

4

L'étude des matrices d'information spatiale : une méthode déjà ancienne, des champs d'application nouveaux, un avenir assuré par des moyens informatiques renouvelés, par Philippe WANIEZ

ACMIS : Analyse Comparée de Modèles pour l'Information Spatialisée.

Ce texte a été rédigé à la demande de Mme. Yveline Poncet, responsable de l'unité de recherche 3J du Département Milieux et Activités agricoles de l'ORSTOM. Elle constitue une contribution à la réflexion engagée au sein de l'unité de recherche 3J à propos de la «spatialisation de l'information».

Afin d'éviter une ennuyeuse énumération de fonctions réalisées par tel ou tel logiciel, on a préféré présenter les principaux traits techniques d'une recherche particulière qui ne prétend aucunement représenter un modèle à suivre, mais qui, plus modestement, cherche à donner un exemple d'étude de matrice d'information spatiale. On ne cherchera donc pas ici à convaincre du bien fondé d'une telle démarche méthodologique dont les bases ont été jetées voici une vingtaine d'années et qui reste très vivante dans de nombreuses équipes de recherche géographique.

Une partie importante des travaux décrits ici provient des premiers résultats d'une thèse inscrite à l'Université Paris I, sous la direction de M. Roger Brunet, intitulée «Les cerrados du Brésil: organisation régionale et différenciation spatiale». Il semble normal qu'à l'occasion de rencontres comme ACMIS, les chercheurs de l'ORSTOM puissent dévoiler à leurs collègues une partie des travaux en cours. Cependant, compte tenu du caractère «universitaire», mais aussi nécessairement partiel des résultats présentés ici, leur auteur demande aux participants de la réunion ACMIS ainsi qu'à tout lecteur de ce document de faire figurer, pour toute éventuelle citation, la mention suivante : «Philippe Waniez, Les cerrados du Brésil: organisation régionale et différenciation spatiale, Université Paris-I, thèse en cours».

4.1. Introduction

Faisant suite au Séminaire Informatique de l'ORSTOM (SEMINFOR III) consacré aux systèmes d'information sur l'environnement, la réunion ACMIS apparaît comme une bonne occasion de poursuivre le débat, en le limitant sur le plan technique aux seules données spatialisées, et en l'élargissant sur le plan thématique à des ensem-

bles de données ne se rapportant pas seulement à l'environnement physique. Le vaste domaine de l'organisation et du traitement informatique des données spatialisées dépasse très largement les préoccupations des géographes, et ne concerne pas toujours directement l'ensemble des chercheurs de cette discipline. Il apparaît donc utile de préciser très rapidement dans quel «cadre théorique» s'inscrivent les travaux présentés ici.

a) L'espace comme catégorie conceptuelle :

R. Brunet (1) montre que depuis une dizaine d'années, les efforts des géographes ont principalement porté sur l'appréciation de l'influence des stratégies, des acteurs et des décisions sur le déroulement de processus spatiaux ainsi que sur l'étude de la production de l'espace par les groupes sociaux et leurs représentations, mythes et attitudes.

Ces avancées ont été permises, sur le plan méthodologique, par l'application des principes du structuralisme et de la théorie générale des systèmes, et, sur le plan technique, par la maîtrise des méthodes de traitement des données.

Plusieurs conséquences découlent de ces orientations nouvelles. En premier lieu, un consensus assez large s'est établi pour considérer l'espace comme un produit social, «comme une catégorie conceptuelle du même niveau que les autres produits sociaux (cultures, relations sociales, etc.)».

En second lieu, les êtres géographiques sont mieux perçus dans leur richesse, en prenant une certaine distance avec des approches trop standardisées (pôles et hiérarchies, par exemple). Ainsi, «on a généralement pris conscience qu'étant quelque part, on est toujours dans plusieurs structures et systèmes à la fois». Enfin, les travaux sur les systèmes ont montré l'intérêt de rechercher des ensembles de relations tout en rejetant les approches en tiroirs superposés.

Ces observations conduisent R. Brunet à indiquer les principales directions méthodologiques et techniques sur lesquelles devraient maintenant porter les travaux :

- poursuivre l'effort qui conduit à mieux traiter les données, c'est-à-dire à mieux apprécier leur signification ainsi qu'à mieux évaluer les erreurs de mesure ; participer aux progrès dans le domaine de la validation des données, de la recherche de corrélations, de la cartographie des tendances et des structures.

- En second lieu, l'élaboration de méthodes propres s'avère nécessaire pour une meilleure connaissance de l'espace, telle que la modélisation des configurations spatiales à partir de structures élémentaires; dans ce cas, il s'agit d'élaborer des schémas de synthèse permettant la mise en perspective des problèmes.

b) Organisation régionale et différenciation spatiale des cerrados du Brésil :

Décrire les caractères d'un grand espace situé aux marges de l'œkoumène mais qui s'intègre rapidement au territoire brésilien, constitue sans doute l'objectif principal du projet en cours de réalisation intitulé «les cerrados du Brésil, organisation régionale et différenciation spatiale». C'est à dessein qu'on utilise ici le terme «description» car, s'agissant d'une telle immensité (2 millions de km²), la connaissance des principaux mouvements de différenciation spatiale constitue en soi un but ambitieux.

En effet, pour comprendre comment un espace relativement homogène sur le plan biogéographique (savane arborée) peut éclater en sous-ensembles géographiques extrêmement différents, il faut pouvoir observer les transformations sur une période, courte mais bien délimitée (1970-1985) pour laquelle on dispose d'une grande quantité d'information couvrant la totalité du territoire (pour une présentation plus complète des cerrados, voir (2)).

De nombreux travaux ont insisté sur le caractère de frontière agricole que présente une partie des cerrados. Dans ce cadre limité à la moitié des municipios de la région environ, il est logique de s'intéresser tout particulièrement au développement des activités agricoles, tâche assez aisée car l'expansion agricole visible dans l'utilisation du sol est le révélateur des mutations en cours.

En adoptant cette approche on est inévitablement conduit à «gommer» les différences observables sur l'ensemble du territoire au profit d'études monographiques à propos d'un thème particulier (modernisation agricole, petits paysans, etc.), qui, pour être parfois intéressantes et utiles au développement ne permettent cependant pas d'évaluer l'importance des mutations en cours.

En choisissant de considérer la totalité des cerrados, on a adopté un niveau d'analyse qui fait gravement défaut dans les études existantes.

En se donnant les moyens de préciser les contrastes du peuplement et l'ampleur des phénomènes migratoires, d'apprécier le dynamisme de l'agriculture au regard de l'explosion urbaine, d'examiner le degré de corrélation entre le développement régional et le milieu naturel ou l'infrastructure de communications, on vise à établir une connaissance de base de la géographie des cerrados.

Sans ce travail fondamental au sens plein du terme, l'appréciation du degré de représentativité des monographies restera difficile.

4.2. La méthode

Des données aux matrices d'information spatiale.

Cette recherche a commencé en Juin 1986, dans le cadre de la convention EMBRAPA-ORSTOM. Il s'agissait alors de rassembler le plus grand ensemble de données «socio-économiques», dans le module SISECSO, pour l'intégrer ultérieurement dans le système d'information sur l'environnement dénommé SISGEO. Près deux années ont été nécessaires pour mener à bien la tâche d'acquisition et de mise en forme des données.

a) Un espace vivant :

La délimitation de l'espace géographique d'étude et le choix des unités spatiales constituent la première étape de ce genre de travail. Compte tenu du rattachement institutionnel de SISECSO, au Centre de Recherches Agro-Pastorales (EMBRAPA-CPAC), on s'est volontairement limité aux seuls Cerrados, c'est-à-dire à l'aire d'extension des diverses savanes arborées du centre du Brésil (carte n°1). Seules ont été écartées les taches de cerrado de l'Amapa; du Rondonia, et du Mato Grosso à l'Ouest du Rio Araguaia.

Sur les 2.36 millions km² des cerrados ainsi définis, on compte, au recensement de 1980, 843 municipios, soit une taille moyenne de 1200 km². La répartition spatiale des tailles des municipios apparaît très contrastée (carte n°2-1).

Cette diversité est liée au processus de peuplement qui a pour conséquence une fragmentation de l'espace municipal en unités de plus en plus petites, c'est-à-dire par un resserrement de la maille et donc du contrôle territorial. Plus que l'existence de données censitaires disponibles à ce niveau géographique, c'est le caractère «vivant» de la maille municipale qui a le plus incité à la choisir de préférence à toute autre forme de découpage spatial.

Pratique, a priori, ce choix a néanmoins posé quelques problèmes pour l'étude des transformations, dans la mesure où le référentiel géographique des données statistiques a varié dans le temps. Il a fallu reconstituer l'histoire récente du découpage communal et vérifier que, à chacune des périodes retenues, le territoire correspondant à chaque commune n'avait pas varié; dans le cas contraire l'agrégation des données sur la base du plus grand territoire commun à plusieurs communes sur l'en-

semble de la période d'étude s'est avérée nécessaire.

Ces municipios se rattachent à 4 niveaux hiérarchiques. Au niveau supérieur, le plus grossier, les grandes régions partagent l'ensemble du Brésil en 5 ensembles dont 3 appartiennent (en partie seulement) aux cerrados (carte n°2-2).

Le Centre-Ouest, le Nordeste et le Sudoeste, forment le domaine d'action de grands organismes de planification régionale comme la SUDENE ou la SUDECO. Chacune de ces grandes régions comprend plusieurs Etats de la Fédération Brésilienne; huit d'entre eux sont situés dans les cerrados (carte n°2-3), soit en totalité (Goias et Distrito Fédéral), soit en partie seulement (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Piaui et Maranhao).

Au Brésil, les Etats forment les ensembles territoriaux fondamentaux pour la vie politique mais aussi économique : ils sont conduits par un gouverneur élu et un gouvernement qui gère les principaux domaines de la vie sociale et économique intérieure au pays (éducation, agriculture, etc...). Les deux autres niveaux intermédiaires sont composés d'unités statistiques définies par l'Institut Brésilien de Géographie et de Statistique (IBGE), dans les années 1960. Leurs limites ont été tracées en fonction d'une certaine unité physique et quelquefois humaine, bien entamée depuis l'ouverture des frontières agricoles. Les méso-régions (carte n°2-4) sont encore plus hétérogènes que les micro-régions qu'elles regroupent.

b) De volumineuses statistiques officielles :

Celui qui, venant d'autres continents, consulte les archives statistiques de l'IBGE, sera très étonné par l'énorme masse de données que cet organisme a produit depuis sa création dans les années 1940. Les origines de cette tradition statistique très ancienne peuvent être recherchées dans l'histoire coloniale portugaise et, peut-être, dans une pratique culturelle qui veut, qu'aujourd'hui encore, la connaissance passe par (et se limite souvent à) une accumulation de données numériques dans des fichiers plus ou moins articulés entre eux, et donnant l'impression d'une «totalisation» du savoir. Passons sur cette illusion pour préciser qu'une partie importante du travail réalisé dans le cadre de SISECSO, a consisté à récupérer certaines des archives statistiques de l'IBGE se rapportant aux communes des cerrados.

Dans le domaine démographique, on dispose de recensements tous les dix ans, qui contiennent une foule d'informations sur l'état de la population et les migrations intercensitaires, mais qui ne permettent pas vraiment d'étudier les étapes de la transition démographique. Enfin, tous les 5 ans, l'IBGE réalise des recensements économiques,

relatifs à l'industrie, aux commerces et aux services.

A propos des productions agricoles, le Brésil dispose de 2 sources d'information: d'une part, les recensements quinquennaux de l'agriculture qui s'appuient sur un comptage exhaustif de toutes les exploitations et de leurs caractéristiques (y compris les productions), d'autre part, les enquêtes annuelles qui fournissent des estimations à partir de données provenant d'un réseau d'informateurs liés au monde agricole et complétées par des enquêtes de terrain.

Précisons enfin que toutes ces données sont publiques et peuvent être acquises, pour les plus récentes sur support magnétique. Les statistiques plus anciennes ne sont disponibles que sur support papier, mais l'IBGE en réalise des photocopies, sans aucune difficulté d'ordre bureaucratique.

Dès lors, on peut s'interroger sur la rareté des recherches utilisant ces statistiques de manière systématique; plusieurs réponses à cette question peuvent être proposées dont la discussion dépasse le cadre du présent article. On notera pourtant la nécessité de rassembler et d'analyser cette information avant toute enquête de terrain.

c) De nombreuses cartes thématiques :

Note: Cette partie de l'exposé doit beaucoup à Gérard Dandoy.

• Les cartes du milieu naturel.

Parmi les nombreux documents relatifs au milieu naturel des cerrados, les cartes thématiques constituent, sans nul doute, le moyen le plus pratique, mais aussi le plus sûr d'appréhension des traits physiques majeurs de la région. Malgré une légende parfois complexe, ces cartes synthétisent une masse considérable de données hétérogènes (couvertures aériennes, relevés de terrain, etc...) dont l'interprétation et la mise en relation est souvent difficile.

Bien adaptée à la reconnaissance des principaux éléments du milieu naturel, la petite échelle (du 1/1 000 000 au 1/5 000 000) est celle pour laquelle les sources sont nombreuses et d'origines diverses. En premier lieu, les résultats du projet RADAM, toujours en cours de publication, couvrent la totalité du Brésil, de manière, en principe, systématique, plurithématique, et selon une méthode moderne d'inventaire des ressources naturelles.

Pour sa part, l'EMBRAPA a produit, en 1981, une carte des sols du Brésil, à la légende très détaillée. Ce même organisme a également collaboré au programme «Land in Tropical America» du Centre International d'Agriculture Tropicale (CIAT), avec comme principal résultat la mise au point d'une cartographie intégrée, mettant en relation les caractéristiques des sols, du climat, de la végétation

naturelle et de la topographie. En outre, 3 cartes couvrant l'Amérique du Sud, constituant une documentation de référence très utile sur le climat (1981), la végétation (1981) et les sols (1971) ont été publiées sous l'égide de la FAO et de l'UNESCO; leur caractère à la fois synthétique et officiel fait de ces cartes une source intéressante, d'accès aisé et facile à utiliser.

Enfin, les atlas du Brésil, ou de certains des Etats de la Fédération représentent un potentiel non négligeable. Ce rapide inventaire ne prétend pas répertorier la totalité des cartes du milieu naturel: bien d'autres, à des échelles variées, répondent à des besoins extrêmement divers.

Deux principaux critères ont guidé l'acquisition des cartes du milieu naturel. Le premier d'entre eux concerne la surface couverte: les cartes doivent porter (au moins) sur la totalité du périmètre étudié. En second lieu, l'échelle ne doit pas être trop grande de manière à pouvoir travailler sur un document unique (si possible). De plus, s'agissant d'appréhender les traits physiques majeurs, il est nécessaire d'accorder une préférence aux documents synthétiques.

• Les cartes de l'infrastructure de transport.

Contrairement à l'IBGE qui dispense assez généreusement ses données, le Departamento Nacional de Estradas de Rodagem qui dépend du Ministère des Transport refuse de communiquer les documents statistiques qu'il élabore (nombre de véhicules par jour, qualité effective des routes, etc..).

Le DNER prend pour prétexte le secret et l'hétérogénéité des statistiques selon les différents états. Pour examiner l'infrastructure de transport des municipios des cerrados, on doit ainsi s'appuyer sur des documents cartographiques publics et non sur d'inaccessibles statistiques.

Parmi les cartes routières, celles publiées par le DNER sont riches d'information. Intitulées Mapa Rodoviario, leurs échelles sont variables, comprises entre 1/1 200 000 et 1/2 000 000, et dépendent des dimensions de chaque état; elles sont donc compatibles avec l'échelle d'analyse retenue ici. On y trouve le statut des routes (fédérales ou d'état) et leurs caractéristiques physiques (recouvertes, recouvrement en cours, non recouvertes ou en projet). Les unités urbaines sont hiérarchisées en fonction de leur population et les sièges des municipios sont aussi localisés.

Ces cartes donnent aussi quelques compléments d'information sur les terrains d'aviation ainsi que sur les ports et les voies ferrées. Enfin, l'indication des limites administratives, des cours d'eau et des marécages complète ces cartes réalisées à partir d'un fond topographique au 1/1 000 000 de l'IBGE modifié par l'interprétation d'images satellitaires LANDSAT. La publication des cartes du DNER est

annuelle, sous cette forme, depuis 1978; un modeste tirage rend difficile l'étude historique, ces documents étant remplacés d'une année sur l'autre.

d) Les matrices d'information spatiale :

Cette présentation, peut-être un peu longue en raison de la richesse des sources d'information brésiliennes, cherche à montrer la diversité, non seulement des champs thématiques, mais aussi des supports d'information. En effet, on dispose à la fois de données statistiques récentes et déjà saisies sur support magnétique, de données statistiques historiques sur support papier, et de cartes thématiques à des échelles variées.

Le modèle d'organisation des données retenu ici est le classique conditionnement de l'information dans des matrices d'information spatiale (3).

Rappelons en les principales caractéristiques.

Une matrice d'information spatiale résulte de la mise en correspondance de deux ensembles: celui des unités spatiales et celui des attributs géographiques. Les unités spatiales peuvent être notamment des points ou des surfaces. Il s'agit d'unités d'observation ou, plus simplement, d'observations. Si ce sont des points, les observations seront disjointes; on parlera d'un semis dans l'espace comme les semis des villes. Dans le cas de surfaces, les observations seront des mailles généralement irrégulières comme les maillages administratifs; leurs limites ne devront pas se recouper: il s'agira donc d'une partition de l'espace.

On nommera I l'ensemble des observations, i la i ème observation; i prendra des valeurs entières de 1 à n , n étant le nombre total d'observations.

Les attributs géographiques sont des propriétés mesurables des observations propres à donner une représentation exhaustive du phénomène étudié. Il peut s'agir soit d'un ensemble dans son entier, soit de la partition de cet ensemble en catégories pertinentes; dans les deux cas, on qualifiera de «variables» ces attributs géographiques. On nommera J l'ensemble des variables, j la j ème observation; j prendra des valeurs entières de 1 à p , p étant le nombre total de variables.

Toute matrice d'information spatiale est donc un tableau M composé de n lignes et de p colonnes et renfermant ainsi un nombre $n \cdot p$ de cases. On note m_{ij} la case correspondant à la i ème observation et à la j ème variable.

On peut imaginer d'établir une matrice d'information spatiale en ajoutant un troisième ensemble, l'ensemble K du temps. On note k le k ème temps; k prend des valeurs entières de 1 à t , t étant le nombre total de sections dans le temps. Le résultat est un bloc matriciel spatial M possédant un nombre $n \cdot p \cdot t$ de cases. m_{ijk} correspondrait à la i ème observation, à la j ème variable et au k ème temps.

En pratique, on juxtapose les matrices d'information spatiale correspondant aux différents temps. L'élaboration de tels blocs multiplie les difficultés rencontrées dans le cas, plus simple, celui des matrices d'information spatiale. Sur l'ensemble I des observations se pose le problème de la permanence dans le temps des mailles ou des semis de points; les municipios des cerrados sont un bon exemple de ces difficultés.

En ce qui concerne l'ensemble J des variables, il faut veiller à la permanence du contenu des catégories. Enfin, sur l'ensemble K des temps, il est souvent impossible de disposer de l'information selon une périodicité constante; cela rend très difficile l'élaboration de modèles à la fois spatiaux et temporels.

A partir de l'ensemble des informations rassemblées, présentées ci-dessus, on a cherché à les conditionner dans des matrices d'information spatiale. L'ensemble des lignes de la matrice est formé des 843 municipios faisant partie des cerrados. Pour chaque ensemble de données homogènes (population, productions agricoles, commerce, etc.) une matrice est produite. Cette opération s'avère relativement facile pour les données statistiques de l'IBGE, puisqu'elles sont produites par cet organisme sous une forme directement compatible avec ce modèle d'organisation des données. Le travail de recherche sur les données se limite au choix de variables pertinentes pour l'analyse de la différenciation spatiale et au recoupement des sources d'information qui conduit à un premier examen préalable de la validité des données.

Dans le cas des cartes thématiques, l'extraction de l'information désirée est une opération bien plus délicate. Deux cas de figure peuvent se présenter. D'une part, lorsque les objets géographiques s'inscrivent parfaitement dans le cadre administratif (des équipements localisés sur la carte, comme par exemple un aéroport), il suffit de définir un attribut correspondant et de le coder en présence/absence. On obtient ainsi des matrices d'information spatiale dont les variables sont relevées sur une échelle binaire et qui devra faire l'objet de traitements particuliers.

D'autre part, lorsqu'il s'agit d'enregistrer des données qui ne correspondent pas aux limites administratives, il faut recourir au procédé d'élaboration de données connu sous le nom de carroyage et auquel notre présentation à SEMINFOR III fait une large place.

Cette méthode est particulièrement bien adaptée à la mise en relation d'informations relatives à l'environnement, avec d'autres sources d'information. Dans ce cas, les unités spatiales ne représentent plus des unités administratives, mais des carreaux sur une carte, qui se voient attribuer des caractéristiques comme par exemple, la superficie occupée

par l'association végétale «cerrado». Bien qu'assez pratique à mettre en œuvre, ce procédé présente le défaut de conduire à une perte des contiguïtés à l'intérieur de chaque carreau.

Par ailleurs, il nécessite le choix raisonné d'un nombre fini d'attributs effectivement relevés sur la carte, ce qui interdit tout retour en arrière systématique. C'est sans doute là le principal défaut de la méthode.

4.3. Les traitements

Par traitement, on entend ici l'ensemble des opérations d'organisation et de stockage des matrices d'information spatiale, d'analyse uni- bi- et multivariée, de représentation cartographique, de diffusion et de restitution des résultats, le tout s'appuyant sur diverses techniques informatiques présentées dans notre récent ouvrage (4). Nous n'aborderons donc ici que les aspects les plus originaux de notre travail et ceux qui apparaissent le plus révélateur du parti pris adopté ici.

a) Une base de données construite et gérée avec SAS :

Voici environ trois ans, un article intitulé «SAS: un progiciel à la hauteur de besoins des géographes» présentait, à l'occasion de la diffusion de la version 5 de ce système, l'intérêt qu'il y avait pour les géographes de s'en emparer et de l'utiliser de manière systématique.

Force est de reconnaître aujourd'hui qu'une telle orientation n'a pas connu à l'ORSTOM le succès qu'elle a rencontré ailleurs, dans d'autres organismes de recherche, tant en France qu'à l'étranger. En 1986, à Brasília, sur les ordinateurs du Département de l'Informatique de l'EMBRAPA, SAS n'était-il pas alors le logiciel d'analyse statistique le plus utilisé?

SAS n'est pas à proprement parler un système de stockage et d'analyse des données spatialisées. Cependant, SAS gère des données organisées sous la forme de tableaux observation/variables, correspondant précisément aux matrices d'information spatiale. Les divers outils proposés assurent la lecture des données enregistrées sur divers supports magnétiques, quel que soit le mode d'enregistrement utilisé.

Ainsi, les fichiers fournis par l'IBGE, sur bande magnétique, ont pu être lus sans difficulté technique particulière; les fichiers les plus anciens, remontant aux recensements de 1970, enregistrés en binaire ont fait l'objet d'un traitement semblable occasionnant le recours aux formats particuliers nécessités par ce genre de codage (des formats

internes permettent de lire de l'ASCII, du binaire, du binaire compressé, etc.). Pour la saisie des documents sur papier, on a largement utilisé l'éditeur pleine page intégré (FSEDIT).

A ces fonctions d'entrée des données s'ajoutent un grand nombre de possibilités d'extraction de tout ou partie des tableaux, soit sur un critère géographique (toutes les communes du Minas Gerais), soit d'une partie des variables (les productions agricoles temporaires), soit des deux. De plus, des instructions particulières simplifient l'association de plusieurs tableaux; il est aisé d'aller chercher la superficie des municipios dans un tableau, la population dans un autre et de constituer un troisième ensemble contenant la densité de population.

Enfin, les fonctions de gestion des données permettent l'élaboration de tableaux au format compatible avec d'autres logiciels, de manière à ne pas enfermer l'utilisateur dans le seul logiciel SAS.

Voici le contenu de la base de données au début de l'année 1989, telle qu'elle est implantée au CNUSC de Montpellier et, partiellement, au DIN de l'EMBRAPA à Brasilia:

A. Recensements démographiques.

Source : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE

Années : 1970 et 1980.

Statut : Public.

Volume : 170 variables.

Domaines : Population par sexe et état civil; naissances; migrants selon le lieu de départ (rural ou urbain) et le lieu d'arrivée; migrants selon la durée d'installation; actifs par sexe et secteur d'activité; domiciles d'après le niveau de développement.

B. Recensements agricoles.

Source : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE

Années : 1970, 1975 et 1980.

Statut : Public.

Volume : 330 variables.

Domaines : Nombre d'exploitations et répartition par tranches de superficie totale; mode de faire valoir; utilisation agricole du sol; montants des investissements et des dépenses d'exploitation par type d'investissement (engrais, matériel, personnel, etc...); productions (superficie, volume, valeur).

C. Enquêtes de production.

Source : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE

Années : Tous les ans de 1977 à 1984.

Statut : Public.

Volume : 1640 variables.

Domaines : 55 cultures (superficie, volume, valeur) et 20 productions de l'élevage (volume, valeur).

D. Données sur carroyage.

Source : Cartes de l'EMBRAPA et de l'UNESCO.

Statut : Public.

Volume : 16 variables.

Domaines : Végétation, potentiel agronomique des sols, climat et topographie.

E. Voies de communication.

Source : Cartes du Département National des Routes, DNER.

Années : 1984.

Statut : Public.

Volume : 9 variables.

Domaines : Accessibilité routière (par types de routes), aérienne, fluviale et ferroviaire.

b) Des analyses de données réalisées avec ADDADSAS :

Les procédures statistiques proposées par le système SAS couvrent un très large spectre de méthodes. Dans certains cas, elles restent cependant insuffisantes. L'une des originalités de SAS relève de sa capacité à être interfacé avec d'autres logiciels. Une équipe du CNRS a depuis de nombreuses années réalisé une passerelle donnant accès à la très riche bibliothèque de programme d'analyse des données de l'ADDAD.

C'est sans doute l'outil de recherche des structures spatiales le plus utilisé dans le cadre des travaux présentés ici. Notons que l'utilisation des procédures classiques d'analyse des données (5) est rendue possible par le conditionnement des données dans des matrices d'information spatiale.

Par exemple, l'analyse du niveau de développement et des types de production agricole révèle les points forts et les principaux contrastes de l'espace productif des cerrados. Cette approche initiale reste cependant très insuffisante car elle n'informe pas sur la composition de la production. Pourtant, cet aspect est essentiel à une bonne compréhension de la dynamique spatiale de l'agriculture.

Une analyse des productions dominantes, celles qui confèrent des traits particuliers aux différents sous-ensembles de l'espace productif, donne un éclairage qualitatif, révélateur de la nature des transformations plus que de leur ampleur. Bien que dominée par l'élevage, l'agriculture des cerrados est très marquée par le développement spectaculaire des cultures qui exprime l'intensité du développement régional.

Analyse factorielle des correspondances (AFC) et classification ascendante hiérarchique conduisent à une meilleure connaissance d'une part la composition des différents groupes de produits et, d'autre part, des modifications de leurs aires d'extension.

c) Une base de données cartographiques compatible SAS/GRAPH :

SAS/GRAPH, le module graphique de SAS, ne contient pas de procédure d'enregistrement, de

numérisation des fonds de carte. La solution la plus simple pour réaliser ce type de travail est d'utiliser un micro-ordinateur connecté à un numériseur.

On trouve dans le commerce de bons logiciels de numérisation, bien adaptés au fonds de cartes requis pour la cartographie statistique (cartomatique) Par exemple, si l'on dispose d'un Macintosh, la numérisation avec le logiciel cartographie-2D devient une opération extrêmement simple, à défaut d'être très agréable (6).

Des programmes de conversion sont disponibles; ils permettent de créer le fichier de numérisation dans un format compatible avec les procédures SAS/GRAPH et UNISAS.

Le dénominateur commun aux diverses organisations de fichiers de fonds de carte est l'enregistrement sous forme de polygones. Un fond de carte SAS est un tableau particulier. Chaque polygone figurant une unité spatiale (un municipio, par exemple) est décrit par une séquence d'enregistrements égal à celui de ses sommets.

Chaque enregistrement comprend au moins trois éléments: l'identifiant (le code) de l'unité spatiale, les coordonnées rectangulaires en X et Y. Lorsqu'une unité spatiale comprend plusieurs polygones, comme dans le cas d'enclaves ou bien encore d'archipels appartenant à un même pays, un variable supplémentaire, habituellement nommée SEGMENT, doit aussi figurer dans chaque enregistrement. Elle contient le numéro d'ordre du polygone de l'unité spatiale considérée.

Sur un tableau fond de carte bien constitué, plusieurs procédures peuvent être appliquées. La généralisation des contours élimine des points figurant des angles de manière à simplifier les contours des polygones. Cette simplification est réalisée pour deux raisons. En premier lieu, elle limite le volume des ressources informatiques nécessaires au tracé de la carte: passer de plusieurs milliers de points à quelques centaines, c'est rendre réellement possible l'utilisation interactive de l'ordinateur. Le second motif est plus fondamental: il est inutile de perturber la lecture un luxe de détails; en effet, ceux-ci n'ont qu'une modeste part dans la totalité de l'information apportée les cartes statistiques.

A partir d'un fond de carte, on peut demander la génération d'un ensemble de fond de cartes correspondant à chaque niveau géographique hiérarchisé; par exemple, le fond de carte des micro-régions homogènes est directement issu de celui des communes, par agrégation en fonction de l'appartenance de ces communes à une micro-région, et à une seule. La procédure GREMOVE réalise très simplement cette opération. Dans le cas qui nous intéresse ici, une grande précision géométrique n'est pas requise, ce qui explique qu'on ne se préoccupe pas particulièrement des projections géographiques, même si la procédure

GPROJECT réalise ce genre de travail, sans problème particulier (7). Enfin, comme un fond de carte est un banal tableau SAS, il peut subir toutes les opérations évoquées en III.1, et en particulier l'extraction d'un sous espace géographique donné, à partir d'un identificateur de sélection (par exemple, les communes du Minas Gerais, qui présentent toutes le code d'Etat MG).

d) Cartomatique avec UNISAS :

Note: Cette partie de l'exposé doit beaucoup à Patrick Brossier.

Si les possibilités de traitement graphique de SAS apparaissent assez considérables au premier abord, la procédure de cartographie GMAP devient vite insuffisante tant sur le plan des modes de représentation que sur celui du rendu des cartes.

C'est la raison pour laquelle la Maison de la Géographie de Montpellier met à la disposition des chercheurs du réseau du GIP RECLUS, un ensemble de programmes de cartographie statistique (Cartomatique) interfacés avec SAS et qui porte le nom de la principale procédure, UNISAS.

Accessible sous le système d'exploitation IBM OS/MVS, UNISAS permet à l'utilisateur courant de SAS, sans quitter son système favori, de profiter d'une partie des ressources offertes par la bibliothèque graphique UNIRAS, et plus précisément du module cartographique GEOPAK. C'est dire combien l'ouverture de SAS à des programmes extérieurs, déjà très utile pour l'analyse des données, avec ADDAD, se révèle être, un fois encore, un argument de choix décisif.

UNISAS se compose des procédures suivantes:

UNISAS Tracé de cartes statistiques en tous genres.

UPLAY Récupération et habillage de graphiques UNIRAS.

SASUNI Tracé de graphiques SAS sur des unités graphiques utilisables par UNIRAS et non par SAS.

CENTRE Calcul des coordonnées des centres des polygones figurant les unités spatiales dans les fond de carte SAS.

CPOST Génération d'un fichier POSTSCRIPT à partir d'un fichier de segments UNIRAS.

PALET Impression d'une palette de couleurs nécessaire au choix des couleurs dans la procédure UNISAS.

UNISAS réalise plusieurs type de cartes à deux ou trois dimensions. Les plus couramment utilisés sont les cartes choroplèthes (instruction CHORO), les cartes lissées (instruction Courniv), les cartes par symboles proportionnels (instruction CERCLE). Voici quelques exemples de sorties réalisées avec UNISAS.

Carte choroplèthe: le vote PMDB à l'élection au poste de gouverneur d'Etat en 1980 (carte n°3).

Carte lissée: la composante principale «productions commerciales des grands espaces/productions vivrières» en 1983-84 (carte n°4).

Carte ponctuelle: l'infrastructure de transport, à l'exclusion des routes (carte n°5).

Carte par symboles proportionnels: la population urbaine en 1980 (carte n°6).

Surface de tendance (8): la progression des cultures commerciales des grands espaces de 1977 à 1984 (carte n°7).

Modèle gravitaire: l'aire d'influence des villes du niveau supérieur de la hiérarchie urbaine (carte n°8).

Les fonctions d'UNISAS ne se limitent pas à la production de cartes en noir et blanc et en couleur. Interfacé avec SAS, UNISAS constitue une véritable chaîne de traitement et de production cartographique XAO. La procédure CPOST permet de récupérer les tracés sous la forme de fichiers POSTSCRIPT compatibles avec le logiciel de dessin ILLUSTRATOR '88 d'Adobe.

A partir de là, la carte est traitée comme une illustration pouvant être manipulée dans un logiciel de mise en page (PAGE MAKER). Toutes les opérations nécessaires à l'impression de grande qualité sont ainsi possibles. La revue Mappemonde donne de nombreux exemples d'impression de cartes issues d'UNISAS, comme celles du récent article sur les relations milieu naturel/production agricole des cerrados (9).

e) De l'analyse spatiale à l'aide à la décision :

Même communiquées sous forme de textes aussi peu techniques que possible ou de cartes et graphiques pour lesquels est réalisé un véritable effort de présentation, les connaissances nouvellement acquises, finalité première de tout travail de recherche, sont parfois difficile à transmettre aux acteurs du développement, instituts d'aménagement, organismes financiers ou bien encore coopératives agricoles. S'agissant de travaux qui s'appuient essentiellement sur des techniques de traitement informatique des données spatialisées, les difficultés semblent renforcées.

En effet, la majorité des lecteurs ne possèdent pas les connaissances techniques de base qui leur permettraient d'assimiler dans le détail toute la richesse du travail qui leur est présenté, celui-ci ayant nécessité d'une part, une instrumentation sophistiquée en statistique et cartographie, et, d'autre part, un effort théorique sans lequel toute technique de recherche se révèle inopérante.

Sur un autre plan, il faut bien reconnaître que la logique de la recherche, fût-elle «pour le dévelop-

pement» reste éloignée des questions immédiates que se posent les «décideurs». Par exemple, à la question «comment se répartit la culture du soja et quelles relation y-a-t-il entre sa localisation et celle de l'élevage bovin» se substituent plus souvent les interrogations suivantes «où y-a-t-il du soja? comment les rendements ont-ils progressé ces dernières années? ne vaudrait-il pas mieux retourner à la production bovine?».

Bien que légèrement caricaturale (mais ce cas de figure s'est présenté au cours de plusieurs discussions avec des «développeurs» intéressés par cette recherche), cette discordance de points de vue traduit une certaine inadaptation des produits de la recherche à leurs éventuels utilisateurs; cette question semble dépasser le cadre de SISECSO et transparaît dans les nombreuses querelles sur l'opposition entre recherche fondamentale et recherche appliquée, sur la nécessité de transmettre les produits de la recherche à ses utilisateurs potentiels, voire de leur «vendre». On retrouve là le fameux débat sur l'utilité de la recherche.

Une forme de valorisation revient à transmettre une certaine partie des résultats acquis dans le cadre d'une recherche à un public non-scientifique. Il est apparu utile de proposer aux utilisateurs éventuels les données statistiques représentant au mieux les principaux éléments de la structure spatiale de l'agriculture des cerrados ainsi que ses transformations récentes.

Cette information pertinente, à l'origine des résultats présentés dans les rapports de recherche (auxquels, cependant, il reste toujours possible de se reporter), devrait être accessible sous une forme pratique (ce qui exclut un ennuyeux annuaire, première possibilité rapidement écartée), autorisant quelques traitements cartographiques simples semblables aux opérations mentales de sélection et de superposition de zones à l'oeuvre dans toute lecture de carte.

Par ailleurs, il aurait été désolant qu'une recherche recourant en permanence à l'informatique ne puisse être utilisée que sous la forme traditionnelle du livre, de l'atlas statique sur papier, difficile à questionner et peu adapté aux aspects multiples de la demande, souvent pas ou mal formulée. La réalisation d'un «atlas informatique» apparaît donc comme une nécessité.

Le logiciel Choroscope (du grec Khora, contrée, et Skopein, examiner) adapté au programme SISECSO conserve la structure des données retenue pour la base de données, tant pour la numérisation du fond de carte que pour l'enregistrement des données statistiques, tout en permettant un accès adapté aux pratiques des décideurs.

Le Choroscope comprend deux parties étroitement imbriquées. En premier lieu, le Choroscope est un système de communication cartographique : il

comprend l'ensemble des procédures nécessaires à la construction, à l'affichage sur écran d'ordinateur, et à l'impression d'une carte statistique. Mais c'est aussi une forme d'atlas informatique gouverné directement par le progiciel du même nom. Tous les sujets pouvant faire l'objet d'une carte statistique peuvent s'adapter facilement afin d'être diffusés auprès de leurs publics respectifs.

Ainsi, trois «choroscopies» ont pu voir le jour durant la phase de mise au point du prototype : la dynamique des emplois et des établissements en France, populations des départements et territoires d'Outre-Mer, les productions agricoles des cerrados (Brésil). L'observatoire de l'emploi de la Région Languedoc-Roussillon l'a adopté pour diffuser les nombreuses données disponibles au niveau des zones ALE.

Le Choroscope réalise quatre ensembles d'opérations qui s'exécutent en séquence; précisons le contenu des deux principales : la sélection d'un niveau géographique et le choix d'un procédé de cartographie.

La sélection d'un niveau géographique et, dans ce niveau, d'un ensemble spatial (par exemple le niveau «Grande Région», puis la «Région Centre-Ouest) constituent la première étape d'une choroscopie. Elle revient à ne retenir que les unités de base (les municipios) appartenant à l'ensemble spatial choisi. En quelque sorte, le choroscope opère un «zoom» au sein de la hiérarchie des espaces emboîtés formée par les différentes mailles administratives, politiques ou, plus simplement, statistiques.

Après avoir sélectionné un sous-espace correspondant à un niveau géographique donné, il est désormais possible de poser des questions aux cartes relatives à ce sous-espace. Ceci revient à choisir entre deux procédés : soit la cartographie univariée, qui se rapporte à un seul phénomène mesuré par un seul indicateur statistique, soit la cartographie croisée qui facilite l'étude des relations (plus précisément des co-occurrences) entre plusieurs indicateurs statistiques.

La cartographie univariée répond à des questions qui s'énoncent de la manière suivante : «comment un phénomène donné se distribue-t-il dans l'espace géographique ?».

Il ne s'agit ni plus ni moins que du tracé d'une carte choroplèthe comme en réalisent tous les progiciels de cartographie automatique. En multipliant ce type d'approche sur tous les autres indicateurs statistiques, il devient possible de produire un atlas spécifique à chaque niveau géographique.

En quelque sorte, chaque décideur, en fonction de son aire d'action, peut confectionner les documents qui le concernent. et prendre conscience des traits de répartition majeurs du thème qu'il aborde.

Toujours dans le domaine de la cartographie univariée, le choroscope offre une possibilité supplémentaire qui le distingue des autres progiciels de cartographie.

Avec ce second mode d'interrogation, les questions se formulent de la manière suivante : «Où sont localisées les unités spatiales semblables à telle unité spatiale choisie comme référence ?».

En termes de cartographie classique, cette opération consiste à ne représenter que la classe d'appartenance de l'unité spatiale choisie comme référence. Cette option rend systématique une méthode courante de lecture des cartes thématiques : la séparation des classes. Imaginons (mais il s'agit d'un cas de figure assez courant) que le responsable local d'un organisme de développement agricole cherche à situer et évaluer la production de son propre rayon d'action, en fonction des informations disponibles sur les autres municipios de sa région.

Le choroscope apporte une réponse immédiate et adaptée à cette approche. Les données peuvent être actualisées, chaque année, dès leur publication par l'IBGE. Ne serait-ce pas un progrès par rapport aux volumineux annuaires statistiques, particulièrement rébarbatifs et difficilement utilisables par des personnes non averties?

La question du croisement des cartes apparaît dès qu'un phénomène ne se laisse pas appréhender par un seul indicateur statistique, parce qu'il est complexe et nécessite le recours à plusieurs indicateurs pour être compris. Les techniques d'analyse statistique offrent des outils puissants pour l'étude des relations qui existent entre plusieurs indicateurs. Elles constituent aujourd'hui l'instrumentation de base d'une grande partie de la recherche géographique.

Cependant, il est rare que le public auquel s'adresse le Choroscope puisse sérieusement prétendre analyser directement des données numériques, cela en raison non seulement du temps de formation initiale nécessaire, mais aussi du niveau de pratique requis pour aboutir à des résultats satisfaisants. Il faut donc que le décideur dispose de procédés simples et robustes pour confirmer ou infirmer l'existence de relations.

Ainsi, le concept de «corrélation statistique» se voit remplacé par celui de «cooccurrence géographique» : on cherche à savoir si, lorsqu'un indicateur prend des valeurs élevées, un ou plusieurs autres indicateurs apparaissent systématiquement faibles (ou élevés), ce qui permet de détecter une relation entre eux.

C'est, en quelque sorte, un «dépoussiérage» de l'approche par croisements successifs de plusieurs cartes, que l'ordinateur simplifie, rend plus efficaces et plus sûrs. Evidemment, le scientifique devrait toujours préférer une technique statistique; mais n'est-il pas illusoire de prétendre exiger la

même rigueur méthodologique de la part du décideur ?

Le Choroscope offre deux possibilités de cartographie croisée. En premier lieu, il permet de sélectionner une ou plusieurs classes sur plusieurs indicateurs statistiques et d'en visualiser la combinaison, autrement dit la superposition. C'est donc d'une forme d'«algèbre des cartes» qu'il s'agit ayant comme opérateurs «OU» pour sélectionner les classes, et «ET» pour étudier leur cooccurrence spatiale. Ce procédé est particulièrement bien adapté à l'approche des combinaisons de productions agricoles.

Cette technique d'étude des combinaisons de plusieurs cartes (représentant plusieurs indicateurs statistiques) peut également être transposée à une observation de référence dont les caractéristiques multiples seront recherchées sur toutes les autres unités spatiales du sous-espace choisi initialement: c'est la seconde option de cartographie croisée. Cela revient à poser une question du type «où sont localisées les unités spatiales semblables à une unité donnée, sur plusieurs indicateurs statistiques». La carte obtenue, du même type que la précédente, est, de ce fait, une carte de «ressemblances croisées».

La cartographie croisée proposée par le Choroscope est d'une utilisation plus délicate que la cartographie univariée. Elle exige de l'utilisateur qu'il formule quelques hypothèses d'interprétation des cartes. Bien souvent, les décideurs, gens de terrain, ont une excellente idée des mécanismes de genèse et d'évolution des phénomènes qu'ils tentent de maîtriser.

Le Choroscope est un outil supplémentaire à leur disposition pour confirmer (ou infirmer) leurs raisonnements, souvent a-spatiaux, et les amener à rendre à l'espace géographique le rôle qui lui revient dans la définition des stratégies d'action.

4.4. Perspectives

a) Conforter la place de l'analyse spatiale à l'ORSTOM :

Note: Cette partie de l'exposé doit beaucoup à Gérard Salem.

On apprécie mieux l'importance de la mise sur pied de la nouvelle équipe dénommée «Analyse Spatiale Urbaine et Régionale», dont la place au Département SDU semble naturelle.

Elle regroupe, à l'heure actuelle, trois programmes de recherche très différents sur le plan thématique (Géographie et santé par Gérard Salem, Organisation régionale et différenciation spatiale par

Philippe Waniez, Cartographie statistique et aide à la décision par Louis Arréghini), mais ayant pour principal point commun l'intérêt porté aux formes de différenciation spatiale, à l'appréciation des gradients, des tendances, des seuils et cela tant au niveau urbain que régional.

L'analyse des matrices d'information spatiale présente quelques spécificités importantes. En premier lieu, la cartographie joue un rôle central, mais d'une manière inhabituelle. En effet, on ne cherche pas seulement à localiser avec précision telle ou telle information, mais aussi à identifier des modèles généraux d'organisation spatiale issus de la combinaison de formes élémentaires (aires, axes, flux, gradients, barrières, etc.).

En second lieu, l'accent doit être mis sur la volonté d'examiner prioritairement les composantes les plus générales, pour mettre ultérieurement en évidence des spécificités qui ne peuvent souvent s'expliquer que par le recours à des échelles d'analyse différentes. Dans ce domaine, les progrès sont constants et imposent une mise à jour rapide des connaissances notamment par une dynamique d'équipe dont les principales activités communes sont les suivantes:

Acquisition, application et critiques de l'analyse spatiale.

Les méthodes d'analyse spatiale font largement appel aux procédés mis au point par les statisticiens. Mais leur application à notre champ scientifique particulier ne va pas sans poser de nombreux problèmes.

Ceci justifie qu'un travail d'acquisition et d'évaluation de techniques en progrès constants.

Maîtriser l'informatique, adapter et créer de nouveaux outils.

L'analyse spatiale ne peut être abordée sans recourir à l'informatique. Le temps n'est plus où le chercheur en sciences humaines devait se livrer pieds et poings liés au maître de l'informatique qui appliquait à des données qui ne lui appartenaient pas un algorithme de calcul «à sa façon» et qui «révélaient» le contenu d'une information durement gagnée.

Maîtriser l'outil informatique comprend plusieurs aspects complémentaires. Il nous faut être en mesure d'évaluer, donc de connaître, les différents produits logiciels disponibles sur le marché: on ne peut ignorer le grand nombre de chercheurs qui ne disposent que de moyens de traitement très modestes.

L'accent doit donc être mis sur le développement d'un savoir-faire adapté aux conditions de travail particulières aux géographes de l'ORSTOM et aux collaborations qu'ils entretiennent.

Aujourd'hui, il existe sur micro-ordinateur des logiciels comme SAS qui permettent de réaliser sur de petites machines la plupart des traitements décrits

ici. Sur PC ou Macintosh, tout géographe a maintenant accès à des moyens qui semblaient inaccessibles il y a quelques années.

b) Fronteiras: des marchés mondiaux aux frontières agricoles brésiliennes :

Note: Cette partie de l'exposé doit beaucoup à Hervé Théry et Jean-Pierre Bertrand.

Ce titre est celui d'un projet de constitution d'une équipe de recherche proposé par deux géographes (H. Théry et P. Waniez), et un économiste (J.P. Bertrand). Il s'agit d'un élargissement du travail réalisé par ces chercheurs sur le Brésil qui pourrait s'inscrire dans le cadre des projets du GIP RECLUS n°2.

La réalisation d'une base de données relative aux seuls cerrados, en coopération entre l'ORSTOM et l'EMBRAPA-CPAC de Brasilia a permis d'acquérir une bonne connaissance des sources statistiques brésiliennes et des fichiers disponibles. Il s'agit d'étendre la méthodologie adoptée pour les cerrados, à l'ensemble du Brésil.

Les données disponibles proviennent de plusieurs sources. Dans le cas de ce projet, on privilégiera les enquêtes annuelles de production des cultures et de l'élevage (superficie, volume et valeur de plus de 70 productions). Elles permettent d'observer les principales tendances sur une courte période.

La méthode adoptée pour la collecte de cette information confère à ces données une fiabilité bien plus grande que celle des recensements agricole. Pour appréhender les conditions de la productions (structure des exploitations, modernisation, etc), on sélectionnera les indicateurs les plus solides dans les recensements agricoles de 1980 et 1985. Afin de mieux percevoir les transformations démographique, et en particulier les migrations, on procédera d'abord à l'exploitation du recensement de la population de 1980, en attendant la publication des premiers résultats du recensement de la population de 1990.

Comme pour les cerrados, le niveau géographique le plus fin sera adopté, celui des municipios (3500 environ). La base cartographique est déjà acquise. La numérisation du fond de carte sera une opération assez longue, mais constituera une contribution importante du GIP RECLUS, puisqu'aucun fichier de ce type n'existe au Brésil.

Avec le savoir-faire de la Maison de la géographie en matière de traitement des données et de cartographie statistique, on disposera ainsi d'une bonne base d'échanges avec l'IBGE, le principal producteur de cartes géographiques et de données statistiques du Brésil.

La base de données *Fronteiras* sera en priorité à la disposition des membres de cette équipe de recherche qui y puiseront les matériaux qui seront

utiles à leurs travaux. Une mise à disposition plus large d'une partie de ces données pourra être envisagée sous forme de conventions selon des modalités à préciser.

Des documents de diffusion plus étendue pourront être élaborés, comme par exemple, un observatoire permanent alimenté par un état annuel de la production agricole brésilienne.

Le Brésil ne produisant pas encore ce genre d'atlas informatisé et renouvelé chaque année, on veillera à développer les échanges avec des organismes brésiliens.

Les liens qui unissent l'ORSTOM et l'EMBRAPA (Entreprise Brésilienne de Recherches Agro-Pastorales) depuis de nombreuses années en devraient sortir renforcés.

Sur le plan interne au GIP RECLUS, la base de données *Fronteiras* sera l'un des constituant du projet de base de données «MONDE». Plus précisément, le niveau des communes n'apparaissant pas comme très pertinent au niveau mondial, les données locales seront agrégées au niveau des Etats de la Fédération Brésilienne ainsi qu'à celui des 361 «micro-régions homogènes».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

(1) BRUNET R. - 1985 -

De nouvelles responsabilités pour les géographes. In Espacements III, GIP RECLUS, 127p. .

(2) WANIEZ P. - 1988 -

Base de données pour la recherche géographique: la dynamique spatiale agricole des cerrados au Brésil. ORSTOM, Cahiers des Sciences Humaines, n°3-1988 (collaboration EMBRAPA-CPAC), 23p. .

(3) RACINE J.B., REYMOND H. - 1973 -

L'analyse quantitative en géographie. Paris, PUF, Col. SUP-le géographe, 316p. .

(4) COSINSCHI M., WANIEZ P. - 1989 -

Pratique de l'analyse statistique, SAS sur PC/PS, mini et gros systèmes. Montpellier, GIP RECLUS, Col. RECLUS, Modes d'emploi, n°15, 176 p. .

(5) FENELON J.P. - 1981 -

Qu'est-ce que l'analyse de données. Paris, Lefonen, 311p. .

(6) WANIEZ P. - 1989 -

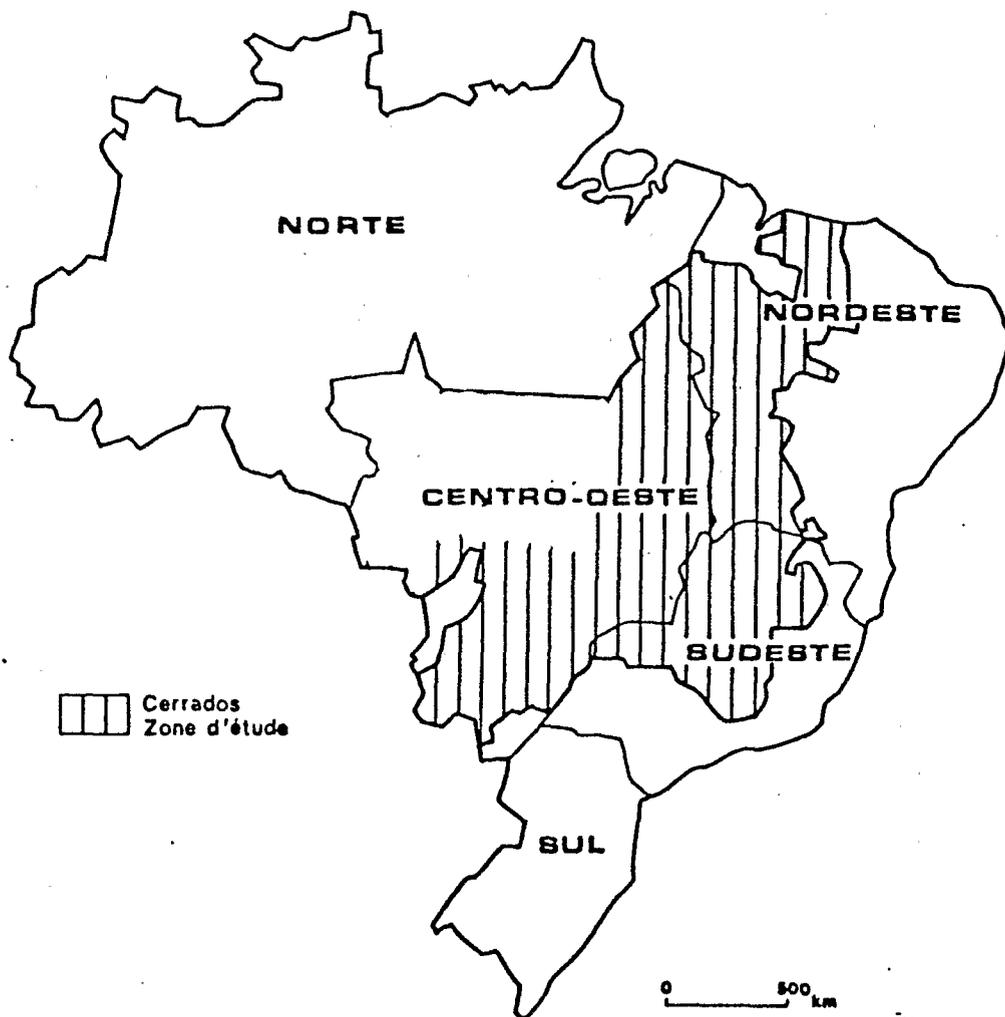
Cartographie sur Macintosh. Paris, Eyrolles, 142 p.

(7) WANIEZ P. - 1986 -

Les données et le territoire, initiation au traitement informatique des données spatialisées. Paris, ORSTOM, Col. IDT, n°67, 119p. Montpellier, GIP RECLUS, 119p. .

(8) WANIEZ P. - 1988 -
Les données et le territoire, initiation à l'analyse en
surfaces de tendances. ORSTOM, Col. IDT, 30p. +
disquette.

(9) WANIEZ P., Dandoy G. - 1988 -
Milieu naturel et productions agricoles: présenta-
tion d'une méthode pour les cerrados du Brésil.
RECLUS, Mappemonde, 1988-4, pp. 14-17.



Carte n°1

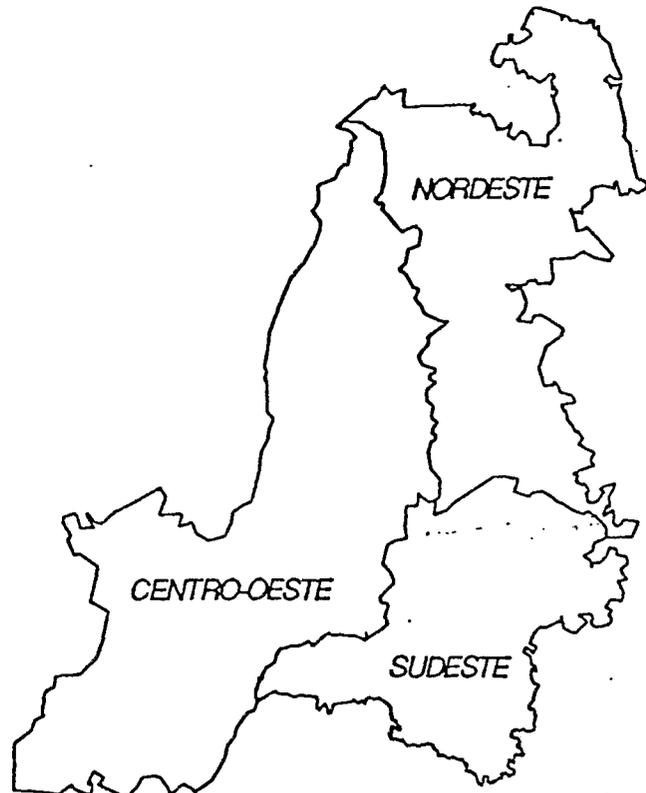
MUNICIPIOS EN 1980



1

BRESIL - CERRADOS - SOURCE : I.B.G.E. - P. WANIEZ

GRANDES REGIONS



2

BRESIL - CERRADOS - SOURCE : I.B.G.E. - P. WANIEZ

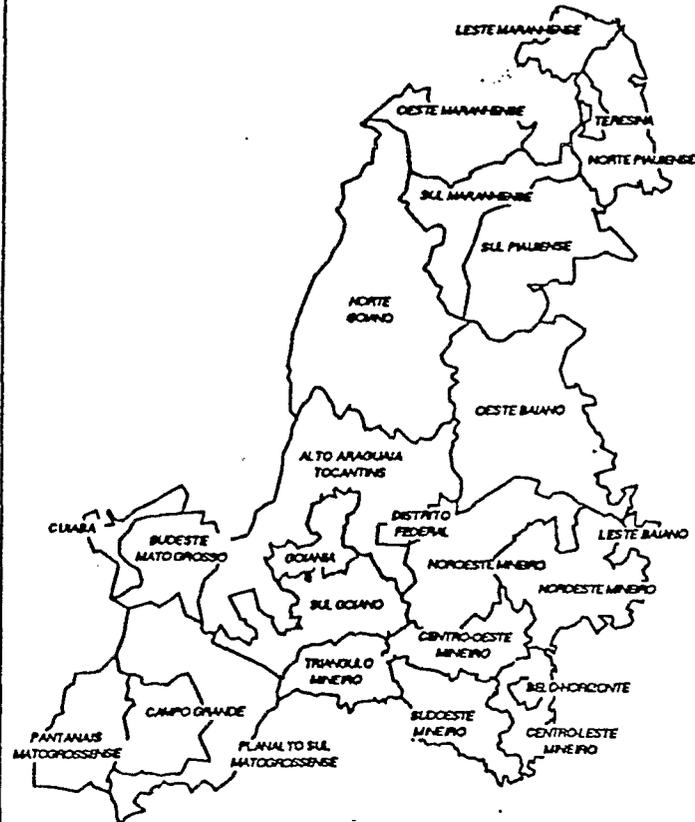
ETATS DE LA FEDERATION



3

BRESIL - CERRADOS - SOURCE : I.B.G.E. - P. WANIEZ

MESO-REGIONS

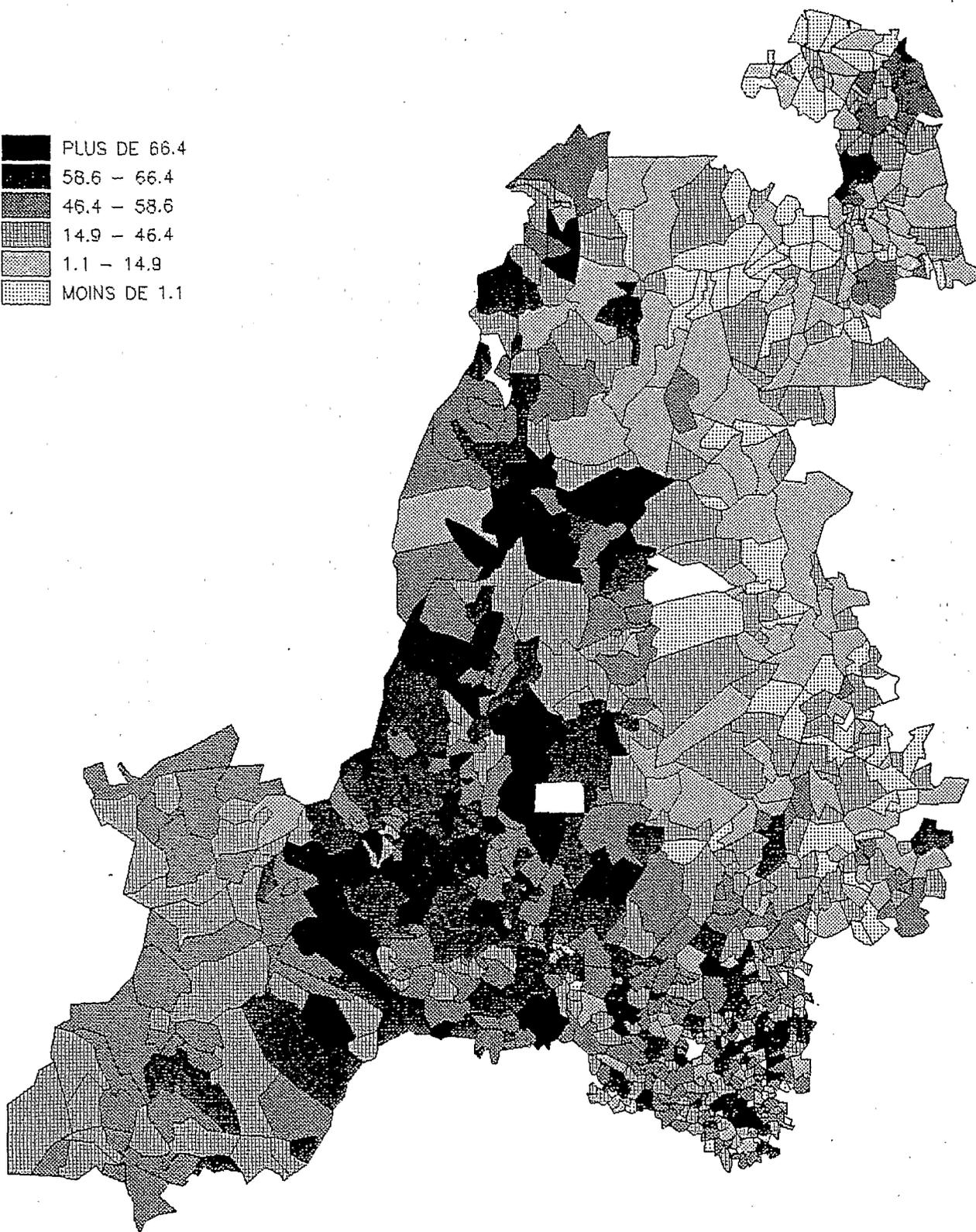
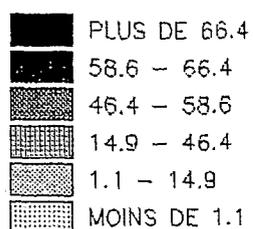


4

BRESIL - CERRADOS - SOURCE : I.B.G.E. - P. WANIEZ

VOTE PMDB – ASSEMBLEIA LEGISLATIVA 1982

NOMBRE DE SUFFRAGES PMDB POUR 100 SUFFRAGES EXPRIMES

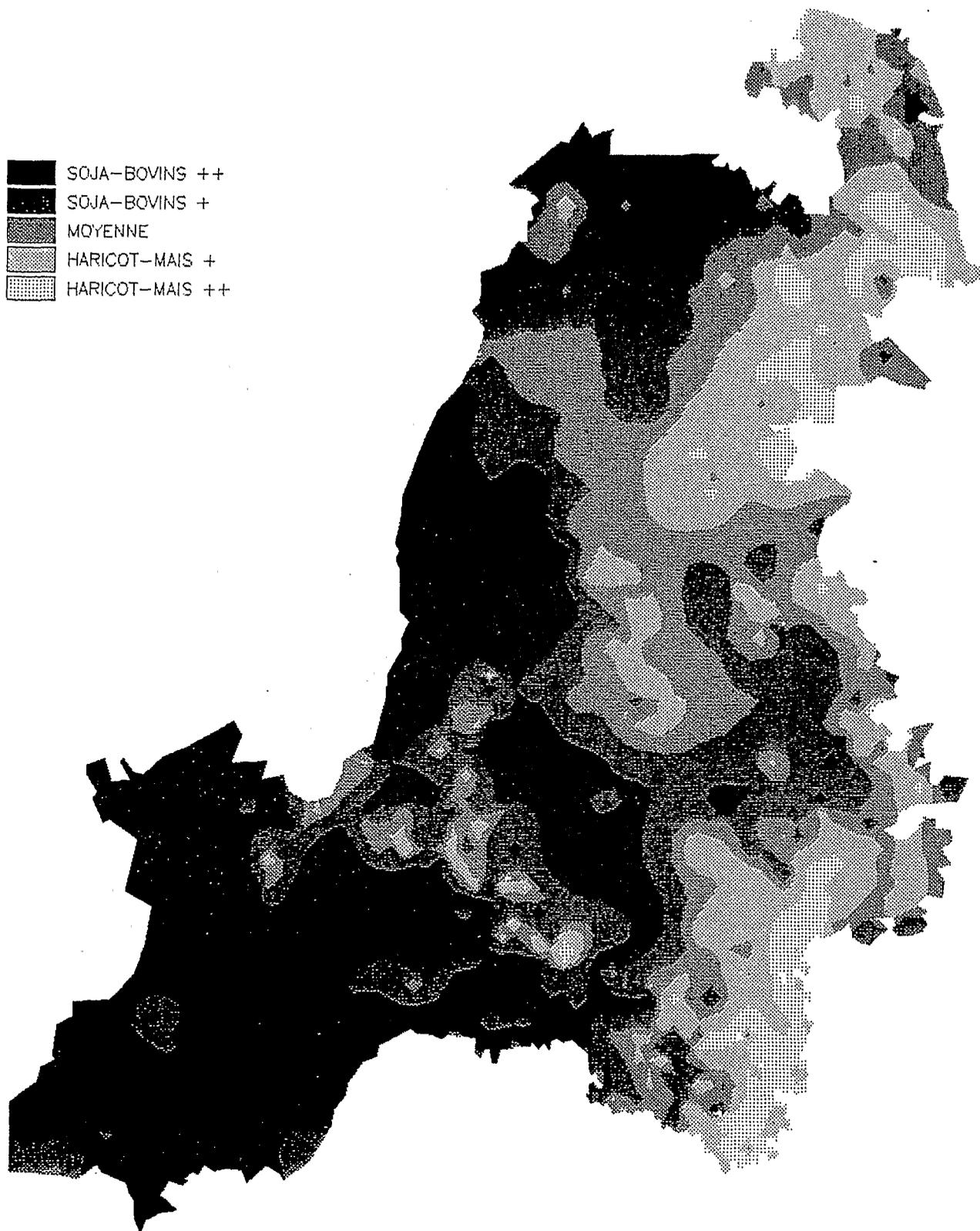


CERRADOS – SOURCE : T.S.E. – P. WANIEZ

Carte n°3

CULTURES ET ELEVAGE 1983-84 FACTEUR N.1

PRODUCTIONS COMMERCIALES DES GRANDS ESPACES/PRODUCTIONS VIVRIERES

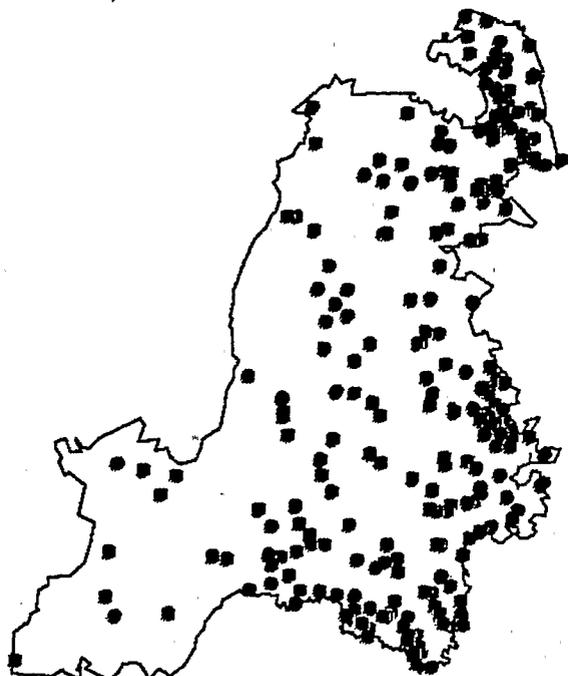


BRESIL - CERRADOS - SOURCE : I.B.G.E. P.A.M. - P. WANIEZ

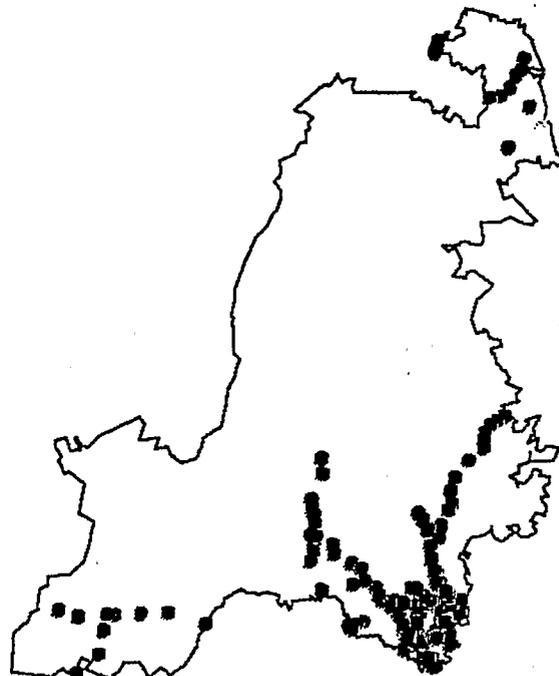
INFRASTRUCTURES DE COMMUNICATION

1986 (ROUTES EXISTANTES EXCLUES)

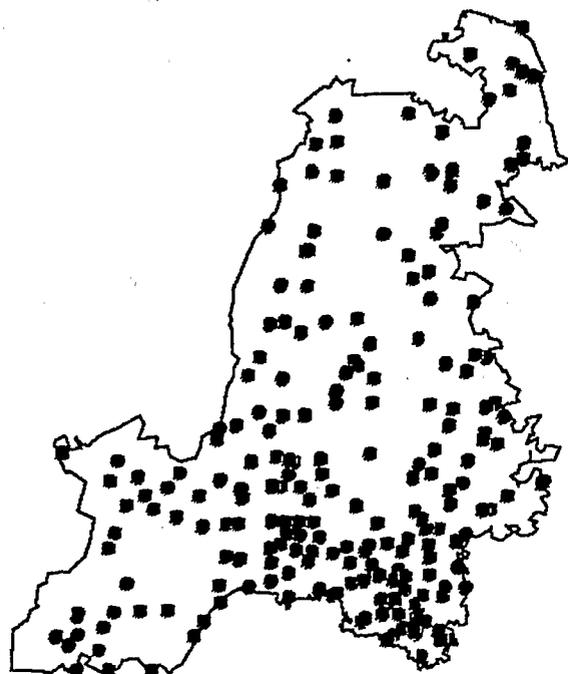
1/ PROJETS ROUTIERS EN 1986



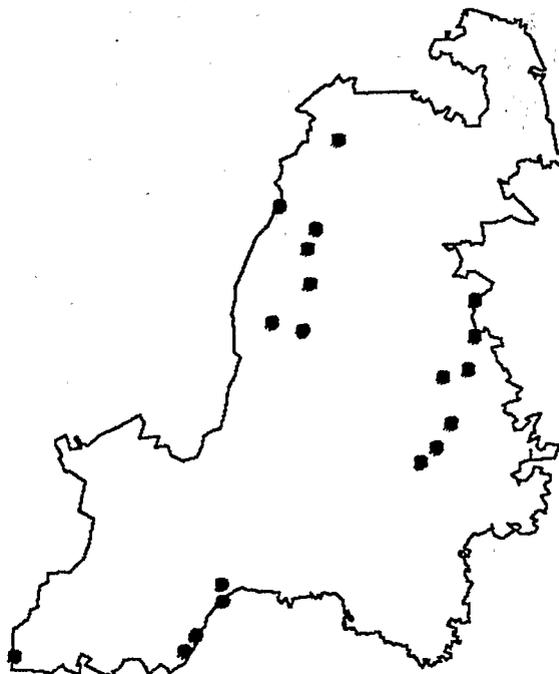
2/ DESSERTE FERROVIAIRE



3/ TERRAINS D'AVIATION

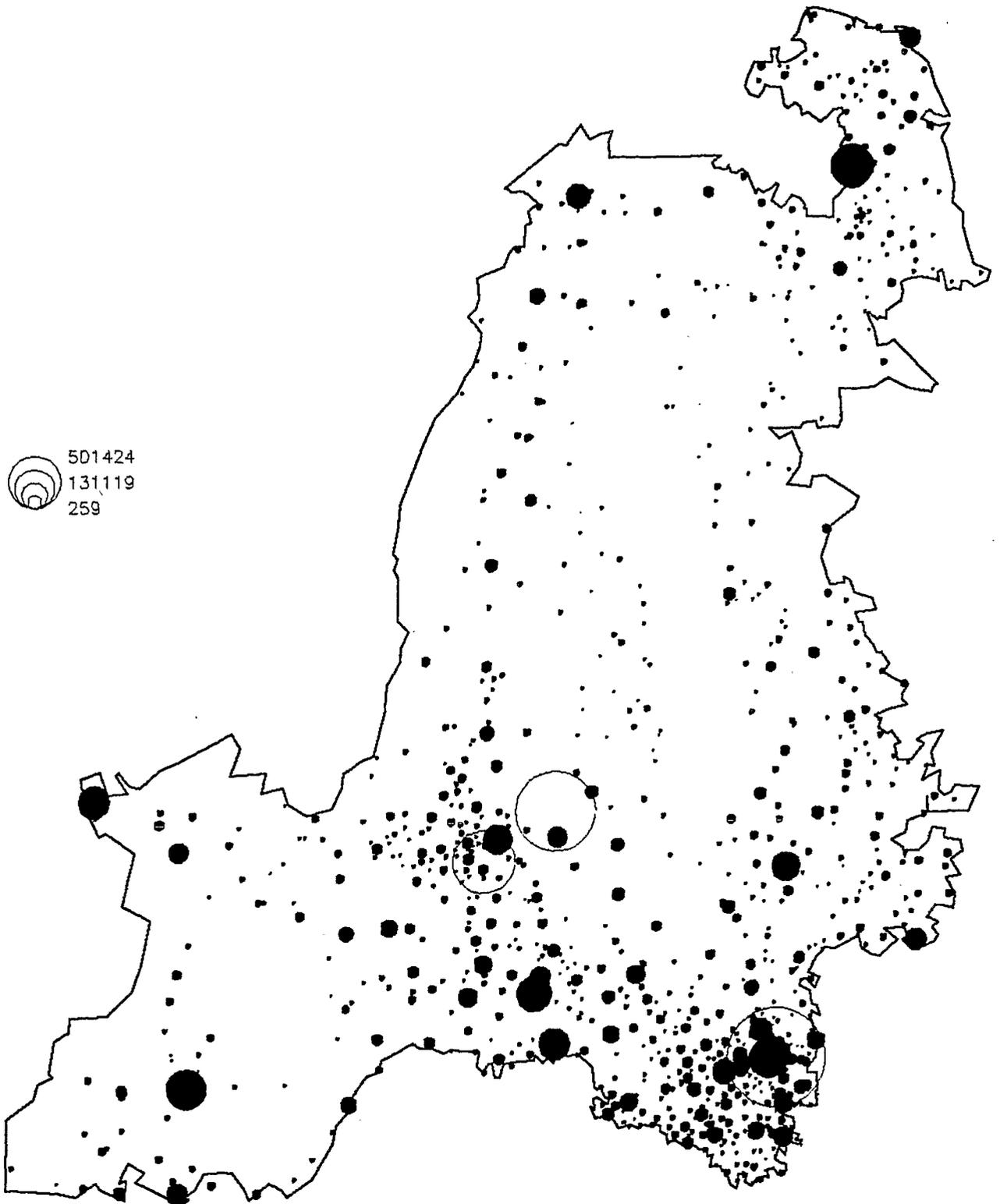


4/ PORTS FLUVIAUX



CERRADOS - SOURCE : D.N.E.R. - P. WANIEZ & G. DANDROY

POPULATION URBAINE EN 1980

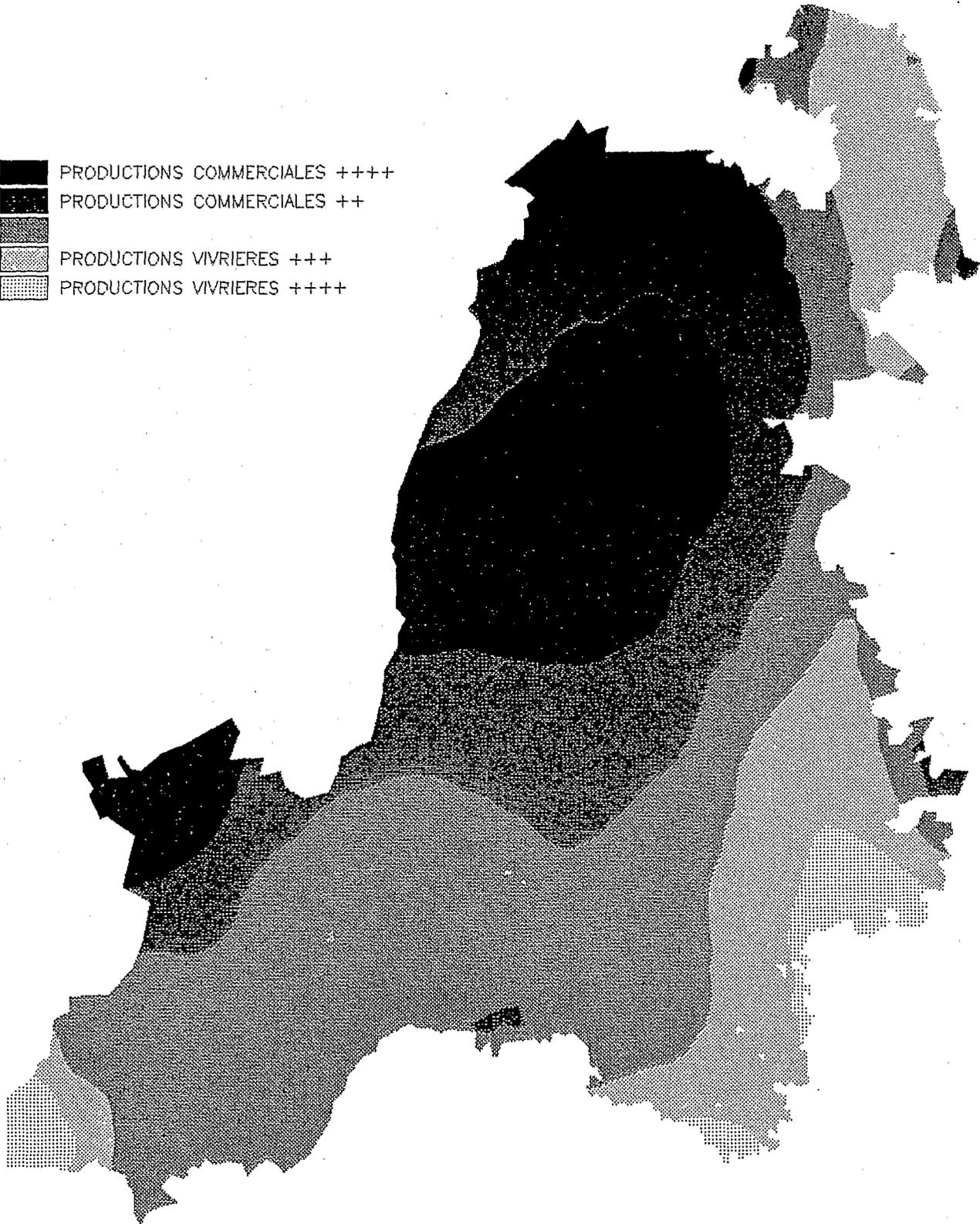


BRESIL - CERRADOS - SOURCE : I.B.G.E. CENSO 1980 - P. WANIEZ

CULTURES ET ELEVAGE 1977-84 FACTEUR N.1

SURFACE DE TENDANCE D'ORDRE 8 (23.2%)

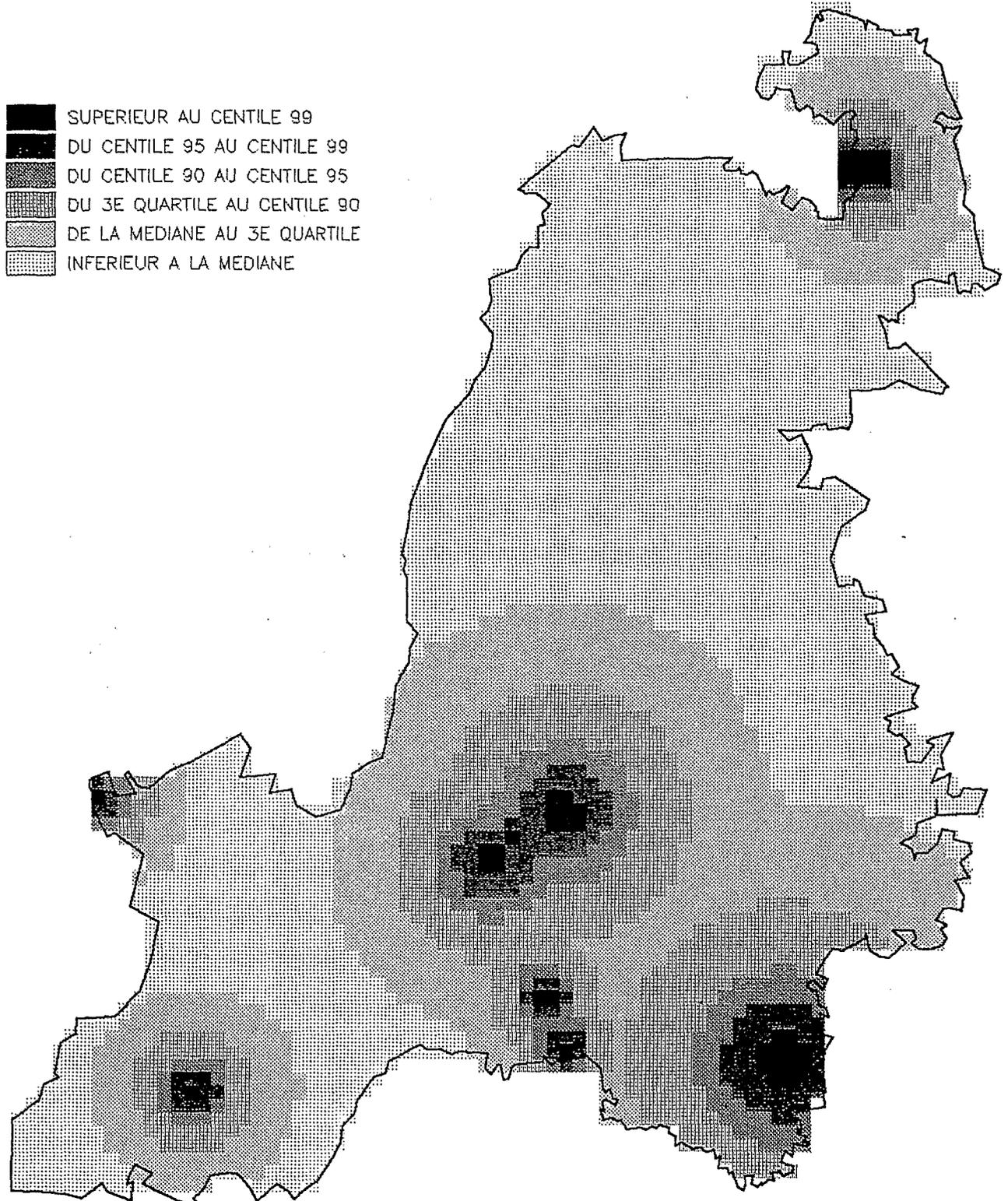
-  PRODUCTIONS COMMERCIALES ++++
-  PRODUCTIONS COMMERCIALES ++
-  PRODUCTIONS VIVRIERES +++
-  PRODUCTIONS VIVRIERES ++++



CERRADOS - SOURCE : I.B.G.E. PAM ET PPM - P. WANIEZ

POPULATION URBAINE – 1980

INFLUENCE DES CENTRES DE NIVEAU=8



CERRADOS-BRESIL-MODELE GRAVITAIRE AVEC EXPOSANT=2

ANNEXES

1. POUR INFORMATION : QUELQUES DEFINITIONS DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Les pages qui précèdent étant destinées à introduire une réflexion plus spécifique sur les systèmes d'information géographique à l'ORSTOM, nous indiquons ci-après quelques-unes des définitions proposées par différents auteurs.

Il faut cependant remarquer qu'aucune d'entre elles ne satisfait l'ensemble des membres du groupe de travail ACMIS.

J. DANGERMOND 1983 (p.7):

De nombreuses professions, au cours des 20 dernières années, ont mis au point des outils informatiques pour stocker, analyser et présenter des données géographiques de manière efficace. Ces efforts ont semble-t-il répondu à des expériences accrues, de la part des utilisateurs qui veulent disposer de données et d'informations localisées. Cette technique en rapide évolution a pris le nom de Système d'informations géographiques, avec des applications variées qui recourent virtuellement toutes les professions.

Le texte de J.Dangermond est accompagné du tableau suivant, que nous reproduisons ici sans modifications.

(Voir Tableau)

A.MANGIN, 1988, p.2:

Les Systèmes d'Information Géographique se présentent comme des systèmes permettant de construire et combiner entre eux différents plans d'information, de reproduire un processus physique en le représentant dans l'espace à l'aide de modèles qui combinent plans d'information et données extraites de bases de données informatiques, et d'éditer les résultats d'établissement de modèles sous forme de carte de synthèse.

Et plus loin:

Un système d'information géographique, d'un point de vue externe, peut-être considéré comme un outil informatique qui combine entre eux, de façon logique, les contenus de plusieurs cartes. Il s'agit en fait de modéliser le processus de raisonnement d'un décideur...

E.DIDON, avec la collaboration de E.MIELLET, A.ROYER et S.SIMON, 1989, p.11:

Avec l'essor de l'informatique est apparu le besoin de numériser l'information géographique et d'en confier la gestion à l'ordinateur. Ainsi sont nés les systèmes d'information géographique (SIG) que l'on peut définir de manière simple comme des systèmes informatiques de traitement d'informations localisées.

Au sens large, le SIG comprend aussi bien l'ensemble des données géographiques numérisées relatives à une application, que le logiciel qui les manipule. Au sens restreint du terme, le SIG désignera le seul outil informatique.

P.WANIEZ, 1990, pp.9-10:

En permettant d'aller plus loin dans l'association des sources d'information variées (télédétection, statistiques, cartes, etc.) par des opérations élémentaires de superposition de cartes, d'analyse des données, de cartographie automatique, de modélisation mathématique ou graphique, les SIG facilitent l'examen des positions respectives des objets dans l'espace (topologie) et des relations entre leurs attributs. Les SIG ne sont donc pas réductibles au seul logiciel qui les gouverne: sous le vocable de Système d'Information Géographique, il faut entendre «ensemble de données localisées dans l'espace géographique, organisées et gérées par un logiciel ad hoc».

0 = important
+ = secondaire

		FONCTIONS DE CARACTERE GENERAL ASSUMES PAR LES S.I.G.						
TÂCHES	Exemples de données	Tenue à jour de Fichiers Géographiques	données sur les opérations et les inventaires	Visualisation graphiques (dessin)	Rapports statistiques	Aménagement	Gestion	Prise de décision
Maîtrise administrative	Levés de limites	0	0					
Exploitation des ressources naturelles	Géophysique, Topo Géologie, Végétation, Sols	0	+			0		
Suivi de la fiscalité et de la propriété	Levés cadastraux Enregistrement	0	0		+			
Utilisation du sol	Autorisations Servitudes					0		
Zonage de l'utilisation du sol	Documents de zonage	0	+			0		
Utilisation du sol Conception des infrastructures Construction	Levés de Génie Civil Données			0		+		
Construction Documents sur les réseaux	Documents d'état des lieux des réseaux Bâtiments etc...	0	0			+		
Améliorations Topométrie	Levés d'utilisation du sol	+	+		0	+	0	0
Inventaires Statistiques	Population Logement Données sanitaires et économiques			+	0	0		0
Surveillance des risques	Statistiques Incendie			+	+	+	0	0
Gestion des ressources naturelles	Données en cours sur les forêts	0	0			0	0	
Surveillance de l'Environnement	Gibier Végétation Air, Sols etc...	0	+		0	0		0

Relations particulières entre tâches et applications des S.I.G.

2. ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE ET OUVRAGES CITES

DANGERMOND J., 1983:

Les systèmes d'informations géographiques, classification des éléments logiciels utilisés habituellement dans les systèmes d'information géographique, Bulletin du Comité Français de Cartographie fascicule 96 n°2, juin 1983, pp.7-20.

GRELOT J.F., 1983:

L'informaticien et le cartographe, Bulletin du Comité Français de Cartographie fascicule 96 n°2, juin 1983, pp.21-22.

DECADE (groupe de travail), 1984:

Cartographie et Développement, Mémento de cartographie à l'usage de la planification et de l'aménagement, La Documentation Française, Paris.

DEVAUGES R., 1984:

Atlas de Brazzaville, ORSTOM Collection Travaux et Documents n°180, 115 p.

DANDOY G. (textes réunis par), 1986:

Traitement des données localisées, l'infographie à l'ORSTOM, ORSTOM, collection Colloques et Séminaires, 304 p.

Et notamment dans ce volume:

DANDOY G. et SOURIS M.:

L'enjeu de l'infographie: éléments de réflexion sur l'infographie et la cartographie assistée par ordi-

nateur pour les géographes de l'ORSTOM, pp.11-28.

SOURIS M.:

Systèmes d'information géographique et bases de données, pp. 29-86.

MANGIN A. 1988:

Enquête sur les systèmes d'information géographique, SCOT-Conseil, multigraphié.

WANIEZ P. et DANDOY G., 1988:

Milieu naturel et agriculture au Brésil, Mappemonde, Reclus, 88/4.

DIDON E. et Al., 1989:

Système d'information géographique et diversification agricole, réalisation d'une maquette sur la région de Pézenas, Hérault, Mémoire de deuxième année ENGREF, Montpellier.

RIMBERT, S. 1989:

G.I.S. ou pas ?, Mappemonde, Reclus, 89/1.

WANIEZ P. 1990:

Système d'information géographique, initiation pratique sur MacIntosh, Eyrolles, Paris, 151 p.

Collectif, 1990:

SEMINFOR 3, Systèmes d'information pour l'environnement, Editions de l'ORSTOM, collection Colloques et Séminaires, Paris, 360 p.