

Perspectives offertes par l'utilisation de l'analyse multivariée et des SIG dans une analyse intégrée des paysages géomorphologiques

KOLI BI ZUÉLI¹, KANGAH ARMAND,²ADOU AKA GISCARD³

1- Maître de Conférences, z_kolibi@yahoo.fr

2- Maitre-assistant

3- Doctorant, giscardadou@yahoo.fr

- Institut de Géographie Tropicale (IGT), (Laboratoire d'Études et de Recherches sur les Milieux Naturels Tropicaux). Université Félix Houphouët-Boigny, Cocody-Abidjan

RESUME

Comme dans toute étude appelant à une critique des données, l'éventuelle hétérogénéité des résultats initiaux dans le mode, la nature du recueil des informations peut contribuer à limiter, sur le plan méthodologique, l'analyse et donc fausser le jugement. A l'échelle du paysage élémentaire (habituellement cartographié à 1 : 200 000), les différents taux d'occupation du sol varient selon le positionnement géographique par rapport aux villages, routes, îlots de densité de population, rivières. Ils varient aussi en fonction de la finesse des superpositions pour des comptages très précis. Aussi, les analyses globales se portent-elles sur les données relatives à l'occupation du sol, sans que le contexte géographique ou démographique soit précisé. Les techniques de collecte des informations ne sont pas identiques. Les cartes d'occupation du sol sont obtenues par l'analyse d'images satellitaires multispectrales. Les données paysages sont obtenues à la fois par photo-interprétation et par des observations de terrain.

Ainsi, la pertinence des valeurs des variables d'occupation du sol retenues peut être brouillée par une analyse profonde sur le rapport superficie du paysage/type de paysage.

Avec l'utilisation des techniques multidimensionnelles d'analyse des données, notre investigation offre l'avantage de donner une vision globale du contenu global des paysages dans les régions de savanes : à partir d'un grand ensemble de données hétérogènes, sont révélées des cohérences qui éclairent des situations écologiques (des situations de mises en rapport des collectivités avec l'espace et qui sont fonction des relations de l'homme avec son milieu). Ces différentes situations produisent autant de groupes des paysages issus de formes variées combinaisons, formes lisibles par des représentations spatiales.

Mots-clés : Analyse multivariée, Côte d'Ivoire, analyse intégrée, paysages, occupation du sol.

ABSTRACT

Like in any study calling for data review, possible heterogeneity of initial results in the mode, nature of information collection may help to limit, in terms of methodology, the analysis and thus distort judgment. At an elementary landscape-scale (usually mapped to 1: 200 000), different rates of land use vary depending on geographical position with respect to villages, roads, population density islands, rivers. They also vary depending on overlays fineness for accurate counting. Also, global analyzes are done on data relating to land use, with no specified geographic or demographic background. Techniques of gathering information are not identical. Maps of land use are obtained through the analysis of multispectral satellite images. Landscape data are obtained both by photo-interpretation and field observations.

Thus, relevant values of land use variables retained may be blurred by a deep analysis of the ratio of landscape area and type of landscape.

Using multivariate techniques of data analysis, our investigation has the advantage of giving an overview of complete content in savannah landscapes : from a large set of heterogeneous data, are revealed consistencies that illuminate ecological situations (inter-related situations of communities with space based on relationships between man and his environment). These situations produce many landscape groups resulting from various combinations forms, readable forms by spatial representations.

Key words : Multivariate Analysis, Côte d'Ivoire, Integrated Analysis, Landscapes, Land use.

INTRODUCTION

Pendant longtemps, les analyses intégrées des paysages telles que pratiquées par les géographes de «l'École africaine d'Abidjan» du paysage (Rougerie et Béroutchachvili, 1991) ont rencontré des difficultés d'intégration de l'ensemble des données naturelles et anthropiques. Richard (1985), Filleron (1995) et Koli (2009), après avoir pourtant clamé le caractère global et intégré de leur démarche, ont produit de nombreuses cartes qui ne présentaient que les variables physiques. Aujourd'hui, ce hiatus pourrait être comblé avec les apports de l'utilisation d'un système d'information géographique et de l'imagerie satellitaire de l'analyse multivariée sur tout le contenu (naturel et anthropique) des entités paysagiques. La démarche utilisée ici est rare et longue. Mais elle est une piste essentielle pour réunir les morceaux du «puzzle» de la méthode globale et intégrée.

1-1- PROBLÈME ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Dans les milieux tropicaux, le paysage géomorphologique joue un rôle important dans l'organisation du milieu naturel. Dans ce contexte, les paysages font l'objet d'une attention particulière qui se traduit par de nombreuses études de terrains en vue de la gestion et de l'aménagement du territoire. Les analogies observées au niveau de ceux-ci ont permis à travers des recherches précédentes de mettre en place une typologie des paysages (Filleron J.C., 2005). Afin de structurer l'analyse des différents paysages observés et d'adapter les interventions des organismes de développement agricole, des méthodes typologiques ont été élaborées pour organiser les paysages. Ces typologies sont construites à différentes échelles géographiques allant des paysages élémentaires aux régions paysagiques. Les légendes des cartes produites ne mentionnent que les caractéristiques physiques de ces paysages. La part de l'anthropique n'apparaît pas comme une donnée immédiatement perceptible. On est obligé de faire suivre la carte par une notice explicative. Même la base de données qui accompagne les cartes souffre de ce manque (Koli, 2009). La question est la suivante : comment procéder à l'intégration des données d'occupation et d'utilisation du sol et des données naturelles ?

L'objectif principal est de proposer une démarche qui permet d'établir une typologie des paysages selon leur contenu global. De manière plus précise, il s'agit donc plus simplement d'intégrer les variables liées à l'occupation du sol dans la typologie des paysages

élémentaires. Les progrès seraient de deux ordres : le progrès technique consisterait à enrichir une base de données utilisable dans un système d'information géographique pour aider à la résolution des problèmes de recherche-développement ; le progrès scientifique ici, c'est d'arriver à faire voir et faire comprendre à l'aménageur qu'il existe des paysages très différents au-delà de la simple distinction forêt-savane, plateau-plaine. On peut alors les définir, les cartographier, les «ficher»

1-2- LOCALISATION DE L'ÉTUDE ET CARACTÉRISTIQUES DU SECTEUR

L'espace pris comme exemple est situé dans la région du Centre Nord-ouest de la Côte d'Ivoire. Il s'étend sur trois degrés carrés (Katiola, Mankono, Touba) compris entre les latitudes 8° et 9° Nord et les longitudes 5° et 8°15' Ouest (Figure 1). L'espace étudié couvre une superficie d'environ 42 000 km² développée sur un grand axe Est-Ouest de 350 km environ et un axe Nord-Sud de 120 km. Le schéma géomorphologique est essentiellement composé de «reliefs qui se répartissent entre les modelés de dissections, façonnés dans un matériel pédologique très ancien et très varié et des modelés franchement hérités comme les modelés cuirassés» (Koli Bi, 2009 :numéro de page)

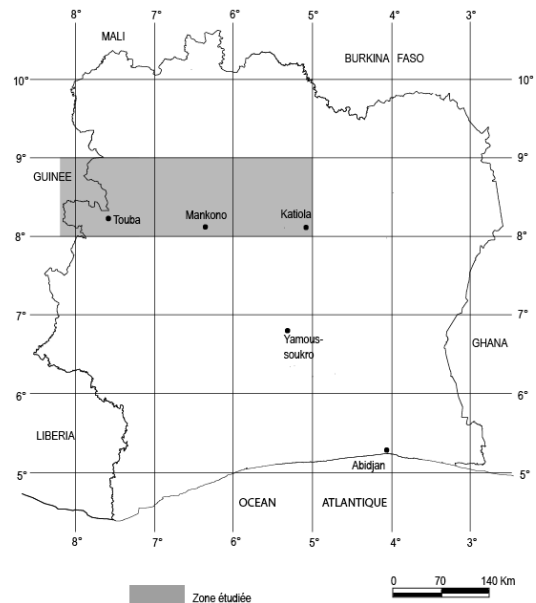


Figure 1 : Situation géographique de la zone étudiée

La végétation naturelle est composée d'une variété de savanes (savane arborée, arbustive, herbeuse) et de forêts (forêt dense semi-décidue, forêt claire, forêt galerie). Dans la forêt dense semi-décidue, les arbres sont très grands et soutiennent des lianes ligneuses. Le sous-bois est clair et planté de sous-ligneux. La surface est formée par une litière organique et d'horizons humifères très riches en matières organiques et gravillonnaires. La forêt galerie présente un couvert forestier continu qui se limite aux abords des cours d'eau. Les sols sont limoneux avec un horizon argilo-sableux sous humus toujours épais.

La savane boisée/forêt claire est composée de végétation ayant une strate herbeuse assez discontinue avec une voûte ligneuse dense et haute. Ce type de couvert se limite généralement dans les bas-fonds. En savane arbustive dense, le couvert herbacé est dense et quasi continu. Cette formation végétale recouvre des sols rouge et ocre. La savane arbustive claire présente un couvert ligneux nettement moins dense que dans la formation de savane arbustive dense. La strate herbacée comprend essentiellement des graminées. Ce sont des herbacées en touffes denses. La savane boisée à couvert arborée dense flanque généralement les galeries forestières. Le sous-bois est constitué de graminées et de fougères. Cette unité est associée principalement aux sols jaunes (Poss, *et al.*, 1982 ; Viennot, 1983).

L'empreinte humaine se traduit par des cultures, des champs et des jachères de plus ou moins long durée. Les surfaces cultivées ou défrichées sont généralement de dimensions variables selon qu'il s'agit de cultures pérennes (coton, anacarde) ou de cultures vivrières (maïs, mil). Le système cultural basé sur l'agriculture extensive entraîne une extension des jachères de durée plus ou moins longue.

La plupart des chefs de ménage, autochtones détenteurs des terres et migrants (venus d'autres régions de la Côte d'Ivoire et des pays voisins, Burkina, Guinée, Mali) pratiquent l'agriculture, l'élevage ou les deux à la fois sans qu'il existe une réelle intégration entre ces activités. Leurs pratiques diffèrent selon leurs traditions et selon leurs habitudes alimentaires. Aussi, les milieux naturels et humains sont-ils autant profondément modifiés, avec une altération sensible des paysages végétaux.

1.3. DÉFINITION DES NOTIONS DE PAYSAGE GÉOMORPHOLOGIQUE ET D'OCCUPATION DU SOL

Le paysage géomorphologique élémentaire correspond à un relief ou à un modelé généralement limité par un talweg (interfluve), auquel sont associés un ou plusieurs types de segments de paysages. Les types de paysages correspondent à un ensemble de paysages géomorphologiques élémentaires qui présentent les mêmes caractères morphométriques et pédologiques.

L'occupation du sol se définit comme étant la distribution spatiale qualitative et quantitative de l'ensemble des éléments à la surface du sol. Ces éléments sont induits par les activités humaines ou des phénomènes naturels. Les types d'occupation du sol sont l'ensemble des composantes spatiales d'une surface donnée. Il s'agit ici des espaces naturels et des espaces humanisés.

Les espaces humanisés résultent de la transformation du milieu naturel par l'homme c'est-à-dire l'aménagement du milieu pour le remplacer par d'autres formations ou groupements qui lui apparaissent plus utiles. Ces formations ou groupements sont ici représentés par les superficies agricoles et les jachères. Les espaces naturels sont compris dans la présente étude comme des espaces qui ne portent pas d'empreintes visibles de l'action de l'homme.

Toutes ces données physiques, naturelles et anthropiques constituent le contenu global du paysage géomorphologique.

DONNÉES ET MÉTHODE

2-1- LES DONNÉES UTILISÉES

Pour réaliser cette étude, une série de données ont été extraites de cartes réalisées sur les trois degré-carrés de la région étudiée (Koli, 2009). Ces données sont les résultats statistiques du traitement croisé (union et superposition) de cartes de paysages élémentaires et de cartes d'occupation du sol (cartes des paysages et de l'occupation du sol à 1:200 000). Ces données sont composées principalement des pourcentages d'occupation de la superficie des paysages par type d'occupation du sol. Elles ont été sélectionnées en fonction d'une problématique

possibiliste (problématique qui n'écarte aucune hypothèse a priori) ; Le but est d'élargir l'analyse autour des indicateurs spatiaux visibles en liaison avec l'utilisation du sol. Il a été donc retenu pour chaque paysage, le pourcentage en espace forêt, en espace savane et en espace humanisé.

L'analyse porte sur un groupe de 4328 individus-paysages et de trois variables qui se déclinent en dix modalités. Initialement, l'étude portait sur quinze modalités. Après des tests, Il n'a été finalement

retenu que les dix modalités les plus significatives. Pour obtenir de meilleurs résultats, des modalités ont été regroupées parce que, prises individuellement, elles n'apportent pas de grandes informations. Les trois variables sont : les espaces forestiers, les espaces de savanes, et les espaces humanisés. Elles se déclinent, respectivement, en 3 modalités, 4 modalités et 3 modalités. La valeur d'une modalité exprime le taux d'occupation de la superficie du paysage et est codé de deux manières : un code numérique et un code alphanumérique (Tableau 1)

Tableau 1 : Modalités, valeurs et codes des variables

Variable	Modalité	Code 1	Code 2	Signification
Espace Forêt (EF)	Espace forêt de moins de 10%	- de 10% EF	C21	Rare
	Espace forêt 10-30%	10-30% EF	C22	Présent
	Espace forêt de plus de 30%	30% et + EF	C23	abondant
Espace Savane (ES)	Espace savane 0-30%	0-30% ES	C31	Présent
	Espace savane 30-50%	30-50% ES	C32	Fréquent
	Espace savane 50-70%	50-70% ES	C33	Abondant
	Espace savane de plus de 70%	70% et + ES	C34	Dominant
Espace humanisé (EH)	Espace humanisé de moins de 10%	- de 10% EH	C41	Rare
	Espace humanisé 10-30%	10-30% EH	C42	Fréquent
	Espace humanisé de plus de 30%	30% et + EH	C43	abondant

On dispose donc de **n** individus statistiques, décrits par **C** variables nominales. L'analyse des correspondances multiples (ACM) vise à mettre en évidence d'abord les relations entre les modalités des différentes variables, ensuite éventuellement les relations entre individus statistiques et enfin les relations entre les variables, telles qu'elles apparaissent à partir des relations entre modalités.

Les données recueillies sont représentées à l'aide d'un tableau disjonctif complet (TDC). Aussi, a-t-il été préférable de regrouper, pour chaque variable, les modalités dont la fréquence est trop faible (inférieure à 5%) en une seule modalité à valeur plus large (Tableau 2).

2-2- CONSTRUCTION DU TABLEAU EN VUE DE L'ANALYSE DES DONNÉES

Une analyse descriptive globale des variables retenues et de leurs différentes modalités est donc effectuée sur 4328 paysages de la région

d'étude qui couvre les trois degré carrés. La masse considérable des données utilisées et leurs diversités ont conduit à saisir chaque variable selon une structure mathématique qui la définit. Les données codées sont enregistrées dans un tableau composé des *Paysages-Lignes* et des *Variables-Colonnes* satisfaisant les exigences de l'analyse.

Pour homogénéiser le tableau des données, un codage *disjonctif complet* est donc nécessaire. Le tableau disjonctif est construit selon l'appartenance ou non de la valeur initiale des superficies à des classes de variation (codage en 0 ou 1). Cette opération augmente le nombre de colonnes qui deviennent des *modalités* de variables. Le tableau final à analyser comporte 4328 *Paysages - lignes* et 10 *modalités de variables - colonnes*. Les cellules du tableau contiennent les valeurs 1 ou 0 selon que l'individu considéré présente la modalité correspondante ou non (Tableau 2).

Tableau 2 : Un extrait du tableau disjonctif complet de départ

Paysage	EF1	EF2	EF3*	EF4*	EF5*	ES1	ES2	ES3	ES4*	ES5*	Eh1	Eh2	Eh3*	Eh4*	Eh5*
K1_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
K1_2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
K1_3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
K1_4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
K1_5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
K1_6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
K1_7	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
K1_8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
K1_9	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
K10_1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

*Les colonnes en gris et les modalités ont été regroupées pour obtenir des modalités distinctes et significatives.

L'analyse des correspondances appliquée sur le tableau ainsi homogénéisé offre une représentation graphique cohérente dans laquelle les lignes (paysages) et les colonnes (modalités) forment des nuages de points. L'ACM permet de dégager des relations non linéaires, et son principe consiste à rechercher un petit nombre d'axes (axes factoriels) qui permettent de caractériser les relations de ressemblance/opposition entre modalités-colonnes (ou les paysages-lignes). Ces relations entre les contenus sont évaluées selon la distance du «Chi-deux».

Chi-deux est un calcul statistique qui permet de trancher la question de savoir *si la relation entre les deux variables est significative ou non*. Plus précisément c'est une procédure qui permet de trancher la proposition suivante : il n'y a pas de relation entre les deux variables. Cette proposition est appelée hypothèse nulle. Pratiquement, pour montrer qu'il existe une relation, on cherche à montrer que l'inexistence de la relation à une faible probabilité de se réaliser.

Une classification des résultats de l'ACM par la méthode de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) conduit ensuite à la mise en forme d'une typologie des facteurs retenus. Cette typologie donne une image des différences inter-paysages et intra-paysages selon des *complexes* de modalités. Les différents traitements ont été

effectués à l'aide du logiciel SPAD version 5.5™. Les techniques proposées dans SPAD 5.5™ sont multiples : la démarche implique d'abord la réalisation de l'ACM avant d'aboutir à la classification.

Le but recherché ici est d'extraire des types de paysages élémentaires intégrant la variable occupation du sol avec ses différentes modalités.

2-3- INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DES ANALYSES

L'interprétation utilise essentiellement les modalités qui ont les meilleures qualités de représentation selon chacun des quatre axes factoriels retenus. De même, on retient pour chaque axe, les modalités qui contribuent fortement à sa formation.

De même, l'interprétation des graphiques permet de déterminer les différents axes factoriels, de les analyser et de les interpréter. Pratiquement, l'interprétation des axes produits par l'analyse des correspondances multiples s'appuie sur deux séries de coefficients :

- les contributions absolues expriment la part que prend un élément dans l'inertie expliquée par un facteur ; elles permettent de savoir quelles sont les variables servant à la construction d'un facteur ;

- les contributions relatives ou corrélation élément-facteur correspond au pourcentage (%) de variance de l'élément dont le facteur rend compte. Elles dégagent les variables caractérisées par ce facteur.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3-1- LES VALEURS PROPRES ET L'ÉTUDE DES AXES

Les valeurs propres représentent en termes de variance, les quantités d'informations expliquées par les axes. Dans cette analyse, les deux premiers axes expliquent respectivement 21,92 % et 19,07 % de la dispersion du nuage. Le plan factoriel [1-2] ne permet donc d'expliquer que 41% de l'information contenue dans le tableau des données et le plan factoriel [3-4], 29,86 % de la dispersion du nuage, soit 70, 85 % de l'ensemble (Tableau 3). La règle impose de retenir un nombre d'axes cumulant une quantité d'information comprise entre 60 % et 80 %. Ainsi, on retient les quatre premiers axes totalisant près de 71% de l'information pour dégager les points saillants qui structurent les données. Ces valeurs révèlent à priori que les groupes de paysages formés lors de l'analyse des correspondances multiples sont très faiblement différenciés. La faiblesse des écarts entre les valeurs propres des facteurs signifie en outre que l'ordre des facteurs est quasi interchangeable. La différence entre chaque valeur n'excède pas 2 %.

Tableau 3: Valeurs propres des sept premiers axes

Axe	Valeur propre	Pourcentage (%)	Pourcentage cumulé (%)
1	0,5115	21,92	21,92
2	0,4449	19,07	40,99
3	0,3637	15,59	56,58
4	0,333	14,27	70,85
5	0,3146	13,48	84,33
6	0,2671	11,45	95,78
7	0,0985	4,22	100

N.B. : en gris, les 3 derniers facteurs ne sont pas pris en compte, car ayant une contribution peu significative.

Sur le premier axe factoriel, on observe, du côté positif, deux (2) modalités qui ont contribué à la formation de l'axe. Il s'agit des espaces savanes 70% et + et les espaces humanisés de moins de 10%.

Du côté négatif, quatre (4) modalités se distinguent, il s'agit des espaces forêts 30% et +, des espaces savanes 0-30 %, des espaces savanes 30-50% et des espaces humanisés 30 % et + (Tableau 4). Cet axe oppose les espaces naturels (forêt, savane) des espaces humanisés.

Tableau 4 : Contribution des modalités au premier axe

Modalités	Poids réel (%)	Contribution (%)	Signe de la cordonnée
30% et + EF	6,45	8,7	-
0-30% ES	5,77	24	-
30-50% ES	4,1	7,2	-
30% et EH	6,32	27,2	-
70% et + ES	17,36	21,9	+
Cumul		89	

Le deuxième axe factoriel se caractérise par un ensemble de sept (7) modalités qui se répartissent de la manière suivante : les modalités espaces forêts de moins de 10%, les espaces savanes 0-30 % et les espaces humanisés de plus de 30 % se trouvent du côté positif de l'axe. Par contre, du côté négatif de l'axe, on distingue les espaces forêts de plus de 30 %, les espaces savanes 30-50%, les espaces savanes 50-70 % et les espaces humanisés de moins de 10 % (Tableau 5).

Tableau 5 : Contribution des modalités au deuxième axe

Modalités	Poids réel (%)	Contribution (%)	Signe de la cordonnée
-10% EF	16,2	17,5	+
0- 30% ES	5,77	6,4	+
30% et + EH	6,32	15,9	+
30% et +EF	6,45	33,4	-
30-50%ES	4,1	9,8	-
50-70%ES	6,11	6,2	-
Cumul		89,2	

Le troisième axe factoriel oppose quatre modalités d'espaces savanes et d'espaces humanisés. Du côté positif se trouvent les modalités d'espaces savanes de plus de 70 % et d'espaces humanisés de moins de 10 %. A l'opposé on rencontre les modalités ayant des espaces savanes 50-70 % et des espaces humanisés 10-30 % (Tableau 6).

Tableau 6 : Contribution des modalités au troisième axe

Modalités	Poids réel (%)	Contribution (%)	Signe de la cordonnée
50-70%ES	6,11	37,5	-
10-30%Eh	6,42	31,7	-
Cumulent		69,2	

Le quatrième axe factoriel est constitué de six (6) modalités réparties de façon suivante : du côté positif, on observe trois (3) modalités qui sont constituées respectivement d'espaces forêts 10-30 %, d'espaces savanes 0-30% et d'espaces humanisés de moins de 10%. Ces modalités s'opposent à trois autres qui sont situées du côté négatif. Il s'agit d'espaces savanes 30-50 %, d'espaces humanisés 10-30 % et d'espaces forêts de moins de 10% (Tableau 7). Les modalités retenues cumulent une contribution égale à près de 80 % de l'axe factoriel. Les valeurs des différentes modalités sont importantes. Elles sont comprises entre 9 % et 29 %.

Tableau 7 : Contribution des modalités au quatrième axe

Modalités	Poids réel (%)	Contribution (%)	Signe de la cordonnée
10-30 % EF	10,68	24,7	+
0- 30 % ES	5,77	8,9	+
30-50% ES	4,1	28,5	-
10-30 % Eh	6,42	17,6	-
Cumul		79,7	

3.2. GRAPHIQUES SELON LES AXES FACTORIELS : INTERPRÉTATION DES GROUPES DE VARIABLES

Sur le plan formé par les axes 1 et 2, un ensemble constitué de cinq (5) types d'occupations du sol est localisé dans la partie droite. Cependant, quatre (4) modalités se localisent le long de l'axe 1. Il y a 2 modalités en valeurs nulles en abscisses et 2 modalités nulles en ordonnées. Cet ensemble est formé d'espaces humanisés 0-30 %, d'espaces savanes de plus de 70 %, d'espaces forêts 10-30 % et d'espaces humanisés de moins de 10 %. Ces groupes de modalités se distinguent de celles légèrement

isolées sur l'axe 2 en ordonnée positive. Dans la partie gauche du plan factoriel, deux (2) groupes de modalités s'observent de part et d'autre de l'axe 1. Le premier groupe situé en bas est formé d'espaces forêt de plus de 30 % et d'espaces savanes 30-50 %. Par ailleurs l'espace savane 50-70 % s'écarte du groupe et est plus proche de l'axe 2. Le deuxième groupe se localise en haut de l'axe 1 en position excentrée. Il se compose d'espaces savanes 0-30 % et d'espaces humanisés de plus de 30 %. Les deux axes opposent donc les paysages caractérisés par quatre groupes de modalités : (i) anthropisation forte, (ii) anthropisation forte + forêt dominant + savane abondante, (iii) anthropisation présente + savane dominant, (iv) anthropisation faible +forêt présente (Figure 2).

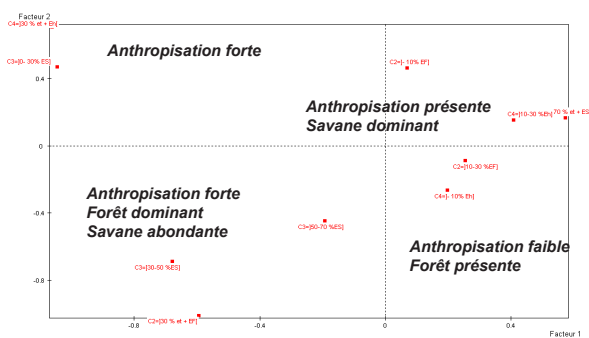


Figure 2 : Plan formé par les axes 1 et 2, localisation des variables

Sur le plan défini par les axes factoriels 3 et 4, on observe un groupement de modalités dans la partie droite du plan. Ce nuage de points est formé de cinq modalités constituées d'espaces forestiers de moins de 10 %, d'espaces forêts de plus de 30 %, d'espaces savanes de plus de 70 %, d'espaces humanisés de moins de 10 % et d'espaces savanes 0-30%. Cependant une modalité espaces savanes 30-50 % est isolée de la nébuleuse. Sur le plan factoriel gauche, on observe un éloignement des variables l'un de l'autre. Ce qui traduit une opposition entre ces modalités. Ces deux axes proposent donc deux grands groupes de modalités : (i) savane abondante + anthropisation forte, (ii) anthropisation faible + forêt et savane abondantes ou dominante (Figure 3).

Le type 4 contient environ 14 % de l'effectif de la population. Ce type est dominé par les paysages possédant des espaces savanes 50-70 %. Tous les paysages ayant des espaces savanes 50-70 % ont servi à la formation de ce type et représentent près de 80 % de son effectif. De même près de 47 % des paysages possédant plus de 30 % des espaces forestiers ont contribué à la formation de ce type. Ce qui représente près de 30 % de l'effectif du type. En outre 32 % des paysages humanisés 10-30 % qui représente près de 24 % du type en font partie. Ce type renferme également près de 40 % des espaces forestiers 10-30 %. Ce qui représente environ 18 % de la proportion du type.

Le type 5 contient 12 % de l'effectif total des paysages. Ce type est composé d'espaces savanes 30-50 %, d'espaces forêts de plus de 30 % et d'espaces humanisés de plus de 30 %. Dans ce type tous les paysages possédant un espace savane 30-50 % ont participé à la constitution de celle-ci. Ils représentent la totalité de l'effectif des espaces savanes dans le type. De même, près de 29 % des espaces forestiers de plus de 30 % en font partie. Cet espace est aussi constitué d'environ 45% de l'ensemble des espaces forestiers de plus de 30 %. De même 21% des paysages possédant plus de 30 % d'espaces humanisés s'y trouvent.

Le type 6 regroupe environ 9 % de l'effectif total des paysages. C'est le type le moins représenté de l'ensemble. Il est constitué de paysages ayant des espaces savanes 0-30 % et des espaces forêts de plus de 30 %. On peut dire que ce type est constitué uniquement d'espaces naturels dont les proportions sont différentes.

Le type 7 rassemble 14 % de l'effectif de la population. Elle est constituée des espaces humanisés de plus de 30 %, d'espaces savanes 0-30 %, d'espaces forêts de moins de 10 % et d'espaces savanes 50-70 %. Tous les paysages ayant des espaces humanisés de plus de 30 % ont servi à la formation de ce type. Ils représentent 74 % de l'effectif du type. Cette modalité constitue la majorité du type. De même 75 % des paysages ayant moins de 10 % des espaces forêts rentrent dans la constitution du type et représentent 22 % de son effectif. En outre, près de 29 % des espaces savanes 50-70 % ont contribué à la formation de ce type et représentent 22 % de l'effectif du type.

DISCUSSIONS

La comparaison des différentes variables montre que les espaces qui dominent les paysages se différencient assez aisément par les modalités de la variable espaces humanisés de moins de 10 % avec 62 %, les espaces savanes de plus de 70 % avec 52 % et les espaces forestiers de moins de 10 % qui représentent près de 49% des paysages. Comme dans toute étude appelant à une critique des données, l'éventuelle hétérogénéité des résultats initiaux dans le mode, la nature du recueil des informations peut contribuer à limiter, sur le plan méthodologique, l'analyse et donc fausser le jugement. A l'échelle du paysage élémentaire (habituellement cartographié à 1 : 200 000), les différents pourcentages d'occupation du sol varient selon le positionnement géographique par rapport aux villages, routes, îlots de densité de population, rivières. Ils varient aussi en fonction de la finesse des superpositions pour des comptages très précis. Aussi, les analyses globales se portent-elles sur les données relatives à l'occupation du sol, sans que le contexte géographique ou démographique soit précisé. Les techniques de collecte des informations ne sont pas identiques. Les cartes d'occupation du sol sont obtenues par l'analyse par télédétection d'images satellitaires multispectrales. Les données paysages sont obtenues à la fois par photo-interprétation et par des observations de terrain. Ainsi, la pertinence des valeurs des variables d'occupation du sol retenues peut être brouillée par une analyse profonde sur le rapport superficie du paysage/type de paysage.

Dans cette étude, il s'est agi de regrouper et classier les paysages en intégrant l'occupation du sol. Ainsi, les 4 328 paysages élémentaires cartographiés par Koli (Koli, 2009, figure 4) possèdent chacune une identité liée à une forme d'occupation du sol. La table attributaire des données possède désormais quatre colonnes supplémentaires (tableau 9). La procédure facilite l'élaboration de cartes régionales recouvrant toutes les variables d'occupation du sol, tout en permettant la maîtrise du contenu de chaque paysage. En effet, les analyses ont permis d'obtenir quatre axes factoriels qui ont tous les mêmes contributions (0,1). La classification ascendante hiérarchique regroupe les paysages en 7 types suffisamment homogènes et expressifs. Ces résultats laissent entrevoir de réelles possibilités d'investigation spatiale pour atteindre des objectifs de développement.

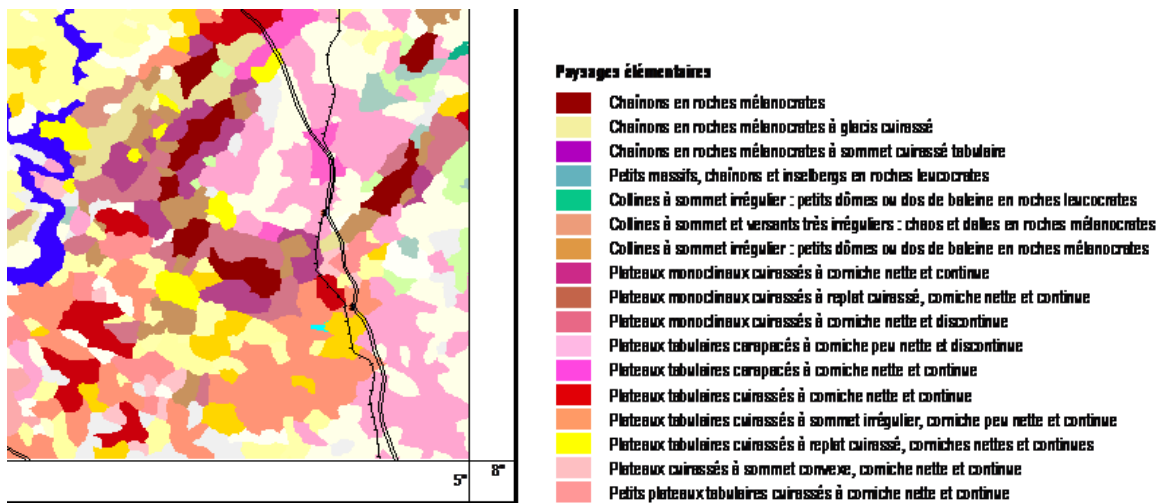


Figure 4 : Extrait d'une carte à 1 : 200000 de paysages élémentaires et sa légende

Tableau 9 : Extrait de la base de données (ou table attributaire) issue de l'analyse multivariée

Individu-Paysage élémentaire	Espace-Forêt*	Espace-Savane*	Espace-Humanisé*	Type Occupation du sol*
K1_1	] - 10% EF]	]70 % et + ES[	] - 10% Eh]	1
K1_4	] - 10% EF]	]70 % et + ES[	] - 10% Eh]	1
K10_4	]10-30 %EF]	]70 % et + ES[	] - 10% Eh]	2
K11_28	]10-30 %EF]	]70 % et + ES[	] - 10% Eh]	2
M15_1	] - 10% EF]	]70 % et + ES[	]10-30 %Eh]	3
M15_134	] - 10% EF]	]70 % et + ES[	]10-30 %Eh]	3
T76_9	]30 % et + EF[	]50-70 %ES]	]10-30 %Eh]	4
T98_16	] - 10% EF]	]50-70 %ES]	] - 10% Eh]	4
K1_7	] - 10% EF]	]30-50 %ES]	]10-30 %Eh]	5
K10_11	]30 % et + EF[	]30-50 %ES]	] - 10% Eh]	5
T76_13	]30 % et + EF[	]0- 30% ES]	] - 10% Eh]	6
T98_4	]30 % et + EF[	]0- 30% ES]	] - 10% Eh]	6
K10_1	] - 10% EF]	]0- 30% ES]	]30 % et + Eh[	7
K11_11	] - 10% EF]	]0- 30% ES]	]30 % et + Eh[	7

K= Katiola

T= Touba

M= Mankono

*Information nouvelle pour une typologie globale et intégrée des paysages géomorphologiques

CONCLUSION

L'analyse multivariée effectuée ici concerne des individus-paysages géomorphologiques et des variables-occupation du sol. Ces individus et variables projetés dans des plans factoriels montrent une répartition variable et géographiquement significative. Chaque groupe de paysages est clairement défini par un contenu global qui échappe à un quelconque déterminisme lié à la nature géomorphologique du paysage. Ainsi, le type de paysage géomorphologique semble intervenir très faiblement dans la distribution des types de paysages quand on y intègre la dimension anthropique. Cela peut s'interpréter : des paysages semblables sont différemment utilisés par les paysans et des paysages différents sont utilisés avec une intensité proche.

Ainsi, lorsque la relation entre les individus avec les variables est établie, on peut alors élaborer une carte des paysages selon l'occupation du sol, à partir d'une base de données enrichie et exploitable dans un logiciel SIG. Ce regroupement selon les types d'occupations de sol a permis de dégager des types bien identifiés. Chaque type prend le nom de la modalité qui possède l'effectif le plus important.

Saisir les dimensions exactes de l'importance de l'occupation du sol et des rapports nature-société est un exercice difficile et cette étude, par une approche alternative, présente des typologies les plus remarquables des paysages avec une vision globale de leurs dispersions. Les explorations entreprises indiquent que les composantes naturelles et anthropiques offertes à la lecture du milieu interfèrent selon des combinaisons complexes qui varient d'un paysage géomorphologique à un autre. Puisque la recherche menée est proprement exploratoire, les résultats obtenus ne sont que des tendances, mais ils contribuent à dégager les principaux aspects d'une typologie intégrée des paysages. Selon la nature de chaque paysage, les descripteurs complets des types de paysages et leur rapport avec les données sociodémographiques méritent des études approfondies afin d'être pris en compte dans des actions de mise en valeur et d'aménagement.

Grâce aux techniques multidimensionnelles d'analyse des données et aux systèmes d'information géographique, cette investigation offre l'avantage de donner une vision globale du contenu des

paysages dans les régions de savanes. A partir d'un grand ensemble de données hétérogènes, des types de paysages sont révélés par des cohérences qui éclairent des situations écologiques et qui sont fonction des relations de l'homme avec son milieu. Ces différentes situations produisent autant de groupes des paysages issus de formes variées de combinaisons, formes lisibles par des représentations spatiales. Peut-être est-il temps de revisiter toute la cartographie réalisée en 25 ans par l'«*Ecole africaine du paysage d'Abidjan*» et de procéder à une réécriture des légendes proposées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENZECRI (J.-P.), 1973, *L'Analyse des Données. L'Analyse des Correspondances*. Paris, Dunod.
- BOUROCHE J.M., SAPORTA G., 1980 : *L'analyse des données*. P.U.F., Paris, coll. QSJ.
- CIBOIS (P), 1983 : *Analyse factorielle*. Paris, Que sais-je.
- ESCOFFIER (B.), PAGES (J.), 2088 : *Analyses factorielles simples et multiples. Objectifs, méthodes et interprétations*. Dunod, Paris, 317 p.
- FILLERON (J.C), 1995 : *Essai de géographie systématique : les paysages du nord-ouest de la Côte d'Ivoire*. Université de Toulouse-Le Mirail, Thèse d'Etat, tome II, 669-1478.
- GADDAS (F), 2001 : *Proposition d'une méthode de cartographie des pédopaysages*. Paris-Grignon, thèse unique.
- KANGAH (A), 2006 : *Utilisation de la télédétection et d'un système d'information géographique (SIG) pour l'étude des pressions anthropiques sur les paysages géomorphologiques des savanes subsoudanaises : exemple du degré carré de Katiola (centre-nord ivoirien)*. Thèse unique, Université de Cocody Abidjan.
- KOLI (B.Z.), 2009 : *Paysages et Occupation du sol dans les savanes subsoudanaises du Centre Nord-Ouest ivoirien*. Thèse pour le Doctorat d'Etat ès-Lettres en Géographie. Université de Cocody Abidjan, II tomes, + 1 tome de 32cartes en couleur.
- LEBART (L), MORINEAU (A), PINON (M), 1995, *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, Paris, Dunod.
- RICHARD (J.F), 1974 : *Un modèle espace-paysage : Analyse des correspondances de J.P Benzecri*. ORSTOM, Abidjan.
- RICHARD (J.-F.), 1985 : *Le paysage, analyse et synthèse. Contribution méthodologique à l'étude des milieux tropicaux (savanes et forêts de Côte d'Ivoire)*. Thèse de Doctorat ès Lettres et Sciences Humaines (Géographie Physique), Université de Paris VII, Paris, pp. 438, 19 fig. et cartes h.-t., 2 planches photos.

- RICHARD (J.-F.), 1989 : *Le paysage. Un nouveau langage pour l'étude des milieux tropicaux*. Coll. Initiations-Documentations Techniques n°72, ORSTOM, Paris, 217 p.
- ROUGERIE (G.), BEROUTCHACHVILI (N.), 1991 : *Géosystèmes et Paysages. Bilan et méthodes*. Paris, Armand Colin, Coll. U Géographie, 281 p.
- SANDERS (L), 1989 : Techniques d'analyse des données multivariées. In *Analyses statistiques des données géographiques*. Reclus, 135-171.
- SAPORTA (G), 1990 : *Probabilités, analyses des données et statistiques*. Editions Technip.
- THOMASSIS (M.M), 1987 : Analyse des données, représentation cartographique et régionalisation : un exemple : la Sierra équatorienne. In *Espaces et Territoires*. ORSTOM, Paris, 23-24.