturel. (Figure 3a).

Canal 1

On distingue deux modalités. Elles décrivent la présence de végétation plus ou moins verte et avec un couvert différent. L'ajustement réalisé situe la courbe dans la classe S type 6. Le test du khi-deux donne la valeur de 1.67 pour un degré de liberté de 2 et l'hypothèse H_0 est retenue avec $\alpha=0.995$.

Canal 2.

Les modalités observées sur la première longueur d'onde sont plus marquées. Une sous-population sur les faibles valeurs indique la présence de végétation verte et dense. Elle se rapporte aux graminées de bas de versant. L'ajustement réalisé situe la courbe dans la classe S type 6. Le test du khi-deux donne la valeur de 23 pour un degré de liberté de 9 et l'hypothèse H_0 est retenue avec $\alpha=0.995$.

FIGURE 3 : AJUSTEMENTS DES DISTRIBUTIONS REELLES
 PAR DES LOIS THEORIQUES DE K. PEARSON.

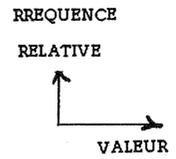
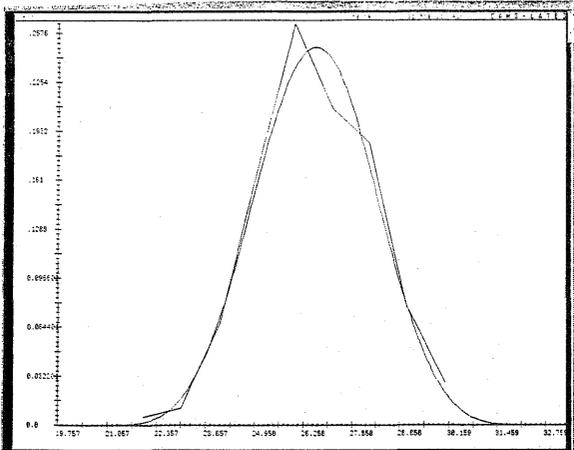
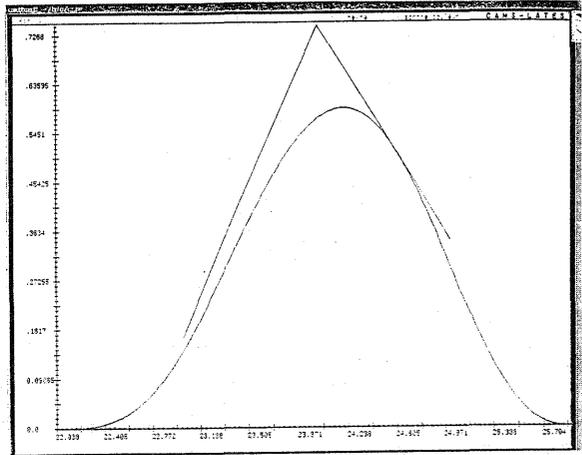


FIGURE 3A : Pâturage naturel

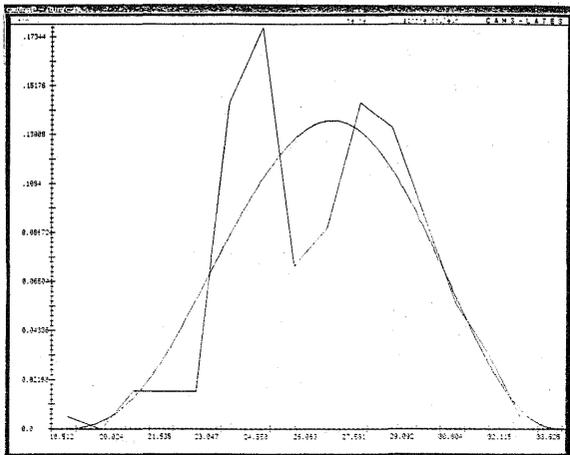
FIGURE 3B : Cultures sèches RADIOMETRIQUE



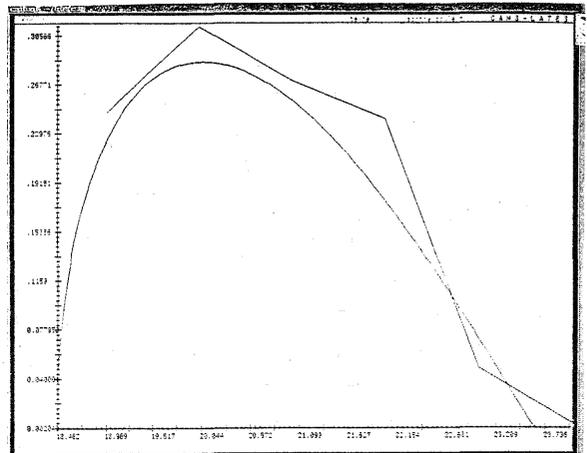
Canal 1.



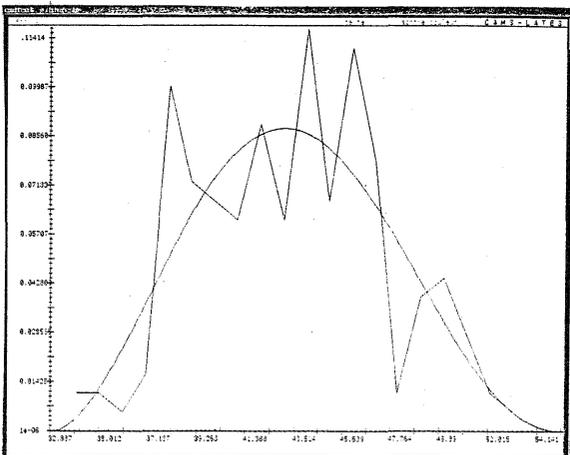
Canal 1



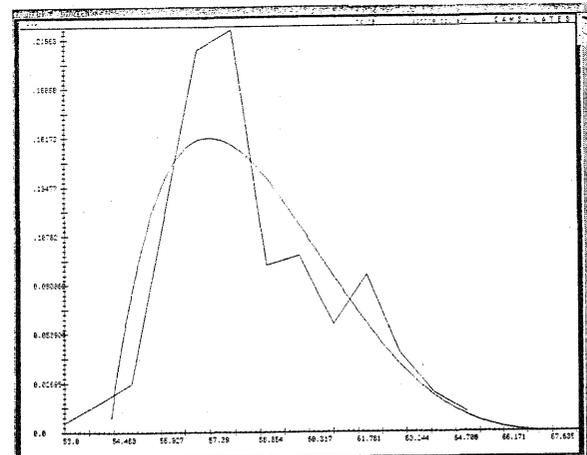
Canal 2.



Canal 2



Canal 3.



Canal 3

Canal 3.

Plusieurs modalités se distinguent. La végétation dense et verte se situe sur les fortes valeurs. La lisière du bas-fond se caractérise par une présence aquatique. Celle-ci est décrite par la sous-population des valeurs faibles. L'ajustement réalisé situe la courbe dans la classe S type 6. Le test du khi-deux donne la valeur de 18.9 pour un degré de liberté de 8 et l'hypothèse H_0 est retenue avec $\alpha=0.995$.

Cultures sèches (figure 3b).

Le mois de mai est la période où certaines cultures telles que le riz pluvial sont normalement récoltées. Le maïs, le coton et le manioc se trouvent à différents degrés de maturité.

Canal 1.

La lecture de l'histogramme est mal aisée. La présence de plusieurs petits champs à différents stades végétatifs est à l'origine du pic sur les valeurs intermédiaires. L'ajustement réalisé situe la courbe dans la classe S type 5. Le test du khi-deux donne la valeur de 0.55 pour un degré de liberté de 1 et l'hypothèse H_0 est retenue avec $\alpha=0.995$.

Canal 2.

La sensibilité de cette longueur d'onde à la végétation verte permet une meilleure distinction. Sur les valeurs faibles les cultures couvrantes et encore vertes (coton, arachide, maïs et manioc) se retrouvent. Les valeurs fortes se rapportent alors aux champs récoltés ou à la paille de riz. Mais la distinction interne des cultures se compliquent par la fluctuation du calendrier agricole selon les aléas climatiques. L'ajustement réalisé situe la courbe dans la classe S type 5. Le test du khi-deux donne la valeur de 3.71 pour un degré de liberté de 1 et l'hypothèse H_0 est retenue avec $\alpha=0.995$.

Canal 3.

Les modalités se distinguent d'une manière plus nette. Une teneur en humidité des sols se révèle sur les faibles valeurs. Les fortes réalisations de la variable décrivent les champs où les cultures sont vertes et en bonne montaison. Les valeurs intermédiaires se rapprochent aux parcelles avec des stades phénologiques diverses. L'ajustement réalisé situe la courbe dans la classe S type 5. Le test du khi-deux donne la valeur de 15.32 pour un degré de liberté de 5 et l'hypothèse H_0 est retenue avec $\alpha=0.995$.

Commentaire des résultats.

Ces exemples font partie d'une expérimentation conduite sur un échantillon de 23 segments de pâturage naturel et de culture. Le but recherché se situe dans la possibilité de

discrimination et de suivi de l'espace pastoral à l'aide du système de K. Pearson et de la classification des solutions de l'équation différentielle. Ainsi, notons que les pâturages et les cultures sèches, malgré leur similarité sur la figure 2, se distinguent par leur appartenance à différents types d'une même classe pearsonienne. Le test du khi-deux permet de contrôler la qualité des ajustements.

CONCLUSION.

Dans les milieux hétérogènes, la limite des objets se perçoit de manière floue sur les images de télédétection. Les méthodes classiques, testées sur des paysages plus structurés, débouchent alors sur des résultats difficilement exploitables. Il semble donc nécessaire de s'acheminer vers des modèles certes complexes mais qui permettent une distinction plus nette.

L'expérimentation décrite dans cette note se poursuit pour arriver à une extrapolation à des zones plus vastes et pour la production d'une chaîne méthodologique de suivi et d'évaluation des extensions en milieu hétérogène. La diminution préoccupante des espaces pastoraux naturels sans développement de culture fourragère se retrouvent dans la plupart des pays en voie de développement. Une connaissance de l'état des lieux sur le potentiel pastoral s'avère nécessaire. Dans ce cadre, la télédétection peut jouer un rôle prépondérant avec des méthodes d'exploitation adéquates.

Bibliographie.

1. CHABEUF (N.) Evaluation des opérations de développement et étude de factabilité de centres mixtes d'élevage dans le Moyen-Ouest de Madagascar. Propositions pour la réorganisation des fermes d'état Omby. La relance de l'élevage paysan laitier l'intensification de l'élevage bovin traditionnel. Maison-Alfort. IEMVT 1982. 58 p.
2. Ministère de l'Agriculture et du Patrimoine Foncier, Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique pour le Développement, Association des Géographes de Madagascar de l'université d'Antananarivo. - Etude complémentaire du Moyen-Ouest Fivondronampokontany de Tsiroanomandidy en vue du projet "Fonds d'appui au développement du Moyen-Ouest". Antananarivo 1990. 104 p
3. PEARSON (E.S.), JOHNSON (N.L.), BURR (I.W.) - Comparison of the percentage points of distributions with the same first four moments chosen from eight different systems of frequency curves. Commun. Statist. Simula. Computa. (1979), B, 8, pp 191-229.

4. PEARSON (K.) - Contribution to the mathematical theory of evolution. Skew variation in homogenous material. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 1895. pp. 343-414.

5. PERAKIS (K.) - Algorithme et programme informatique d'ajustement d'une distribution empirique à une distribution théorique du système de K. Pearson.version 1.0.- CAMS/CNRS 1990

6. RAISON (J.P) - Les hautes terres de Madagascar et leurs confins occidentaux: enracinement et mobilité des sociétés rurales. Paris Karthala, ORSTOM, 1984, 2 tomes.652 p, 605 p.

7. TAMRU (B.) - Approche méthodologique pour une différenciation de l'espace pastoral par télédétection - cas de Marovoay-Madagascar. - Actes des deuxièmes journées de télédétection. ORSTOM. Décembre 1990. pp 143-152.