

ANALYSE DES DONNEES ET REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

UN EXEMPLE : DOMINANTES CULTURALES ET ELEVAGE DE LA SIERRA EQUATORIENNE

par M. M. THOMASSIN (*)

Après avoir situé dans son cadre le thème du présent article, nous décrivons brièvement au paragraphe 1 les données, le codage utilisé pour la construction du tableau soumis à l'analyse des correspondances puis à la classification automatique ; l'interprétation des résultats de ces analyses fait l'objet du paragraphe 2 ; enfin nous expliquons comment nous avons réalisé la carte jointe en hors-texte (§ 3).

Cadre de l'étude

L'étude des conditions actuelles de l'utilisation du sol dans la Sierra équatorienne représente une partie de l'étude, plus vaste, de la régionalisation agricole de cette contrée (1). Cette dernière recherche a été effectuée à partir des résultats d'une première différenciation de l'espace, menée en Equateur et visant à déterminer dans la Costa et la Sierra un ensemble de zones homogènes en vue d'y promouvoir le développement.

Cette démarche s'est appuyée sur les inventaires et études réalisés depuis 1975 par l'équipe ORSTOM au sein du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (M.A.G.), en collaboration avec les spécialistes et responsables équatoriens. Les données devenues disponibles grâce à ces travaux, ont fait l'objet de traitements graphiques par matrices ordonnables de J. BERTIN. Les résultats théoriques obtenus ont été ensuite aménagés à la suite de discussions entre chercheurs des différentes disciplines concernées, techniciens et responsables du M.A.G., du PRONAREG et de l'ORSTOM. Entretiens qui ont abouti à l'implantation effective d'une régionalisation agricole dans la Costa et la Sierra.

En vue d'établir une comparaison entre les résultats issus de ce découpage en ZAPI (Zones Agricoles pour la Programmation Intégrée) à ceux que l'on obtiendrait à l'aide de méthodes d'analyse et de classification, plus

finies et plus performantes, assistées de l'ordinateur, l'ouvrage (2) consignant les résultats de cette première division régionale nous fut confié. Il constitue *la source de nos données*.

Les données afférentes à chaque ZAPI sont consignées dans un tableau croisant l'ensemble des paroisses qui la composent avec, *en principe*, la totalité des descripteurs.

Deux séries de cartes à 1/750 000 traduisent, pour la Costa et la Sierra 1) *les résultats théoriques* découlant directement des traitements graphiques ; 2) *division en ZAPI implantée sur le terrain*. Ces documents nous ont servi de *fonds de carte* pour les limites des paroisses (3).

La Sierra (dont le toponyme est équivalent de montagne au sens général) a été retenue comme champ d'étude, présentant alors des données plus complètes que la Costa. Du point de vue physique, elle comporte les deux Cordillères andines, occidentale et orientale, orientées nord-sud. Entre elles, le couloir interandin que compartimentent en bassins des *horsts* ou *nudos*.

1. Des données au tableau de correspondance

1.1. Présentation des données initiales

D'après les résultats des enquêtes menées sur le terrain, la superficie des terres cultivées dans la Sierra avoisine 50 % de la superficie totale, compte tenu des contrastes climatiques (froid limitant en altitude notamment) et des facteurs morpho-pédologiques (érosion liée à la pente, insuffisance de profondeur du sol entre autres). L'image que nous proposons de la mise en culture de cette région est, en fait, un instantané des types de cultures d'où l'intitulé « *dominantes culturelles* ».

(2) Delineación de las zonas agrícolas para la programación integrada - 1979 - Ministerio de Agricultura y Ganadería (M.A.G.). Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG). Oficina para la Investigación Científica y Técnica de Ultramar de Francia (ORSTOM). Quito, 391 p., 4 cartes en annexes (couleur).

(3) Vu l'exiguïté de la superficie de certaines paroisses de bassin, leur identification a souvent posé des difficultés qui furent résolues par la consultation de documents à diverses échelles. La synthèse de ces données cartographiques a été vérifiée au CEDI (Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, Dirección : Instituto Geográfico Militar, Quito).

(*) Géographe de l'ORSTOM, Docteur de 3^e cycle, Géographie - Cartographie.

(1) Cf. « Régionalisation agricole de la Sierra équatorienne par l'analyse factorielle des correspondances et la classification ascendante hiérarchique, décembre 1984, Thèse de Doctorat de 3^e cycle par M.M. THOMASSIN, Université de Paris VII, 615 pages, 28 documents graphiques et cartographiques dont 4 cartes à 1/750 000. Thèse devant être publiée prochainement dans la collection « Travaux et Documents » de l'ORSTOM.

En se référant aux subdivisions de la légende graphique (cf. §1.4), on peut parler de *monoculture* ; entre 40 et 70 %, d'*orientation culturale caractéristique*, et en-dessous de 40 %, de *culture secondaire*.

Comme l'irrigation conditionne l'intensité de la mise en valeur agricole et oriente le choix des productions, l'extension des terres irriguées intervient (1). L'eau est, en effet, le facteur déterminant de la mise en valeur, dès qu'il y a un déficit hydrique climatique sensible, *a fortiori* lorsqu'il est assez élevé ou franchement élevé comme dans les vallées ou bassins du couloir interandin (effet de foehn). L'importance du contrôle de l'eau apparaît dans le paysage. Nous avons pu constater à maintes reprises lors de tournées le contraste saisissant dans les fonds de vallées entre les prairies verdoyantes irriguées appartenant aux *haciendas* (2) et les champs des *minifundos* (3), traversés par les *acequias* (canaux d'irrigation non revêtus de ciment) et où sur la terre desséchée végétaient des plants chétifs. Lorsqu'elles sont irriguées les terres des *minifundos* donnent lieu à un paysage différent des terres appartenant aux *haciendas*.

Système de culture et structure agraire sont en effet étroitement liés pour différencier le paysage.

L'ensemble des données relatives aux terres cultivées donne une vision incomplète de l'*ager*, les plantations forestières n'y figurent pas (plantations d'eucalyptus par exemple pour lutter contre l'érosion). Les *paramos*(4) ainsi que les prairies artificielles (en expansion) et naturelles sont regroupés sous le vocable de « pâturages ». Aucune indication relative aux formations végétales naturelles (au sens de spontanées) ligneuses.

A ces données ont été associées celles de l'*élevage* : importance du cheptel bovin et ovin. Aucune indication sur les autres types d'élevage, porcins, caprins, etc.

Le recensement agro-pastoral de 1974 constitue la source des données relatives à l'élevage. Celles afférentes à l'étendue des pâturages, des superficies cultivées et irriguées résultent de l'exploitation de photographies aériennes de dates diverses (1975, 1976, 1977, 1978) et d'enquêtes menées sur le terrain par P. GONDARD et son équipe.

Les variables au nombre de 9 sont *déjà codées*. En effet pour chacune d'elles, chaque paroisse a reçu une note variant de 0 à 10. Le tableau initial croisant les 9 variables avec les 348 paroisses de la Sierra, appelle deux remarques :

1) la liste des paroisses comporte quinze circonscriptions scindées en deux – elles ont été réunies en vue d'éviter une double pondération ;

2) la notation présente de nombreuses lacunes dues au non-achèvement des études d'utilisation du sol ainsi qu'à l'absence de photos aériennes couvrant certaines paroisses. Ainsi 238 paroisses seulement présentent des données complètes sur les 348 paroisses inventoriées.

(1) L'étude des conditions physiques et des potentialités de la Sierra a mis en évidence le rôle primordial de l'eau, de la pente, des facteurs morpho-pédologiques puis hydrologiques.

(2) Hacienda : « grand domaine traditionnel des Andes. Ce mot implique une grande extension des terres, un système social de production faisant appel au travail précaire, aujourd'hui aboli et une faible utilisation du sol, pénalisée théoriquement par la loi de réforme agraire ». cf. GONDARD D.P.-1981. Cartographie de l'utilisation actuelle du sol dans les Andes équatoriennes. Thèse de Doctorat de 3^e cycle (à paraître) 134 pages, cartes et croquis.

(3) Minifundio : petite propriété, dépassant rarement 1,5 ha dans la Sierra.

1.2. Codage des paroisses et numérisation des contours

Les paroisses non concernées par l'étude ont reçu un identificateur à 4 chiffres. Aux 348 paroisses rurales dont l'information est complète ou partielle, un identificateur à 3 chiffres a toujours été attribué – de 001 à 363 (le fichier comportait des imperfections qui eussent dûes être corrigées, mais ceci ne constitue pas une gêne considérable). La numérotation des paroisses croît du nord au sud, remonte à l'ouest, puis à l'est, reproduisant l'ordonnement des ZAPI.

La numérisation des contours a été réalisée par le Service des Applications Nouvelles (SAN) de l'Institut Géographique National (IGN) selon la méthode mise au point par le Département de Cartographie Thématique : « elle consiste à parcourir le document à numériser au moyen d'un scanner à balayage : l'image est décrite selon une grille régulière caractérisée par des dimensions et sa résolution (nombre de points par millimètre). Dans le cas de la Sierra, les dimensions sont les suivantes : échelle 1/750 000, résolution 8 points par millimètre, hauteur 900 mm, largeur 460 mm. La hauteur 7 200 lignes est comptée du nord au sud, la largeur 3 840 colonnes est comptée d'est en ouest. Les paroisses sont ensuite numérotées informatiquement tandis que l'on calcule un centroïde pour chacune d'elles. Une codification interactive (5) est opérée pour mettre en relation le numéro affecté automatiquement et le code adopté comme descripteur ou identifiant pour chaque paroisse. On peut alors mettre en œuvre une représentation cartographique d'un phénomène statistique quelconque soit en utilisant le fichier issu de la numérisation (représentation zonale), soit en utilisant les coordonnées des centroïdes calculés (représentation ponctuelle) ».

1.3. Adjonction de nouvelles variables

Le SAN procéda au calcul de la *latitude*, de la *longitude* des paroisses ainsi que de leur *superficie*, informations utiles en vue de l'interprétation des résultats. Le point origine du balayage se situe au nord-ouest de la Sierra. Pour coder ces variables conformément au codage existant, compte-tenu du champ de l'étude, nous avons pris pour pas, pour la latitude, 840 lignes soit 0°42'34" et pour longitude 345 colonnes soit 0°17'29". Notes attribuées s'échelonnant de 2 en 2, de 0 à 10. L'attribution de la note en fonction des paliers fut faite automatiquement. Outre les amorces du carroyage de la projection transverse de Mercator, c'est à partir de ces données qu'a été réalisé l'habillage des cartes. Quant à la superficie, le point unité représente 8 789 m². Notation variant de 2 en 2 pour chaque palier dont certains seront regroupés par la suite.

(4) « Le paramo n'est pas un espace vide ou inutilisé. C'est un terrain de parcours, support d'un élevage extensif qui vient en complément d'activités agricoles de la plaine (cf. P. GONDARD et alii. 1982. Référence bibliographique de cette notice in DOCUMENTATION THEMATIQUE, in fine).

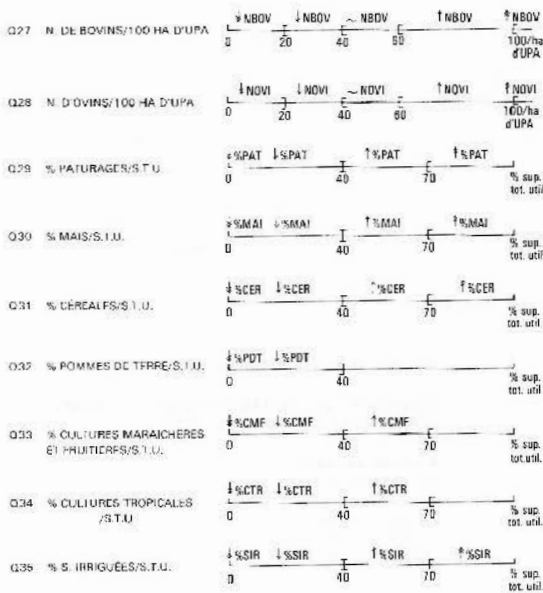
Afin de donner une image plus complète de l'utilisation actuelle du sol et de la diversité des paysages qui en résulte, une carte à 1/1 000 000 d'utilisation des sols dans les Andes équatoriennes est incluse dans la thèse et dans sa publication. Nous avons réalisé ce document, avec l'aide du service cartographique de Bondy, d'après les photocopies de cartes d'utilisation du sol à 1/200 000 schématisées par P. GONDARD en vue de l'établissement de ce document. Il en a rédigé la légende.

(5) Codification interactive : allocation d'attributs par pointé sur table à numériser.

1.4. Description des variables

Numérotées de 27 à 35 (1), elles figurent sur la légende graphique, qu'indique leur nature, le découpage de leur intervalle de variation, les sigles qui en désignent sur chaque graphique les modalités successives. Notons l'usage de flèches pour symboliser l'intensité des phénomènes. Ce tableau descriptif sert de *légende à l'analyse factorielle* dont initialement les graphiques et les listages issus de l'ordinateur comportent des signes alphanumériques.

Variables principales du Bloc 2
Conditions actuelles d'utilisation du sol



LEGENDE DES ABRÉVIATIONS

N = nombre
S = superficie
S.T.U. = superficie totale utilisée
U.P.A. = unité de production agricole

L'importance du cheptel bovin et ovin par 100 ha d'U.P.A., l'extension des pâturages et des terres cultivées rapportées à la superficie totale de la paroisse, le pourcentage des terres irriguées par rapport à l'ensemble des terres cultivées, tels sont les sujets constituant l'information de base de la carte.

Notons à propos du premier intervalle de variation — de 0 à 40 % — de terres cultivées qu'il aurait été souhaitable qu'il soit plus finement subdivisé (cultures maraîchères et fruitières notamment). De plus, la légende graphique montre que la culture de la pomme-de-terre est toujours une culture secondaire. C'est une culture spéculative. Enfin, le lecteur peut s'étonner qu'une distinction ait été introduite entre maïs et céréales. L'acceptation de ce dernier vocable comprend essentiellement le blé maïs aussi l'orge. Le maïs est pratiqué à la fois dans le couloir interandin (variétés tempérées) et dans les basses vallées chaudes et sèches de pénétration (variétés tropicales), alors que le blé suppose un milieu plus tempéré pour arriver à maturité. Milieux et structure agraire, donc paysages, différent.

1.5. Codage des variables et construction du tableau de correspondances

Pour le géographe qui veut faire une typologie de paroisses — ce qui va se traduire par des zonages, ces variables bien que résultant de mesures, ont *valeur qualitative*. Ce qui importe, étant donné une paroisse et une

(1) Les vingt-six premières intéressant le milieu physique ; les treize dernières, le niveau socio-économique.

variable, c'est de savoir à quel degré la paroisse possède la qualité afférente à la variable.

Le tableau croisant les 9 variables avec les 238 paroisses, présente-t-il les qualités requises de pertinence, d'homogénéité, d'exhaustivité ? La compétence des spécialistes ayant procédé à la collecte des données nous assure de leur pertinence quant au problème de la délimitation des zones homogènes en vue d'une régionalisation agricole pour promouvoir le développement, le codage en disjonctif complet assure l'homogénéité de notation. L'inventaire des variables retenues montre qu'il ne s'agit pas d'un bilan exhaustif. Ce tableau de données est assimilé à un tableau de réponses à un questionnaire, chaque variable représentant une question et chaque paroisse un sujet qui y répond.

Ainsi le *tableau principal*, après codage en disjonctif complet, croise les 238 paroisses (lignes) retenues avec les 34 modalités (colonnes) issues des 9 variables intéressant les dominantes culturelles et l'élevage de la Sierra, avec à l'intersection de la ligne *i* et de la colonne *j*, $k(i,j) = 1$ si la paroisse *i* présente la modalité *j*, sinon zéro.

A ce tableau formant le bloc 2, ont été adjointes en *variables supplémentaires* les 14 modalités des 3 nouvelles variables (latitude, longitude, superficie des paroisses) ainsi que les modalités des deux autres blocs (bloc 1 : 95 modalités, bloc 3 : 76 modalités, correspondant respectivement à l'inventaire du milieu physique et de ses potentialités — 26 variables et d'autre part, au niveau socio-économique — 13 variables) (1). En outre 42 paroisses ont été ajoutées à l'ensemble I (238), pour lesquelles nous avons proposé une classification (2).

2. Interprétation des résultats de l'A.F.C. et de la C.A.H.

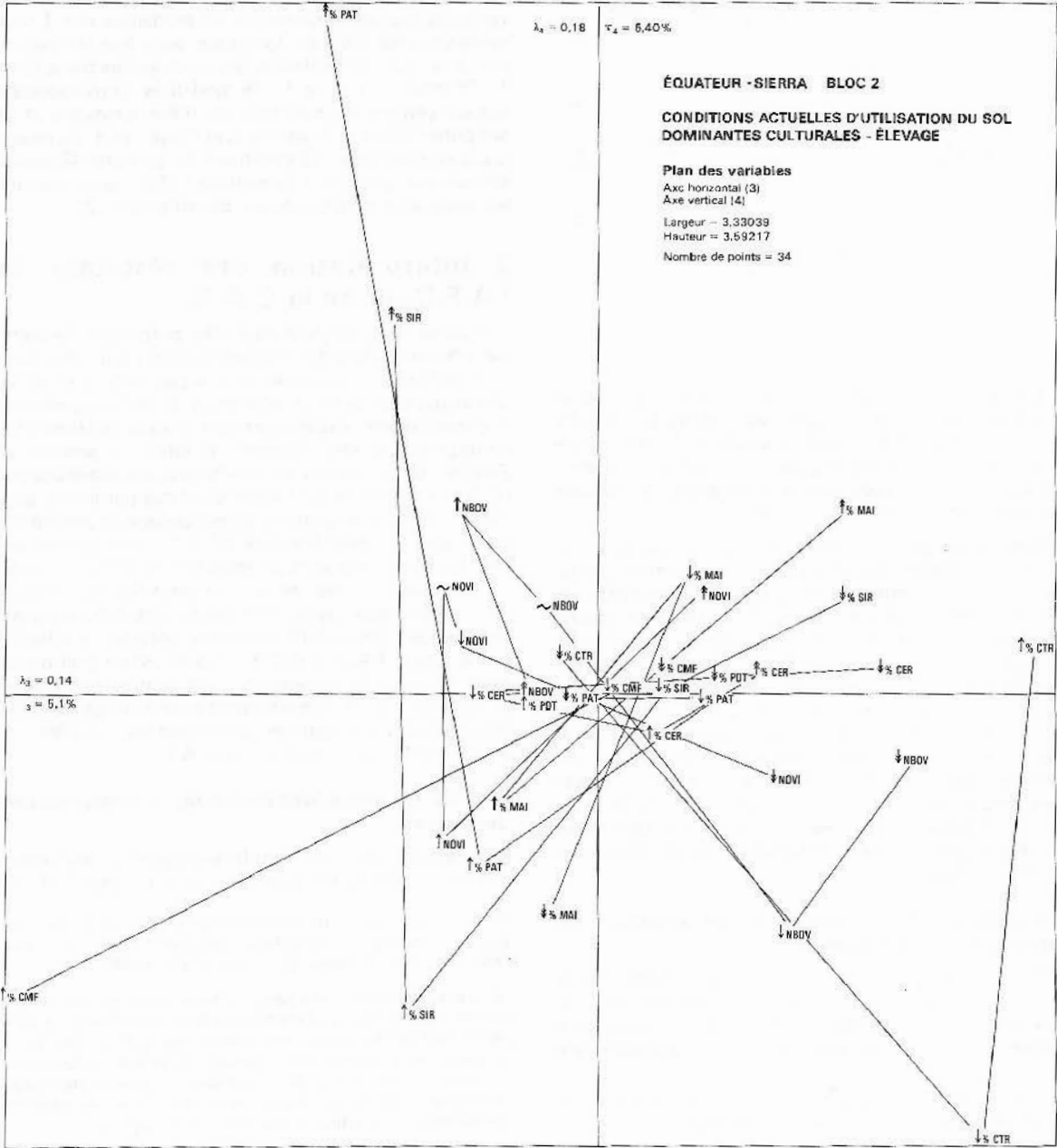
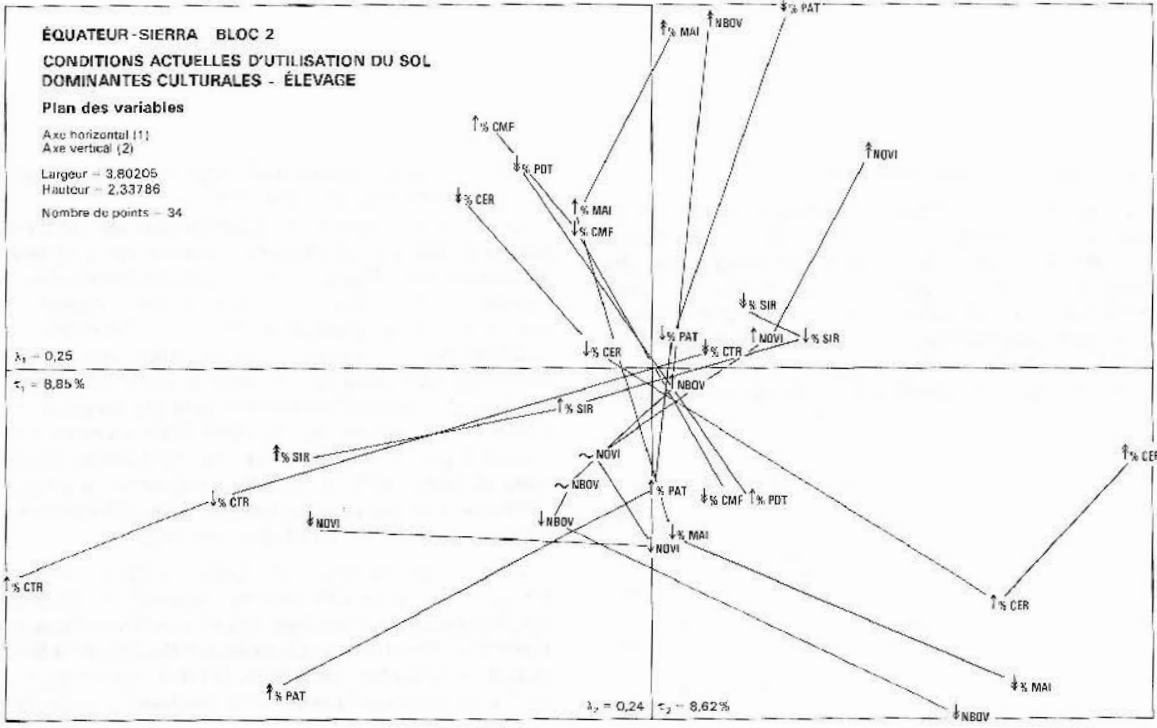
D'après l'exposé du paragraphe précédent, l'ensemble J des modalités descriptives du bloc 2 a un sens mais l'ensemble I des paroisses n'en a pas encore et le but de l'analyse est de lui en donner un. C'est pourquoi nous commencerons l'exploitation de l'analyse factorielle par l'interprétation des facteurs d'après l'ensemble J. Ensuite, on considère les résultats d'une classification (C.A.H.) effectuée sur l'ensemble I des paroisses, assimilées chacune à un point dans l'espace engendré par les 7 premiers axes issus de l'A.F.C. : les centres des principales classes sont projetés sur les axes factoriels, ce qui revient à poser en termes simplifiés le problème de l'interprétation de la place des paroisses sur les axes. Numériquement parlant, cette interprétation s'effectue sur le listage FACOR (§ 2.3.), lequel est en bref un listage d'analyse factorielle pour les centres des classes considérés comme des éléments supplémentaires, avec des informations originales concernant les « *dipôles* » ou subdivisions aux nœuds de la C.A.H.

2.1. A.F.C., image des modalités et interprétation des facteurs

L'histogramme, illustrant la décroissance des valeurs propres suggère d'interpréter les axes 1, 2 puis 3, 4 ; les

(1) Ainsi nous avons pu commodément confronter les résultats des analyses partielles des 3 blocs avant de les réunir pour l'étude du bloc d'ensemble en vue d'une synthèse.

(2) L'appartenance d'une paroisse à une classe ne fait pas problème, si les données afférentes au bloc considéré sont complètes, par contre selon l'importance des lacunes, elle prend un caractère hypothétique. Absence ou présence de lacunes se traduisent au niveau de l'expression graphique de chaque carte pour chacune de ces paroisses par des lignés (données complètes) ou des tirets (données incomplètes).



axes 5, 6 et 7 contribuant à faire saisir certaines nuances dans la caractérisation des classes. Vu l'abondance des points, la représentation complète de I et de J ne peut être *simultanée*, les modalités sont donc d'abord considérées séparément, sans les paroisses. *Mentalement on superposera les deux ensembles*. Sur les *plans des variables*, les modalités sont étiquetées sous une forme abrégée de leur nom ou sous un ensemble d'initiales des termes qui la composent. Chaque sigle est précédé d'un signe traduisant quantitativement l'importance de la modalité. D'après la *légende graphique*, le lecteur peut identifier et quantifier toute modalité. De plus, dans l'ordre croissant (ou décroissant), il peut suivre le tracé

d'une variable. Sur le plan (1, 2) le nuage revêt une *forme triangulaire*. Il s'étale sur l'axe 1, alors qu'il se disperse peu sur l'axe 2. Par contre sur le plan (3, 4), il se révèle très dispersé selon le facteur 3 et très ramassé selon F4, bien que lançant à travers le plan plusieurs digitations.

Des *tableaux de dépouillement* pour chaque facteur significatif ont été élaborés en notant les plus fortes contributions COR_{α} et CTR_{α} (évalués en millièmes) des modalités - tableaux publiés *in extenso* dans l'étude.

Le *tableau des définitions des axes factoriels* et de chacune de leurs parties, positive ou négative, consigne les résultats de cette exploitation.

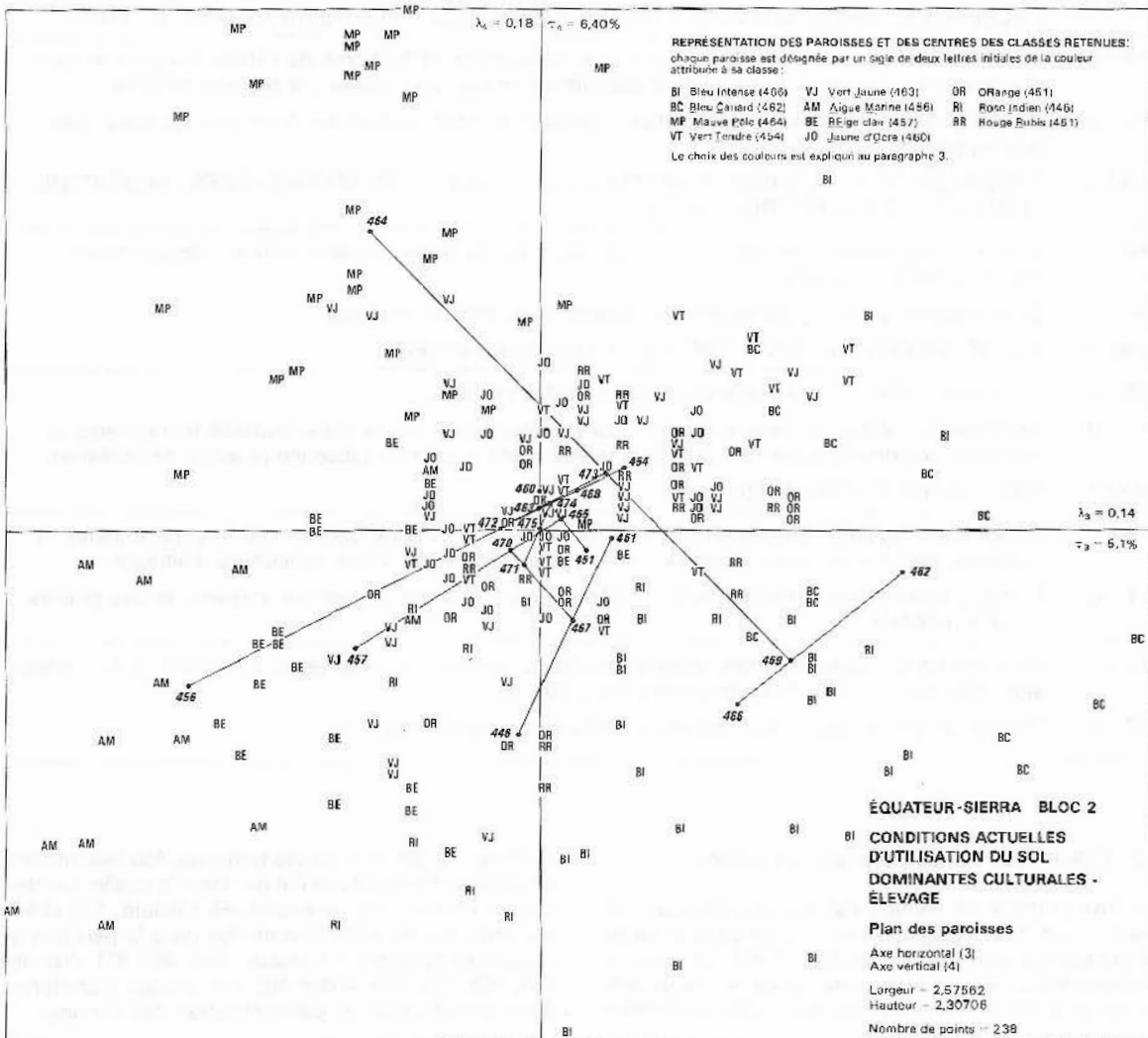
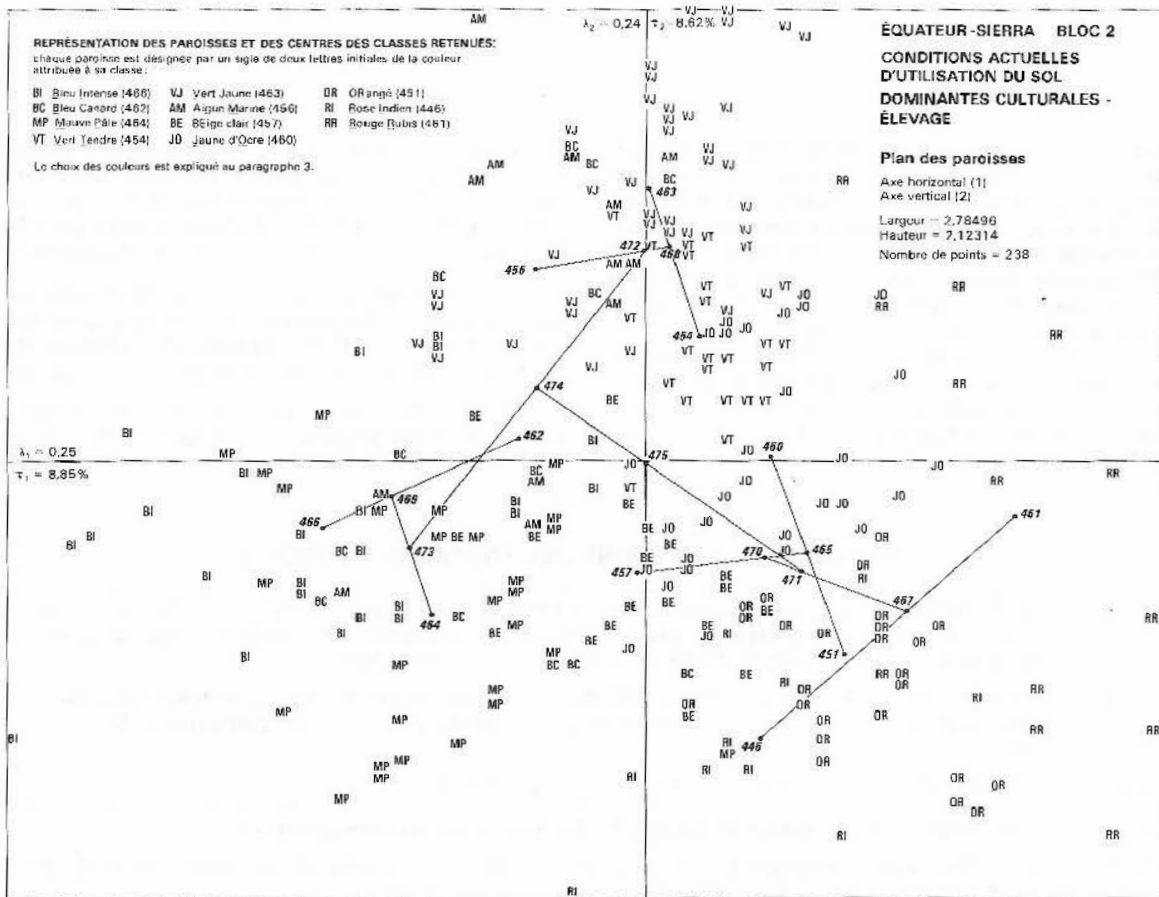
TABLEAU DES DÉFINITIONS DES FACTEURS DU BLOC 2

F1 < 0 :	Très faible densité des ovins, étendue très importante des terres irriguées, comportant des cultures tropicales très ou modérément développées ainsi que des prairies : fonds de vallée de pénétration et localement quelques fonds de vallée du couloir interandin.
F1 > 0 :	Très forte extension des zones céréalières, densité des ovins très élevée, superficies irriguées d'extension restreinte (cultures horticoles de plein champ), pas de maïs : partie haute de versants.
AXE 1 : ETAGEMENT ALTITUDINAL DE L'UTILISATION DU SOL	
F2 < 0 :	Zones d'agriculture céréalière traditionnelle, faible pratique de l'élevage bovin.
F2 > 0 :	Zones d'agriculture maïzicole pratiquant l'élevage intensif des bovins et des ovins : fonds de vallées et de bassins du couloir interandin.
AXE 2 : L'OPPOSITION ENTRE LES ZONES CEREALIERES TRADITIONNELLES, PRATIQUANT PEU L'ELEVAGE BOVIN ET LES ZONES MAIZICOLES A L'ELEVAGE BOVIN ET OVIN INTENSIF.	
F3 < 0 :	Spécialisation agricole spéculative : cultures maraichères et fruitières de l'étage tempéré (région d'Ambato notamment). Autre culture spéculative moins développée : la pomme de terre.
F3 > 0 :	Autre spécialisation agricole spéculative : cultures tropicales associées à un élevage bovin peu développé.
AXE 3 : SPECIALISATIONS AGRICOLES SPECULATIVES : CULTURES MARAICHÈRES, ARBORICULTURES ET CULTURES TROPICALES.	
F4 < 0 :	Extension importante des superficies irriguées, cultures tropicales secondaires, élevage bovin moyennement développé.
F4 > 0 :	Spécialisation agricole : élevage laitier intensif avec prairies irriguées.
AXE 4 : AUTRE SPECIALISATION AGRICOLE : L'ELEVAGE LAITIER.	
F5 < 0 :	Proportion faible à modérée des pâturages et des céréales.
F5 > 0 :	Absence de pâturages, forte extension des céréales, absence du maïs, cultures maraichères et fruitières très développées, élevage ovin relativement important (absence possible de céréales).
AXE 5 : PATURAGES ET CEREALES.	
F6 < 0 :	Superficies irriguées inexistantes, forte extension des pâturages, pas de cultures maraichères ni fruitières, importance des troupeaux d'ovins, caractéristiques d'une agriculture d'altitude.
F6 > 0 :	Cultures secondaires maraichères et fruitières, proportion des superficies irriguées et des prairies : faible à modérée.
F7 < 0 :	Absence de la culture du maïs, densité élevée des bovins : 60 à 90 têtes/100 ha d'U.P.A., extension importante des cultures tropicales (40 à 70 %).
F7 > 0 :	Densité moyenne des bovins, extension prépondérante du maïs.

2.2. C.A.H. sur l'ensemble des paroisses

L'histogramme de niveau, des nœuds, parcouru de bas en haut, fait apparaître une cassure dans le mode de croissance entre les nœuds 466 et 467. La coupure horizontale tracée sur l'arbre entre ces deux nœuds définit par les branches verticales qu'elle coupe, la partition

retenue. Toutefois la classe terminale 465 faisant partie de cette partition n'a pas été gardée telle quelle. Les deux classes en lesquelles le nœud 465 s'éclate, 451 et 460, ont été choisies à la place de 465 dans la partition qui finalement comporte 11 classes : 446, 461, 451, 460, 457, 454, 463, 456, 464, 466 et 462. (cf. croquis dichotomies de la classification et caractérisation des classes).



Les données, nous l'avons vu, ont été collectées dans le cadre de la *paroisse* plus petite unité administrative avec tout ce que cela comporte de *généralisation*. Le tableau initial ne rend compte qu'imparfaitement de la diversité des paroisses quant à leur utilisation du sol. L'analyse en fait prévaloir tel ou tel traits caractéristiques qui seront rendues par la symbolisation cartographique. De là, la nécessité de *retours aux données* initiales très fréquents pour l'interprétation des résultats et ensuite lors de la rédaction du commentaire des différentes classes en légende.

Dans l'étude, la *liste des données initiales* est publiée pour chaque bloc. Elles sont regroupées par classe et rangées dans l'ordre d'agrégation ; liste des paroisses mises en éléments supplémentaires y figure à la suite.

2.3. Etiquetage de la C.A.H. d'après le listage FACOR

Le listage d'aide à l'interprétation de la C.A.H. d'après les facteurs comporte plusieurs tableaux. Nous avons commencé par une lecture des facteurs et des COR α pour les 11 classes de la partition retenue, ce qui caractérise les classes par la position de leurs centres relativement aux axes factoriels, puis nous avons approfondi l'explication de la C.A.H. en considérant suivant quels axes l'ensemble des paroisses se subdivise au niveau de chaque nœud.

Caractérisation des classes de la partition

La lecture des COR α du centre de la classe (n), relatifs aux 7 axes factoriels indique suivant quel axe ce centre s'écarte de l'origine et le signe F α (n), - sa coordonnée sur l'axe - précise sur quelle partie, négative ou positive de cet axe, il se projette : ces informations se trouvent rassemblées dans le tableau ci-dessous, elles figurent également dans la légende de la carte.

Classe 466 : 1-, 586 ; 3+, 187 ; 4-	152
463 : 2+, 829	
460 : 1+, 274 ; 6+, 375 ; 5-, 228	
446 : 2-, 355 ; 4+, 177 ; 7-, 306	
464 : 4+, 454 ; 1-, 257	
457 : 3-, 338 ; 4- 141 ; 6-, 229	
462 : 3+, 561 ; 5+, 143 ; 6-, 153	
454 : 2+, 194 ; 6-, 535 (*)	
451 : 1+, 444 ; 2-, 424	
461 : 1+, 506 ; 5+, 387	
456 : 3-, 409 ; 2+, 140 ; 5+, 216	

Associées au tableau de définitions des facteurs (cf. § 2.1), dont l'interprétation tient compte également des informations apportées par les éléments mis en supplémentaires, ces indications *caractérisent* les classes. Prenons l'exemple de la classe 464 : 4+, 454 ; 1- 257. On dira que le caractère dominant de cette classe est premièrement (454) celui du facteur F4 > 0 et ensuite (257), celui de F1 < 0.

L'examen du plan 3,4 des paroisses montre en effet une forte concentration des paroisses de la classe 464 sur F4 > 0 et une relative dispersion de celles-ci sur F1 < 0, ce qui requiert une mention nuancée des caractéristiques afférentes à ce demi-axe.

Pour F4 > 0 : spécialisation agricole dans l'élevage laitier intensif avec prairies irriguées.

Pour F1 < 0 : très faible densité des ovins, étendue très importante des terres irriguées, comportant des cultures tropicales très ou modérément développées ainsi que

des prairies : fonds de vallée de pénétration et localement quelques fonds de vallée du couloir interandin.

Le commentaire suivant, écrit pour la légende de la carte, après retour aux données du Bloc 2, précise les caractéristiques de cette classe :

« Très forte proportion des pâturages et des superficies irriguées : > 70 %, développement des prairies artificielles irriguées. Densité des bovins : 60 à 99 pour 100 ha d'U.P.A. »

Quant à l'explication des autres classes, nous renvoyons le lecteur à la légende de la carte en hors-texte.

Explication des dichotomies

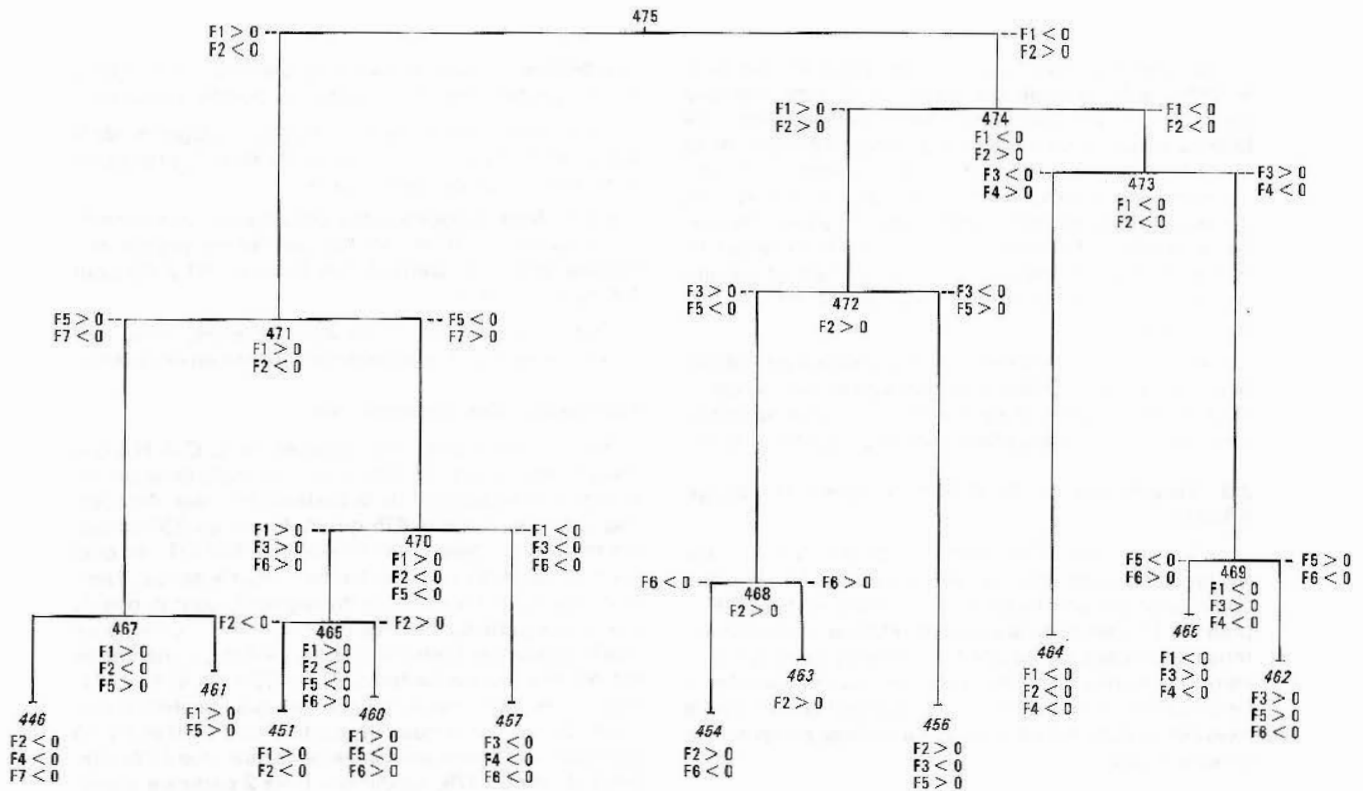
Pour acquérir une vision globale de la C.A.H., que nous avons construite, il faut tenir compte de la hiérarchie et non seulement de la partition retenue. Au sommet culmine la classe 475 qui renferme les 238 paroisses principales, celle-ci est divisée en 474 et 471 : en quoi les deux classes s'opposent-elles ? Pour le savoir, il suffit de connaître l'orientation du segment, nous dirons du *dipôle* qui joint les centres de 474 et 471 ; comme ce dipôle passe par l'origine (centre de 475), l'orientation est donnée par les facteurs et les COR de 474 et 471, adjoints en éléments supplémentaires à l'analyse factorielle. On voit ainsi que l'opposition en F1 < 0 et F1 > 0 constitue la division principale de l'arbre, dûe à l'éclatement du nœud 475, tandis que l'axe 2 participe accessoirement à la séparation de ce nœud, de telle sorte que l'on a 1+ 2- (471) opposé à 1- 2+ (474). Mais pour déterminer l'orientation du dipôle formé par les deux descendants de 474 (472 et 473) ou par ceux de 471 (467 et 470), un listage usuel d'analyse des correspondances ne suffit pas. Il faut un tableau spécial donnant pour chaque dipôle (A (n), B(n)) formé par les deux descendants d'un nœud n, les différences D α (n) des facteurs F α (A(n) - F α B(n)) et les cosinus^{2*} (notés COD α (n)) des angles formés par le dipôle avec chacun des axes factoriels. Un tel tableau se trouve dans le listage FACOR. On y lit par exemple que 474 se scinde suivant l'axe 2 alors que les axes 5 et 7 différencient le dipôle 471.

Il faut prendre garde à ce que l'étude des dipôles apporte en plus de ce que l'on a déjà noté à propos de la *caractérisation des classes*. Elle indique les *raisons de l'éclatement des nœuds*. Prenons l'exemple du nœud 469 qui se scinde en 466 et 462. Ces classes sont *caractérisées* comme suit : 466 : 1-, 586 ; 3+ 187 ; 4-, 152 et 462 : 3+, 561 ; 5+, 143, 6-, 153. Sur le plan (1,3) les classes 462 et 466 se trouvent dans le même quadrant F1 < 0, F3 > 0. 466 occupe une position plus excentrique sur l'axe que 462 (F1 (466) = 771, F1 (462) = -304) donc 466 présente les caractéristiques de F1 d'une façon plus accusée que 462 (dont le COR₁ égal à 77, est faible). Diversement 462 se situe plus à l'extrémité de F3 > 0 (F3 (462) = +882 ; F3 (466) = +436), ainsi F3 > 0 caractérise davantage 462 que 466 (COR₃ (462) = 561 ; COR₃ (466) = 187).

En fait, ce sont les axes 5 et 6 qui définissent ces 2 classes. (D₅ (469) = D₅ (466) - D₅ (462) = -72 - (-416) = -488 ; D₆ (466) - D₆ (462) = +211 - (-429) = +640). D'après les définitions de facteurs F₅ et F₆, le contraste entre les 2 classes porte au niveau de l'extension des céréales, des pâturages, des superficies irriguées et des cultures maraîchères.

(*) Il convient de rectifier la valeur de ce cosinus² porté en légende comme étant égal à 135 millièmes et non à 535 millièmes, comme il l'est en réalité.

DICHOTOMIES DE LA CLASSIFICATION ET CARACTÉRISATION



Le retour aux données permet de vérifier la différenciation des nuances. Les variations par rapport à $F1 < 0$ et à $F3 > 0$, traduisant les différences exprimées par les axes plus profonds, 5 et 6, se trouvent confirmées.

Sans énumérer les informations relatives à tous les nœuds (1) de la sous-hiérarchie retenue (nœuds auxquels sont subordonnés les 11 classes de la partition retenue), nous en avons noté l'essentiel sur l'arbre de C.A.H. qui illustre le paragraphe 2.3. Les axes qui différencient les dipôles sont notés dans le prolongement (en tiretés) des segments de droite passant par les nœuds, tandis que la caractérisation des classes associées aux nœuds se trouve juste en-dessous de leur identification.

3. Représentation cartographique des conditions actuelles d'utilisation du sol : dominantes culturelles et élevage

C'est à partir de l'ensemble des résultats de l'exploitation conjointe de l'A.F.C., de la C.A.H. et du FACOR et de l'interprétation à laquelle ils ont donné lieu, qu'a été réalisée la carte jointe en hors-texte, fondée sur l'ensemble des données du bloc 2.

(1) Aucun axe ne différencie réellement le dipôle du nœud 467 qui se définit par l'alignement des nœuds 446, 467 et 461. Les classes 446 et 461 se trouvent en effet pour chaque axe concerné du même côté, comme le montre les indications suivantes :

	F1	F2	F4	F5	F7
446	+277	-658	-464	+335	-610
461	+889	-125	-17	+777	+241

* Pour chaque terme auquel un astérisque est accolé, la définition qui suit entre parenthèses renvoie au Glossaire Français de Cartographie - 1970 - Bulletin du Comité Français de Cartographie, fascicule n° 46, Bulletin n° 4, pp. 126-260 (ou aux définitions à paraître dans la seconde édition).

Chacune des 11 classes de la partition retenue est figurée par une zone de couleur recouvrant le territoire des paroisses qui la composent. Du choix des couleurs dépend en définitive la perception globale que l'utilisateur aura de la représentation des dominantes culturelles et de l'élevage. La cartographie multidimensionnelle étant seulement à ses débuts, nous avons cru utile d'exposer avec minutie la méthode que nous avons adoptée pour choisir les couleurs.

3.1. Problème général du choix des grisés et des teintes

En cartographie unidimensionnelle, on attribue à chaque classe un figuré en vue de différencier l'aire géographique qui lui correspond sur la carte en optant pour le noir et blanc ou pour la couleur.

En cartographie multidimensionnelle, l'application du même principe conduirait à jouer dans la couleur sur autant de dimensions qu'on en a utilisé pour faire par C.A.H. la typologie abstraite. Or ceci, physiologiquement, est impossible dans la mesure où l'espace de toutes les couleurs n'a que trois dimensions : le ton* ou la tonalité (longueur d'onde dominante d'une couleur), l'intensité* lumineuse (qui dans le langage courant associe la pureté et la clarté d'une couleur) et la saturation* ou pureté (caractère d'une couleur proche d'une couleur spectrale et d'un pourpre), suivant laquelle une couleur pure s'oppose au gris.

Puisqu'il est impossible de représenter adéquatement le continuum multidimensionnel où sont les centres des classes sur une partie du corps chromatique, on se contentera de choisir une représentation des classes par des couleurs, dans laquelle à des classes voisines correspondent des teintes voisines et qui impérativement ne suggère pas d'assimilation erronée en attribuant des teintes voisines à des classes très distantes.

A cette fin, nous nous sommes guidés dans le choix des couleurs sur la construction géométrique classique suivante : l'arbre de longueur minima, squelette dont on a muni l'ensemble des 11 classes de la partition. Il est formé en joignant deux à deux certains des 11 centres, de telle sorte que la somme des segments tracés soit *minima* tout en assurant une liaison de tout point en tout point. Le nombre des centres étant faible, ce graphe peut être considéré comme un tronc principal d'où partent un petit nombre de collatérales.

Dès lors, le *mode de représentation graphique* est assez facile : on fait correspondre à la *ligne principale la succession des couleurs dans l'ordre de l'arc-en-ciel* et on attribue aux *branches latérales supérieures des teintes claires et des teintes foncées* à celles qui sont *inférieures*.

3.2. Choix des couleurs en vue de la représentation cartographique des classes d'après l'A.L.M.

La juxtaposition des plages visibles par l'œil du spectre solaire, représenté par un segment, à l'A.L.M., extrémités alignées, a permis de déterminer approximativement les teintes en vue de l'impression.

— Classes constitutives du tronc de l'A.L.M. : en haut de la page, le spectre visible qui représenterait la gamme des *tons purs* combinant *couleur et valeur*, s'étendant du violet au rouge. En-dessous, l'A.L.M. est juxtaposé de telle sorte que 466 et 461 se trouvent dans le prolon-

gement des extrémités du spectre. On projette chaque centre sur les plages de couleur du spectre et on détermine ainsi approximativement dans quelle zone de la plage il se situe.

— Classes extérieures au tronc : pour attribuer une teinte à une classe périphérique, trois critères interviennent :

- la valeur de la teinte, fonction de la : 1) situation de la classe (au-dessus du tronc = tonalités claires, en dessous = tonalités foncées) ; 2) situation de la classe par rapport à son environnement sur le plan ; 3) distance, qui renforce la valeur claire ou foncée de la teinte.

- le sens de la variation de la teinte qui traduit la disposition *relative* des classes. En comparant la situation de deux classes sur les axes, on *descendra* vers les bleus-violet ou vers les rouges pour les classes extrêmes 466 et 461, sinon on *remontera* vers le jaune.

- le choix de la teinte combinant couleur et valeur.

En outre, nous avons tenu compte de l'*effet de voisinage* pour les paroisses des bassins, très petites, car la sensation éprouvée par l'œil dans l'examen d'une plage colorée dépend en grande partie des plages voisines.

3.4. Référence à la charte SEMIO 666 pour déterminer les teintes en vue de l'impression

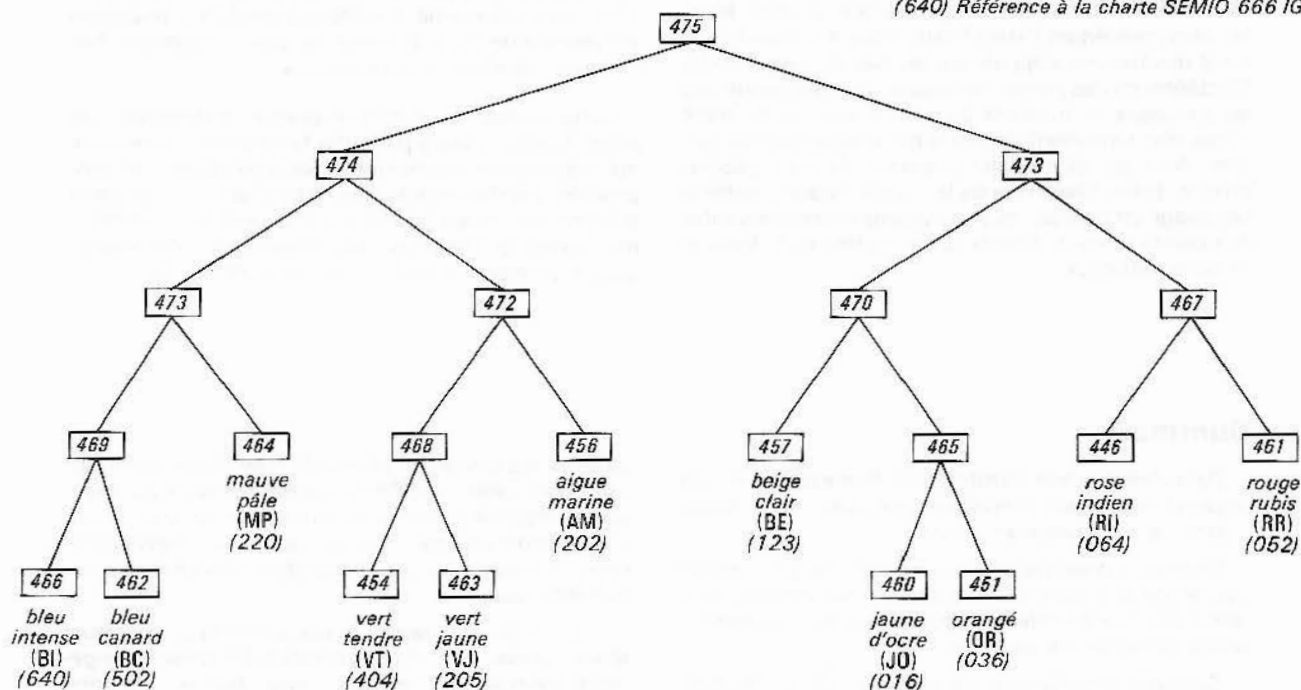
Le résultat du choix par rapport à la charte est illustré par le graphique ci-après.

BLOC B2

C A H

(mise en couleur d'après l'arbre de longueur minima, en faisant référence au spectre solaire)

(640) Référence à la charte SEMIO 666 IGN



Selon le S.A.N., cette charte "comporte un ensemble de 343 nuances obtenues par combinaison de trames de cyan, magenta et jaune - les trois couleurs de l'impression offset. Pour chaque primaire, sept valeurs ont été déterminées en sorte que leur perception suive une progression linéaire ; elles sont numérotées de 0 à 6, 0 désignant la plus faible (absence de couleur) et 6 la plus forte (aplat). A chaque couleur de la charte est associée de façon bi-univoque un triplet (C,M,J) donnant les valeurs du cyan, magenta et jaune entrant dans la composition de cette couleur. Pour comparer les valeurs des différentes couleurs, on étudie la somme $C + M + 1/2J$, le coefficient 1/2 attribué au jaune palliant la saturation particulièrement sensible de cette primaire. On obtient ainsi un « équivalent - niveau de gris » extrêmement simple. Des couleurs seront équilibrées dès qu'elles auront un niveau de gris identique ».

Elle comprend trois types de tableaux :

- *combinaisons binaires de primaires deux à deux* (utilisées pour représenter les classes de l'axe principal de l'A.L.M.) ;

- *combinaisons binaires associées au noir* (non utilisées ici) ;

- *combinaisons ternaires* (auxquelles nous avons fait appel pour représenter les classes périphériques, en teintes foncées).

Sur l'arbre C.A.H. les valeurs des couleurs retenues figurent ainsi que la somme du triplet auquel elles correspondent.

Ainsi, le choix des teintes s'est fait en respectant certaines règles, avec un souci d'harmonie, en sorte que le lecteur puisse situer aisément les classes les unes par rapport aux autres.

3.5. Réalisation de la carte jointe à l'article

La carte du bloc d'ensemble, comme celle des autres blocs, a été réalisée par le S.A.N. Ces représentations relèvent de la cartographie automatique. Chaque paroisse est identifiée par son numéro de code. Toutefois, afin d'éviter de surcharger de noir la carte, le ou les zéros précédant l'identificateur ont été enlevés. Le tracé des bassins s'appuie sur les bas de versants des Cordillères ou des pentes des *nudos*, ce qui explique que les paroisses se trouvent de part et d'autre du tracé lorsqu'elles remontent jusqu'à la partie supérieure du versant. Ainsi est réintroduite une diversification géographique. Enfin, l'habillage de la carte comporte outre le carroyage en degrés, les subdivisions correspondantes aux paliers retenus, relatifs aux modalités de la latitude et de la longitude.

Summary

Data Analysis and Cartographic Representation. An application to main agricultural practices and to stock - farming in Ecuadorian Sierra.

From data collected in Ecuador and related to actual use of the soil, data analysis printed out the axes of a space structure by determining several groups of parishes which constituted a partition.

Synthetic variables were effectively defined through correspondance factor analysis and they were used for clustering the parishes (hierarchical cluster). The simul-

Le déploiement du squelette taxinomique sur l'espace des couleurs disponibles a permis au moyen de l'arbre de longueur minima d'arrêter la légende de la carte. Le graphique qui le représente figure dans le coin inférieur droit de la carte.

Les paroisses, éléments principaux, sont représentées sur cette carte en aplat ; celles mises en supplémentaires en lignés (données complètes dans le bloc), en tiretés (données incomplètes). Le commentaire exprime les caractéristiques générales des classes des paroisses, selon les facteurs et d'après leur importance.

Conclusion

A partir des données provenant de l'inventaire des superficies en pâturages, de l'étendue des terres cultivées et des terres irriguées et résultant du dénombrement du cheptel bovin et ovin, nous avons, à l'aide des méthodes statistiques utilisées, assistées de l'ordinateur, tenté de réaliser une *synthèse* en nous appliquant à ne rien laisser perdre de ce que le calcul révélait *d'ordre et de rapport* dans les données. Synthèse nécessairement incomplète, mais qui pour ce bloc comme pour les autres blocs traités et *a fortiori* pour le bloc d'ensemble réunissant la totalité des données, permet une mise en lumière de l'ensemble des zones homogènes et donne de la Sierra une vue d'une certaine ampleur.

La comparaison avec la carte des ZAPI de cette contrée ne peut être établie que pour la carte intégrant la totalité des données - ou *carte d'ensemble*, et elle ne peut être que partielle, vu les lacunes de l'information. Toutefois le rapport des contours des ZAPI sur la présente carte, fait apparaître - paroisses non traitées mise à part - à l'intérieur des contours de quelques ZAPI, des groupes de paroisses homogènes relevant d'une seule et même classe (plages de couleur correspondant à certains secteurs des versants des Cordillères ou des *nudos*, le plus souvent), mais généralement, ce qui prédomine à l'intérieur de ces zones, c'est une juxtaposition de paroisses de tonalités différentes. Marquetterie traduisant la diversité des paysages agricoles, correspondant elle-même à l'extrême diversité des conditions physiques et résultant de la combinaison de facteurs humains, historiques, économiques et sociaux.

Cette représentation cartographique, comme celle des autres blocs, établie à partir des facteurs fondamentaux qui ordonnent et structurent la réalité géographique, propose des conditions actuelles de l'utilisation du sol dans la Sierra une image facile à lire et cependant originale ; elle montre que l'analyse des données est pour le géographe prudent un outil d'une réelle efficacité.

taneous interpretation of results from these methods, using a so called FACOR subsidiary software package, made it possible to build up a typology of parishes, which shared common characteristics and which drew homogeneous areas ; a proposal was then derived for a partition into regions.

The graphic representation was linked to the minimum spanning tree. The choice of colours for these homogeneous areas was made in such a way that neighbouring colours did correspond to parishes which have close characteristics.

Bibliographie

I. Ouvrages relatifs aux méthodes

Benzecri, J.P. et F. (1980) : Pratique de l'Analyse des Données. Analyse des correspondances. Exposé élémentaire. Paris : Dunod, 424 p.

Benzecri, J.P. et coll. (1980) : L'Analyse des Données, vol. 1 : La Taxinomie - 3ème éd. Paris : Dunod, 615 p.

Benzecri, F. (1980) : Introduction à l'analyse des correspondances d'après un exemple de données médicales. C.A.D.*, vol. V, n° 3, pp. 283-310.

Benzecri, F. (1980) : Introduction à la classification automatique d'après un exemple de données médicales. C.A.D., vol. V, n° 3, pp. 311-340.

Benzecri, J.P. et coll. : (1982) : L'Analyse des Données, vol. 2 : L'Analyse des Correspondances. 2nd. éd. Paris : Dunod, 632 p.

Benzecri, J.P. et M. Jambu (1976) : Agrégation suivant le saut minimum et arbre de longueur minima (squelette arborescent). C.A.D., vol. 1, n° 4, pp. 441-452.

Feneion, J.P. (1981) : Qu'est-ce que l'Analyse des Données ? Paris : Lefonen, 311 p.

Jambu, M. (1978) : Classification automatique pour l'analyse des données, vol. 1 Méthodes et algorithmes. Paris : Dunod, 312 p.

Jambu, M. et M.O. Lebeaux (1978) : Classification automatique pour l'analyse des données, vol. 2 Logiciels.

* C.A.D. : *Les Cahiers de l'Analyse des Données*. Paris, Dunod.

II. Documentation thématique

Gondard P. (1976) : Zonas agrícolas de la Sierra. Boletín de la Sección Nacional del Ecuador, n° 9-10. Instituto Panamericano de Geografía, Quito, Ecuador.

Gondard P. et alii (1982) : Cartographie actuelle du sol dans les Andes équatoriennes. Carte de Tulcan. Notice. Essai géographique de compréhension du milieu rural, M.A.G., Département de Géographie, Quito ; ORSTOM, France.

Portais, M. (1975) : Mapa de la distribución de la población. Sierra, Costa y parte del Oriente ecuatoriano, 1/500 000, (noir), Quito : M.A.G., ORSTOM.

Portais, M. & P. Estuardo Cevallos : Mapa de la distribución de la población pecuaria en el Ecuador, 1/1 000 000, (1977) : (noir), Quito : M.A.G., ORSTOM.