

De la « cartomatique » aux systèmes d'information géographique : méthodes et techniques nouvelles pour l'analyse spatiale

Philippe Waniez

Résumé

Avec la professionnalisation de la micro-informatique, de nombreux logiciels, toujours plus performants et « conviviaux » apparaissent chaque jour sur le marché. Ce mouvement ne laisse de côté ni la « cartomatique », ni les systèmes d'information géographique qui se multiplient au point de laisser le chercheur dans un embarras certain au moment du choix d'un logiciel. Pour contribuer à mieux poser les questions, trois tendances sont illustrées à l'aide de logiciels fonctionnant sur micro-ordinateur Macintosh : le CD ROM support de nouvelles banques de données géographiques, l'Analyse Exploratoire des Données et son association à la cartomatique, les systèmes d'information géographique utilisant la méthode du carroyage.

Abstract

From digital Maps to Geographical Information Systems: new Methods and new Techniques applied to spatial Analysis.

With the widespread adoption of microcomputers for professional use a new range of performing and friendly user software packages are currently being offered. Digital mapping and GIS are also concerned by this evolution which makes it difficult for the scientist to select the adequate software. To help find how best to answer specific needs, three trends are dealt with here: the CD ROM as support for new geographical databases, the Exploratory Data Analysis associated to digital mapping, the GIS procedures using square grid mapping.

Citer ce document / Cite this document :

Waniez Philippe. De la « cartomatique » aux systèmes d'information géographique : méthodes et techniques nouvelles pour l'analyse spatiale. In: Espace, populations, sociétés, 1991-3. Méthodes de cartographie statistique des populations - Statistical population mapping. pp. 505-516;

doi : <https://doi.org/10.3406/espos.1991.1491>

https://www.persee.fr/doc/espos_0755-7809_1991_num_9_3_1491

Fichier pdf généré le 06/05/2018

Philippe WANIEZ

ORSTOM et GIP RECLUS
Maison de la Géographie
17, rue Abbé de l'Épée
34000 Montpellier, France

De la «cartomatique» aux systèmes d'information géographique: méthodes et techniques nouvelles pour l'analyse spatiale

creative
commons
BY:
Persée

Qui pratique l'analyse spatiale, quantitative et modélisatrice, ne peut manquer d'être étonné par l'extraordinaire foisonnement des moyens de traitement des données désormais accessibles au plus grand nombre, grâce, notamment, au développement de la micro-informatique. Il y a une quinzaine d'années seulement, réaliser un tracé «automatique» d'une simple carte, demandait un acharnement certain, tant pour obtenir le financement du coût de calcul que pour rassembler les compétences techniques nécessaires à la mise en œuvre des bibliothèques de programmes. De telles difficultés pouvaient alors justifier (sans pour autant excuser...) la réticence de certains face à une course d'obstacles les conduisant inexorablement soit à se transformer en «pseudo-informaticiens», soit à accepter les exigences de ceux qui savaient faire fonctionner la machine. Aujourd'hui, les difficultés d'ordre strictement informatique ont pratiquement disparu, grâce, en particulier, aux interfaces graphiques: aux commandes «ésotériques» d'antan se sont substituées de simples actions de sélection sur un écran, à l'aide d'une souris. Si l'on ajoute à cela, que le coût d'un micro-ordinateur s'est abaissé au niveau du budget d'un laboratoire universitaire, même modes-

te, il apparaît clairement que l'utilisation de l'informatique n'est plus, en soi, un privilège réservé à la recherche «haut de gamme».

Cependant, les obstacles liés à l'informatique ont fait place à de nouvelles difficultés que l'on peut regrouper en deux catégories. D'une part, l'infographie, c'est-à-dire l'ensemble des techniques informatiques graphiques, connaît un succès considérable, lié en grande partie à la publication assistée par ordinateur (PAO); ces techniques évoluant rapidement, il devient de plus en plus difficile de suivre un mouvement dont les répercussions se font sentir également dans le domaine du dessin (et donc de la cartographie) affublé, lui aussi, du qualificatif «assisté par ordinateur» (DAO). D'autre part, concurrence oblige, les concepteurs de logiciels se sont attachés à occuper des segments du marché de plus en plus étroits, en proposant des produits qui, tout en demeurant très «conviviaux», exigent un renouvellement approfondi des méthodes d'analyse pour être utilisés à pleine puissance. Née de l'automatisation de la cartographie thématique, la «cartomatique» n'est plus cette **cartographie automatique** facilitant la réalisation de collections de cartes, mais se présente comme un véritable corpus méthodologique lié à la statistique, à l'Analyse des

Données et à la modélisation. De ce fait, la cartomatique apparaît de moins en moins comme le moyen de «mettre à plat» les données. Son rôle consiste maintenant à introduire un peu de géographie dans les résultats des analyses statistiques qui ne prennent que rarement en compte les caractéristiques particulières aux unités spatiales: formes, dimensions, positions relatives, etc. Tout le parti que l'on peut espérer tirer de la cartomatique est abondamment illustré dans *La carte Mode d'Emploi* (R. Brunet, 1987).

Plus encore que la cartomatique, les systèmes d'information géographiques (SIG) constituent les témoins les plus visibles du renouvellement en cours des méthodes de la géographie. Outils de gestion territoriale et de planification, les SIG s'adressent en priorité aux corps de métiers liés à l'aménagement de l'espace urbain, rural ou régional. En simplifiant l'association de sources d'information variées (cartes, statistiques, images satellitaires, enquêtes, etc.), les SIG facilitent l'examen des positions relatives des objets dans l'espace (topologie) et des relations qu'entretiennent leurs attributs. Sans représenter une alternative à la cartomatique, les SIG ouvrent de nouvelles perspectives, et cela malgré une certaine lourdeur de mise en pratique. La littérature en français sur le sujet demeure encore assez rare; *Systèmes d'information géographique, des concepts aux réa-*

lisations (H. Pornon, 1990) propose une bonne introduction.

La convergence de la baisse des coûts des matériels et des logiciels avec le renouvellement des méthodes d'analyse spatiale crée une situation favorable pour la discipline géographique. Au cours du «Grand Colloque de Prospective: La géographie, situer, évaluer, modéliser» organisé pour le Ministère de la Recherche par le GIP RECLUS, à Paris, les 12 et 13 décembre 1990, l'importance proprement stratégique de l'information géographique a maintes fois été soulignée. Un important effort d'information et de formation des chercheurs apparaît indispensable. Le présent article s'inscrit dans cette perspective: il s'agit moins de faire une description précise des nombreux logiciels utiles à l'analyse spatiale, que de souligner les tendances actuelles de la technologie en ce domaine. On n'a donc pas cherché à être exhaustif, ni à couvrir l'ensemble des matériels disponibles sur le marché, objectif par ailleurs impossible à atteindre dans le volume nécessairement réduit d'un article destiné à une revue scientifique. Compte tenu de ses grandes qualités graphiques, de son relativement faible coût et de son avance réelle sur le plan ergonomique, la gamme Macintosh d'Apple constitue un bon support de présentation de l'évolution des logiciels et des méthodes.

1. NOUVELLES BANQUES DE DONNÉES ET CD-ROM

Qui, parmi les géographes ou les démographes, n'a jamais rêvé d'un accès facile (sur support informatique) à l'ensemble des données censitaires disponibles pour chacune des quelque 36 000 communes françaises? Avec le CD-ROM «CD Atlas de France», réalisé et édité par le GIP RECLUS, la société ARGO INFOGRAPHIE (par ailleurs créatrice du fameux logiciel Cartographie-2D), et les Editions Chadwyck-Healy France, le rêve est devenu réalité.

D'apparence et de technologie semblable à un «Compact Disc» audio, le CD-ROM (*Compact Disc, Read Only Memory*) constitue une gigantesque mémoire (environ 550 millions d'octets, soit près de 700 disquettes), ineffaçable et non modifiable, d'où son

appellation de mémoire accessible en lecture seulement. Pour l'utiliser, il faut disposer d'un lecteur pouvant être connecté sur le micro-ordinateur disponible (et de son programme de pilotage nommé *driver*), et surtout, d'un logiciel d'interrogation. Pour 7500 francs, «CD Atlas de France» fournit les données et le logiciel d'interrogation (nommé Jason sur Macintosh et Ariane sur PC et compatibles). Le lecteur de CD-ROM et son *driver* doivent être achetés chez un fournisseur de matériel informatique ou directement chez Chadwyck-Healy France (6000 francs environ).

Le fonctionnement du CD-ROM «Atlas de France» est extrêmement simple: un double clic lance l'application qui affiche quatre

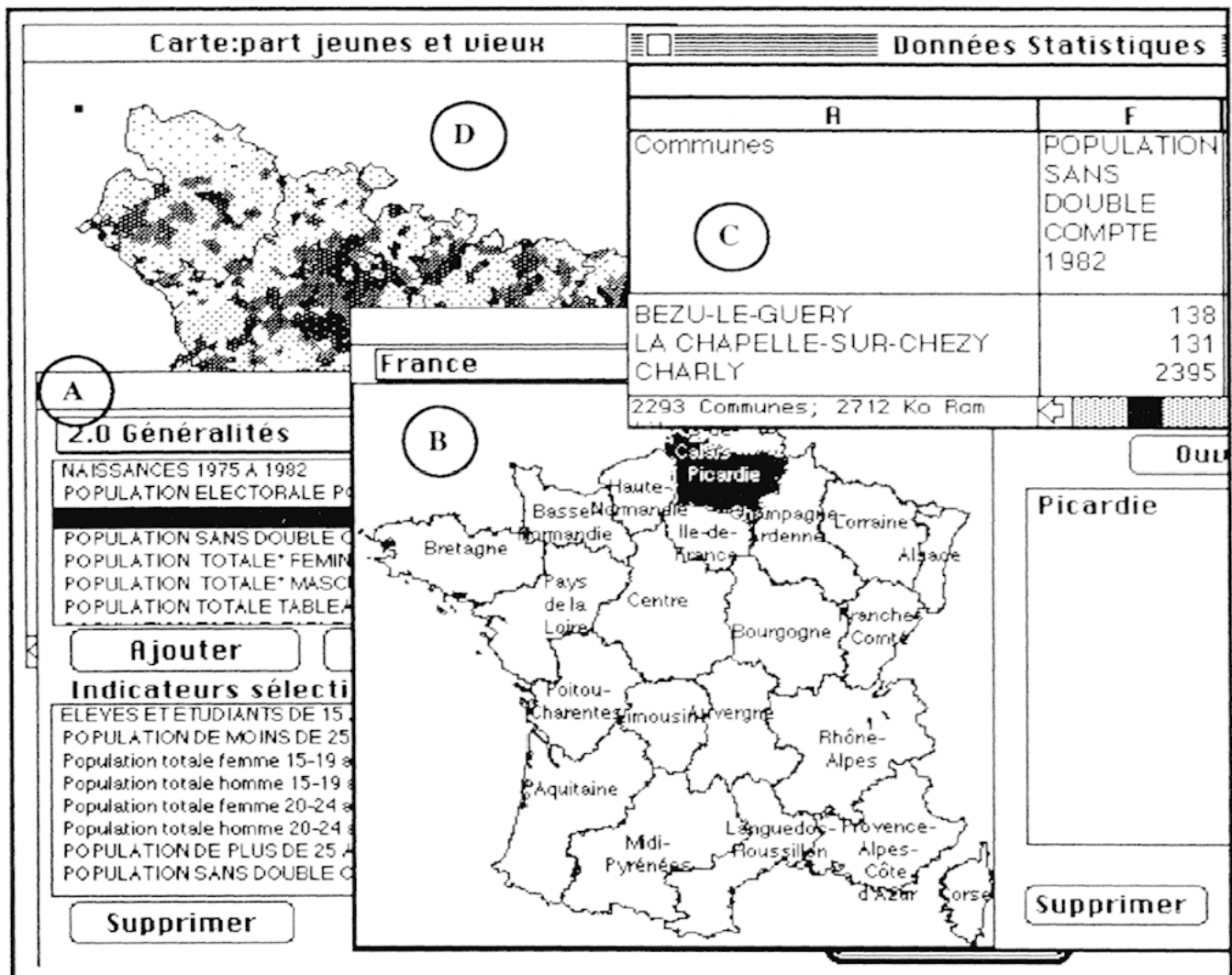


Figure n° 1. Les 4 fenêtres de Jason, le logiciel d'interrogation du «CD Atlas de France».

fenêtres: sélection statistique, sélection géographique, données statistiques et cartographie.

La fenêtre «sélection statistique» (figure n°1 A) permet de choisir les données dans l'immense banque comprenant de larges extraits du Recensement Général de la Population de 1982, de la BD COM de 1982, et de l'Inventaire Communal de 1988, l'ensemble des données départementales des livres *La France qui vote* (F. Bon, J.P. Cheylan, 1988) et *L'invention de la France* (H. Le Bras, E. Todd, 1981), ainsi que la base de données électorales du Parti Communiste Français. Le plan de classement retenu, en quatre niveaux, simplifie l'accès aux informations: domaines (les Français, l'économie, le territoire, la politique, le passé, la base électorale du PCF), chapitres (correspondant à ceux de l'Atlas de France réalisé par le GIP RECLUS), points et variables.

La fenêtre «sélection géographique» (figure n°1 B) permet, par zooms successifs sur les différents niveaux de la maille administrative française (région, département, arrondissement, canton, commune) de choisir le domaine d'étude. Une sélection peut être formée d'une série d'entités géographiques à un niveau donné (régions, départements, etc.), mais aussi, et cela n'est pas le moindre mérite de Jason, d'un assemblage de niveaux (un arrondissement et les cantons limitrophes). De cette manière, la sélection géographique correspond précisément aux souhaits de l'utilisateur.

Le tableur (figure n°1 C) contient l'ensemble des variables choisies dans la fenêtre sélection statistique pour l'ensemble des unités spatiales retenues dans la sélection géographique. Cette fenêtre permet des transformations (rapports, taux de variation, etc.) préalables au tracé d'une carte. Il s'agit donc

d'indicateurs statistiques simples; les traitements plus sophistiqués nécessitent l'exportation du contenu du tableur vers un logiciel d'analyse statistique, exportation que Jason réalise en format Texte ou Cartographie-2D.

Enfin, la fenêtre cartographique (figure n°1 D) assure l'affichage des cartes souhaitées, en symboles proportionnels pour les quantités, en trames ou couleurs pour les rapports. On y réalise directement l'habillage final: suppression du tracé des limites des unités spatiales ou surimposition des limites d'un autre niveau géographique (limites des cantons tracées sur une carte communale par exemple). Lorsqu'un habillage est considéré comme satisfaisant, il peut servir de «feuille de style», à la manière du traitement de texte Word: toutes les cartes réalisées ultérieurement présenteront la même facture finale. Les tracés successifs s'empilent en mémoire

ce qui autorise leur réaffichage immédiat: on obtient ainsi une sorte de bibliothèque de cartes propres à l'utilisateur. De plus, les cartes peuvent être exportées en format PICT vers un logiciel de dessin, en format Cartographie-2D, ou en format Texte pour le fond de carte numérique.

Sans grande ambition sur le plan des traitements statistiques (l'exportation vers les «statisticiens» se fait très simplement), le CD-ROM «CD Atlas de France» constitue une véritable «mine d'information» non-seulement pour les enseignants-chercheurs, mais aussi pour les responsables des collectivités locales ou des services d'études de marchés. Il y puiseront les données actuellement disponibles qui seront ultérieurement mises à jour avec un CD n°2 (contenant notamment le RPG de 1990, après accord avec l'INSEE).

2. ANALYSE EXPLORATOIRE DES DONNÉES ET CARTOMATIQUE

En 1988, Cartographie-2D et MapMaker ont marqué un important tournant dans le développement de l'instrumentation géographique. Pour la première fois, on disposait de logiciels intégrant les trois fonctions indispensables à la réalisation de cartes statistiques de qualité:

- enregistrement des fonds de cartes,
- saisie des données et calculs élémentaires,
- tracé des cartes et habillage final.

Cartographie sur Macintosh (P. Waniez, 1989), propose une évaluation de ces deux logiciels qui demeurent, dans leur version la plus récente (1.2 pour Cartographie-2D et 4.0 pour MapMaker) ce qui se fait de mieux dans la spécialité. En effet, de nombreuses améliorations ont été apportées, en particulier sur la simplification de l'enregistrement des fonds de carte, sur la qualité graphique des sorties ou la communication avec d'autres logiciels de dessin. On ne peut donc que recommander l'utilisation de Cartographie-2D ou de MapMaker (avec un léger avantage pour le premier, en raison principalement de sa documentation en langue française et de sa capacité à traiter des unités spatiales aréales, ponctuelles et linéaires, alors que MapMaker connaît seulement les deux premiers types).

Mais la qualité des logiciels, ne doit pas masquer une relative pauvreté sur le plan conceptuel et méthodologique, pauvreté qui se traduit par un perfectionnement des logiciels, sans véritable innovation. Qui plus est, la facilité de réalisation de collections de cartes a parfois conduit à un retour en arrière par rapport aux progrès réalisés dans les années 1970-80, lorsque les géographes se sont approprié les méthodes d'analyse statistique multivariée, analyses factorielles et classifications automatiques (*L'analyse spatiale en géographie humaine*, J.B. Racine, H. Reymond, 1973, demeure le meilleur ouvrage introductif à ces méthodes en géographie). L'apparition de nouveaux moyens techniques ne provoque pas, *ipso facto*, une transformation des pratiques scientifiques.

Pourtant, le couple formé par l'analyse statistique (uni-, bi- ou multivariée) et la cartomatique semble lui-même en pleine transformation, sous l'émergence de l'Analyse Exploratoire des Données, en anglais *Exploratory Data Analysis (EDA)*. Cette méthode insiste sur l'inadaptation des hypothèses sous-jacentes à la statistique classique, hypothèses souvent trop fortes au regard de la complexité des univers analysés. Elle cherche, de plus, à prendre en compte les

anomalies ou les cas extrêmes, trop souvent considérés comme aberrants, car s'ajustant mal aux «lois» statistiques. L'approche exploratoire conduit à «radiographier les données», à chercher ce qui se passe dans les chiffres, sans *a priori*. J. Tukey (de l'Université de Princeton et des Laboratoires AT&T Bell) propose même d'adopter les règles d'un détective qui examine la scène d'un crime: garder l'esprit ouvert, chercher, un indice après l'autre, les vérités enfouies sous la masse des données et isoler un problème qui, par la suite, se traitera par des méthodes moins intuitives. En utilisant de manière

extensive les représentations graphiques, en associant souvent plusieurs modes de représentation des données, en effectuant un retour constant aux tableaux d'origine, en regardant les données selon des perspectives variées, on maîtrise mieux les relations entre les variables et l'on reconnaît plus facilement les groupes d'observations. *L'analyse exploratoire des données* (P. Waniez, 1991) présente ces diverses méthodes, tout en expliquant comment les mettre en pratique à l'aide de quatre logiciels pour Macintosh, Systat, DataDesk, JMP et MacSpin.

DATADESK ET CARTOGRAPHIE-2D: DE L'EXPLORATION STATISTIQUE À L'EXPLORATION CARTOGRAPHIQUE

Sans limiter l'Analyse Exploratoire à une simple observation de graphique, son principal apport réside néanmoins dans la recherche de formes récurrentes sur les graphiques bi- ou trivariés, formes qu'il faut s'efforcer de reconnaître.

En les classant de la moins intéressante à la plus intéressante, on peut distinguer:

Les nuages de points en forme de disque ou d'ellipse peu allongée correspondant à une distribution normale. Très importantes en statistique inférentielle, car elles correspondent à certaines conditions d'échantillonnage, les distributions normales sont les moins intéressantes en analyse exploratoire.

Les alignements de points sont d'un plus grand intérêt. En effet, ils expriment l'existence de tendances, de relations entre les variables.

Les groupes de points séparés nettement les uns des autres traduisent l'existence de populations différentes au sein du même tableau de données. Dans un tel cas de figure, il apparaît souvent préférable d'isoler chaque groupe d'individus pour les examiner séparément.

Les surfaces minces traduisent l'existence de combinaisons de variables qui interagissent sur une autre variable. Cette configuration correspond à la régression multiple de la statistique «classique».

Les observations exceptionnelles, qui n'entrent pas dans les formes décrites ci-dessus doivent toujours faire l'objet d'un

examen particulier. Il peut s'agir d'erreurs de saisie, mais si cela n'est pas le cas, on doit s'interroger sur ces exceptions.

Enfin, d'autres formes plus complexes apparaissent quelquefois. Elles prennent divers noms comme celui de «bâtons», d'«aile d'oiseau» ou du «lapin à oreille molle».

DataDesk permet notamment de rechercher ces formes à l'aide d'un type particulier de graphique tridimensionnel nommé «Toupie» (en anglais *Spin Top*). Il s'agit d'un graphique tridimensionnel où chaque dimension représente une variable. Ce graphique peut tourner alternativement autour de l'un de ses trois axes permettant ainsi de l'examiner sous divers angles afin d'y découvrir l'une des formes évoquées ci-dessus.

Pour illustrer cette technique, une toupie a été construite à l'aide de trois indicateurs statistiques, issus du recensement de 1980, relevés sur les 27 Etats de la Fédération Brésilienne: le pourcentage de la population de race blanche dans la population totale (nommé BLANCS sur le graphique), le PIB par habitant (PIB) et le taux d'immigration (IMMIG). L'opération consiste à découvrir des regroupements d'Etats, en animant le graphique d'un mouvement de rotation, puis en le figeant à chaque fois qu'un groupe semble faire son apparition.

En position initiale, le système d'axes est centré sur la moyenne arithmétique (figure n°2 A) et figure le plan BLANCS *versus* PIB. Deux ensembles s'individualisent: dans la partie inférieure droite sont agglomérés tous

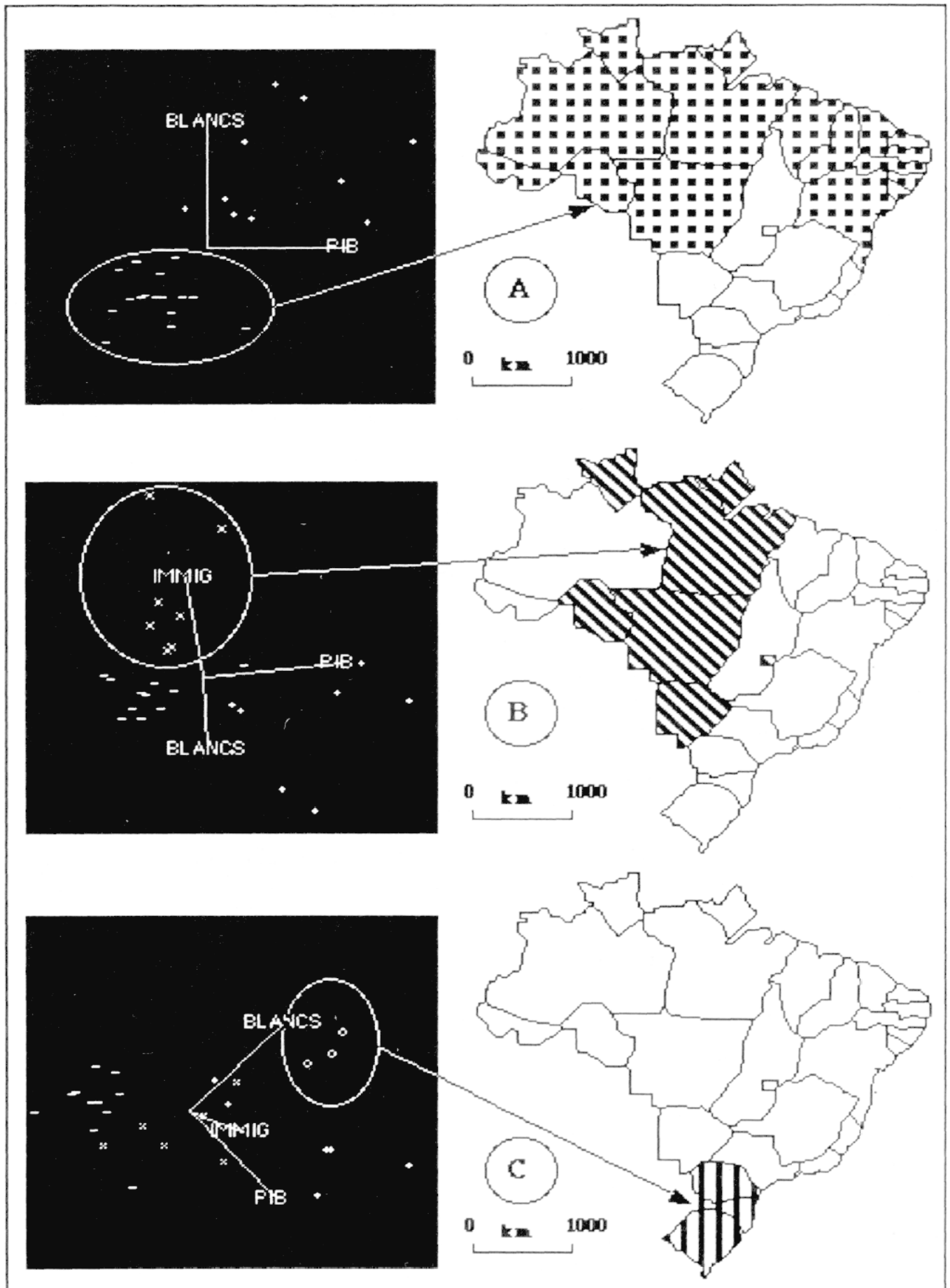


Figure n° 2. Utilisation de la toupie et cartes associées. A: position initiale, B: après une première série de rotations, C: après une seconde série de rotations. Graphiques réalisés à l'aide de DataDesk 3.0 et cartes tracées par Cartographie-2D 1.2. Sources: données statistiques de 1980 diffusées par l'Institut Brésilien de Géographie et de Statistique (IBGE).

les Etats qui présentent des PIB par habitant et des proportions de Blancs inférieurs à la moyenne. En les marquant du symbole distinctif -, on procède à une première partition qui peut directement être exportée, par un simple copier/coller, dans le tableur de Cartographie-2D (les Etats membres du groupe - prennent la valeur 1, et les autres Etats, la valeur 0). La carte obtenue présente une nette dissymétrie entre les Etats des régions *Norte* et *Nordeste*, et le reste du pays.

Pour étudier l'influence de l'immigration sur la régionalisation du Brésil, on procède alors à une première série de rotations du nuage de points (figure n°2 B); celle-ci se fait après effacement des axes. Un regroupement d'Etats se dessine marqué du symbole X. Après restitution du système d'axes, ce groupe figure dans la partie supérieure de l'axe IMMIG: les Etats concernés présentent donc un taux d'immigration supérieur à la moyenne. Après un nouveau copier/coller dans son tableur, Cartographie-2 trace une carte sur laquelle s'individualisent les Etats de la région *Centro-Oeste* (Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rondonia, Distrito Federal) et d'une partie de la région *Norte* (Para, Amapa et Roraima). Il s'agit des principaux espaces de «frontière» (H. Théry, 1990) qui, par leur potentiel réel ou supposé, attirent à la fois les firmes industrielles et agro-alimentaires, nationales ou multinationales, et les laissés pour compte du *Nordeste* ou du *Sudeste*. Enfin, une autre série de rotations de la tou-

pie (figure n°2 C) permet d'isoler un groupe formé par les Etats de la région Sul (Parana, Santa Catarina, Rio Grande do Sul) caractérisés par une surreprésentation de la race blanche dans la population totale. De fait, il s'agit des espaces d'immigration européenne (Italie et Allemagne, principalement) de la fin du siècle dernier et du début du XXème siècle.

Il y a naturellement une très grande parenté entre la recherche de groupes dans le nuage de points tridimensionnel de la toupie, et une approche plus systématique par la classification automatique, précédée ou non d'une décomposition en facteurs (par l'analyse en composantes principales ou l'analyse factorielle des correspondances). L'analyse exploratoire n'exclut aucunement le recours ultérieur à l'une de ces techniques; mais l'observation directe et préalable des données au travers de la toupie assurera sans doute une interprétation plus fidèle des «sorties» produites par ces techniques. On peut regretter que la cartographie ne soit pas incluse dans DataDesk (ou que les concepteurs de Cartographie-2D n'aient pas jugé utile d'introduire l'analyse exploratoire dans leur logiciel) car cela rendrait l'exploration encore plus efficace. Néanmoins, en l'état, le couple DataDesk-Cartographie-2D renouvelle l'instrumentation de l'analyse spatiale, par l'introduction de nouveaux outils conduisant le chercheur à mieux observer ses données avant de les soumettre à des techniques plus «mathématisées».

3. LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Une bonne idée pour s'initier aux systèmes d'information géographique consiste à se procurer la pile hypercard GIST (pour *Geographical Information System Tutorial*) réalisée par le Département de Géographie du Birkbeck College de Londres. Ce système très simple à utiliser, s'insérera avec bonheur dans tout enseignement élémentaire sur les SIG. Il s'agit d'un ensemble de fiches organisées en 4 parties:

Un parcours initiatique en 8 étapes: acquisition des données cartographiques, correction, structuration, conversion des formats d'en-

gistement, projections, interrogation des bases de données cartographiques, représentation des surfaces et des réseaux, mise en relation des informations;

Un répertoire des logiciels disponibles sur le marché pour tous les types d'ordinateurs comprenant: le nom et l'adresse du fabricant, la description des principales fonctions, la méthode d'enregistrement des données (carroyage ou vecteur), ordinateur et système d'exploitation;

Une encyclopédie illustrée des concepts usuels dans les SIG;

Une bibliographie spécialisée.

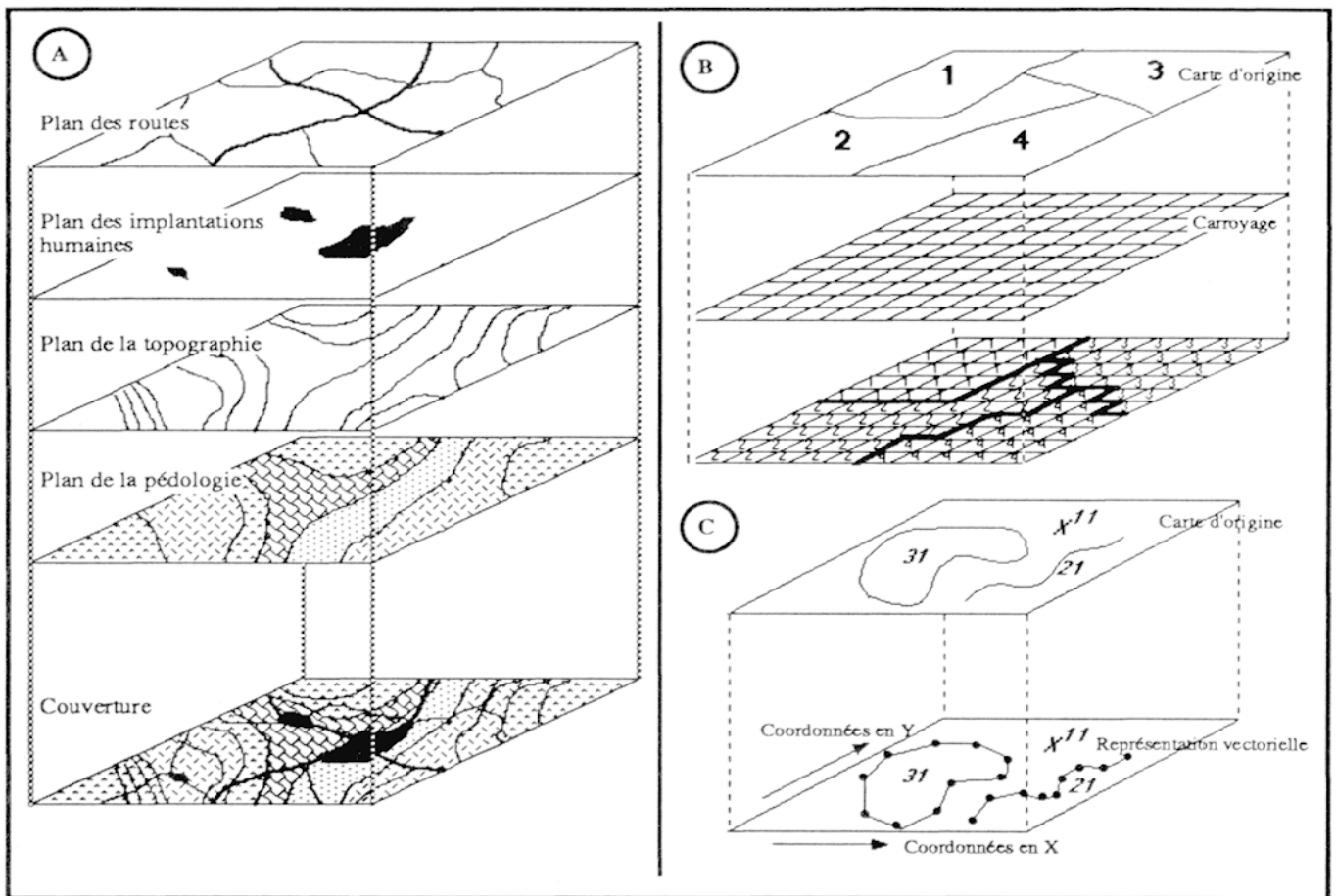


Figure n° 3. Principe des SIG. A: décomposition d'une couverture en plans d'information. Types d'enregistrements des données dans un SIG. B: méthode du carroyage. C: méthode des vecteurs (d'après le GIST).

Dans un système d'information géographique, les données sont décomposées en trois ensembles distincts:

Les couvertures délimitent des portions d'espace auxquelles se rapportent les données.

Souvent, ces couvertures sont délimitées par les coupures des cartes topographiques: pour un espace donné, il peut donc y avoir plusieurs couvertures à analyser simultanément;

Les plans d'information renferment, pour chaque couverture, l'information proprement géographique, routes, établissements humains, topographie, etc. (figure n°3 A). D'un point de vue thématique, chaque plan est homogène car il n'a trait qu'à un seul type d'objet géographique: le plan des routes contient les routes, et elles seules. Par contre, comme chaque objet est parfaitement localisé et dessiné, tous les plans demeurent en parfaite correspondance et peuvent être recombinaison ultérieurement.

La base de données relationnelle se compose d'une ou plusieurs fiches décrivant les caractéristiques

qualitatives (type de construction, composition des ménages, etc.) ou quantitatives (analyse de sol, âge de chaque habitant, etc.) de chaque objet d'un plan d'information.

Le GIST explique qu'il existe deux types de stockage des données cartographiques dans le système:

Avec les SIG basés sur la méthode du carroyage (en anglais *raster*), les informations sont capturées par une maille carrée (figure n°3 B); chaque carreau se voit affecter une valeur qui exprime soit la présence absence d'un type d'objet (une route traverse ce carreau ou ne la traverse pas), soit une qualité (un type d'utilisation du sol), soit une valeur (altitude ou hauteur de précipitation, valeur sur un canal d'une image SPOT). Ce mode d'enregistrement des données présente l'avantage d'être relativement peu onéreux et assez facile à mettre en œuvre; il se prête facilement au calcul des distances, de gradients, de modèles, et à la mise en relation d'images satellitaires avec d'autres données.

Mais il présente l'inconvénient d'être relativement encombrant sur disque et, surtout, de ne pas conserver «l'intégrité» des objets: une maison sera représentée par un ensemble de carreaux conjoints et de même valeur. Dans ce cas, la base de données est confondue avec les plans d'information puisque chaque carreau possède sa propre valeur.

Les SIG vectoriels, en comparaison avec les précédents, présentent l'avantage de ne pas perdre l'information originale. Cela se fait par la numérisation précise de chaque objet,

c'est-à-dire sa transformation en une séquence des coordonnées (figure n°3 C). On définit ainsi des objets ponctuels (représentés par une seule coordonnée), des objets linéaires (dont les coordonnées initiale et finale sont différentes) et des objets polygonaux (présentant les mêmes coordonnées initiale et finale). L'information vectorielle est mieux structurée que l'information raster, mais elle demande une plus grande précision dans la saisie des documents qui doit être réalisée par des professionnels.

MacGIS ET MAPII: DEUX SIG BASÉS SUR LA MÉTHODE DU CARROYAGE

Le prix du principal SIG vectoriel pour Macintosh, nommé MapGraphix, s'élève à environ 10 000 US\$; on comprend dès lors que ce genre de système soit encore réservé aux applications qui nécessitent l'enregistrement vectoriel des données. La présentation de MapGraphix dépasse donc le cadre du présent article. Bien plus abordables (avec un prix de l'ordre de 1000 à 1500 F), les logiciels MacGIS et MapII descendent directement du Map Analysis Package (M.A.P) mis au point par C. Dana Tomlin en 1983. La principale originalité des travaux de cet auteur réside dans son «algèbre des cartes» gouvernée par un langage spécifique: les instructions interprétées par le logiciel déclenchent l'exécution de divers algorithmes qui, à partir d'un ou plusieurs plans d'information en produisent un nouveau, résultat du traitement demandé.

De manière schématique, les opérations se répartissent en 5 catégories:

- sélection et recodage d'un seul plan d'information;
- combinaison de plusieurs plans à l'aide d'opérateurs logiques;
- calculs sur plusieurs plans, à l'aide d'opérateurs arithmétiques;
- filtrages;
- traitements basés sur la distance entre un groupe de cellules.

Pour illustrer le fonctionnement de ce type de SIG, un exemple simple permet de comprendre la manière dont fonctionnent ces logiciels. On cherche à désenclaver les habitants d'une petite région rurale. La première étape d'un tel aménagement consiste à rechercher

les maisons réellement enclavées; dans ce but, on élabore deux plans d'information, celui des «Routes existantes», et celui des «Maisons habitées» (figure n°4 A et 4 B).

La première opération consiste à calculer, pour chaque carreau, sa distance minimum à une route: l'opération *SPREAD* réalise ce traitement; le nouveau plan d'information obtenu, intitulé «Distances aux routes» présente un gradient du noir au blanc, en fonction de la distance (figure n°4 C). Si l'on considère comme «enclavés» les habitants qui vivent à plus de 10 km d'une route, il est facile d'extraire du plan d'information précédent les espaces éloignés de plus de 10km: l'opération *RECODE* réalise ce traitement et affiche un nouveau plan, nommé «Distance > 10 km» (figure n°4 D). Il ne reste plus qu'à associer le plan des «Maisons habitées» avec le plan obtenu précédemment, grâce à l'instruction *COMBINE*. Une fois encore, le résultat du traitement se présente sous la forme d'un plan d'information (figure n°4 E, agrandie pour mieux en distinguer les détails). On y trouve les espaces éloignés d'une route de plus de 10 km (en hachures), les maisons situées à moins de 10 km d'une route (petits points), et, les résultats attendus: les maisons enclavées, c'est-à-dire situées à plus de 10 km d'une route (gros points). Ce petit exemple montre tout le parti que l'on peut espérer tirer de cette algèbre des cartes en géographie de la population, pour peu que l'information analysée soit correctement localisée (pour une présentation complète d'une application réalisée avec MacGIS, lire *Système d'information géographique: initiation pratique sur Macintosh*, P. Waniez, 1990).

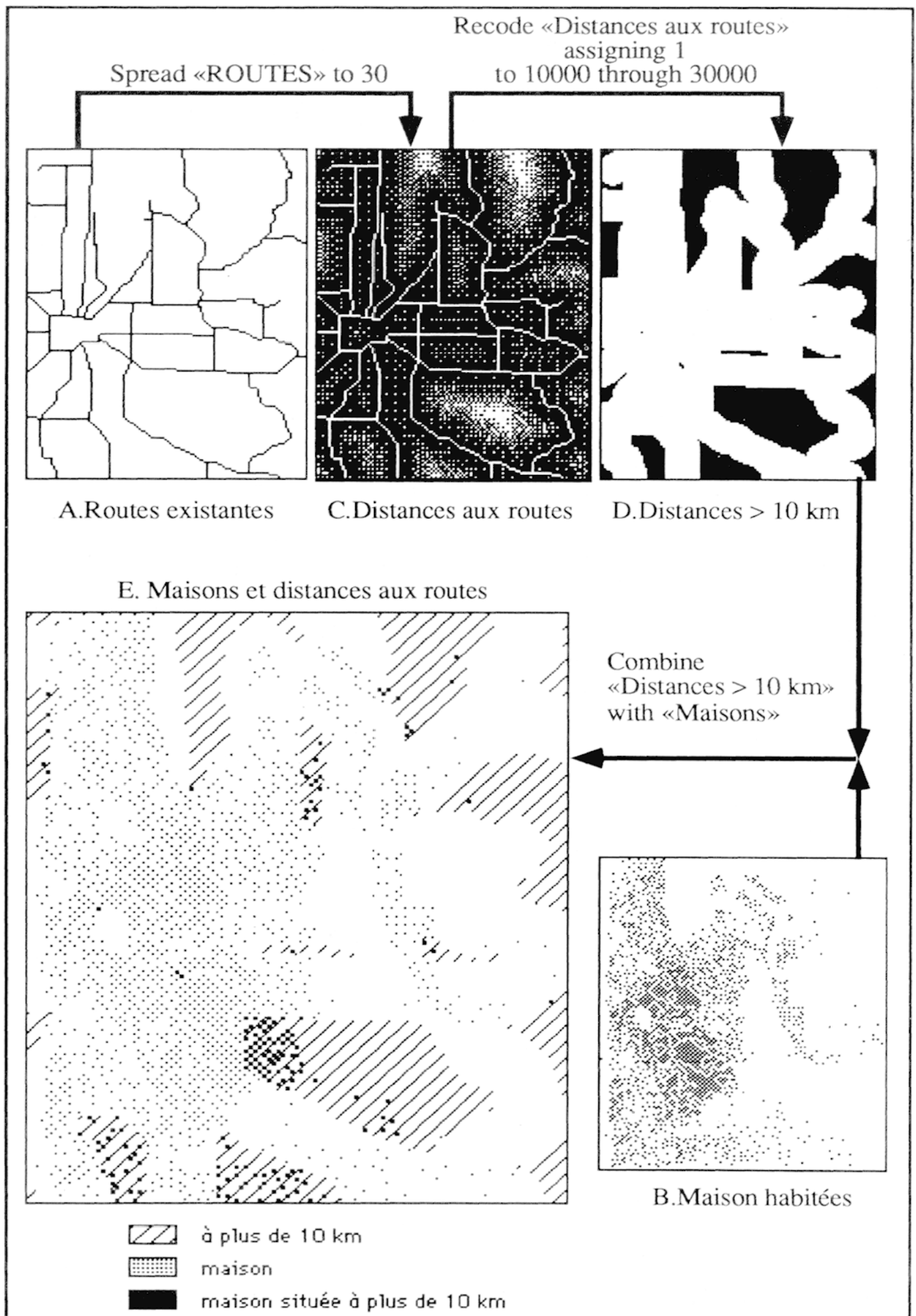


Figure n° 4. Un exemple de traitement réalisé avec MAPII (d'après les données de M. Pazner, 1989).

Malgré leur parenté évidente, MacGIS et MAPII diffèrent sur de nombreux points: *L'entrée des plans d'information dans le système* suit deux logiques distinctes. Pour MacGIS, un plan figure un calque placé sur une image préalablement scannée, et l'utilisateur va directement saisir les valeurs de chaque carreau, cela est facile, assez précis, mais long. De son côté, MapII propose une solution très élégante et efficace: il importe directement des images enregistrées en format PICT; chaque pixel de cette image représente un carreau. Bien entendu, une telle importation suppose que chaque plan ait été dessiné avec un logiciel de dessin comme SuperPaint ou Canvas.

La commande des opérations apparaît, à l'usage plus efficace avec MacGIS. En effet, ce dernier peut réaliser en un seul passage l'ensemble des opérations nécessaires à un traitement: de véritables programmes, assez simples à rédiger, permettent de préparer des opérations lourdes. Si dans MapII, les opérations doivent être entrées les unes après les autres, le logiciel propose une fenêtre *operation* qui simplifie la rédaction des instructions. *Pour l'intégration des données de télédétec-*

tion, MAPII propose de nombreux outils de recalage des images par rapport aux autres plans d'information, de filtrage des valeurs. De plus, comme le logiciel peut fonctionner en couleur (ce qui n'est pas le cas de MacGIS) il est facile de réaliser des compositions colorées incluant données satellitaires et données cartographiques. Les champs d'investigation ainsi ouverts apparaissent très étendus.

MacGIS et MAPII constituent deux excellents logiciels qui devraient répondre à un grand nombre de préoccupations géographiques. Leur principal intérêt réside dans leur capacité à mettre en relation des informations localisées. Le carroyage pourra déplaire aux cartographes soucieux de précision. L'absolue précision n'étant pas l'apanage des sciences sociales, une précision relative, proportionnée aux objets d'étude, peut sans doute être atteinte: plus encore qu'avec la cartomatique, les SIG incitent à évaluer le rapport coût/usage avant même d'engager une quelconque réalisation. Pour une grande partie des recherches géographiques le carroyage s'avèrera payant pour un coût modéré.

CONCLUSION

En constants progrès, les logiciels fonctionnant sur micro-ordinateur mettent de plus en plus l'accent sur la représentation graphique des données. Pour les géographes, cette tendance se manifeste par un accroissement substantiel des moyens de traitement cartographique des données statistiques ou graphiques. L'instrumentation géographique moderne devient de plus en plus accessible

tant sur le plan du coût de l'infrastructure informatique (matériel et logiciel) que sur celui de la simplification d'utilisation des logiciels. Il reste à la communauté des chercheurs français à s'approprier plus largement qu'aujourd'hui ces nouveaux moyens de traitement de l'information pour les intégrer à leurs raisonnements scientifiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRUNET (R.), 1987 - *La carte, mode d'emploi*. Paris, Fayard/RECLUS, 269p.

COSINSCHI (M.), WANIEZ (P.), 1990 - *Les statistiques*. Icônes, n°21, pp.59-83.

BON (F.), CHEYLAN (J.P.), 1988 - *La France qui vote*. Paris, Hachette, Col. Pluriel, 464p.

HARTWIG (F.), DEARING (B.), 1982 - *Exploratory Data Analysis*. Sage University Paper, Series:

Quantitative Applications in the Social Sciences, n°16. Beverly Hills, CA, Sage Publications, 83p.

LE BRAS (H.), TODD (E.), 1981 - *L'invention de la France*. Paris, Hachette, Col. Pluriel, 359p.

PORNON (H.), 1990 - *Systèmes d'information géographique*. Paris, Hermès et STU, 108p.

THÉRY (H.), 1989 - *Le Brésil*. Paris, Masson, 2ème Edition, 245p.

WANIEZ (P.), 1989 - *Cartographie sur Macintosh*. Paris, Eyrolles, Col. Informatique, 142p.

WANIEZ (P.), 1990 - *Système d'information géographique, initiation pratique sur Macintosh*. Paris, Eyrolles, Col. Informatique, 152p.

WANIEZ (P.), 1991 - Analyse exploratoire des données. Montpellier, GIP RECLUS, Col. RECLUS Modes d'Emploi, à paraître.

ADRESSES UTILES

GIST: Birkbeck College, department of geography, 7-15 Gressc Street, London W1P 1PA, Royaume-Uni

Cartographie-2D: Argo Infographie, BP 16, 67210 Obernai. Tel. 88 95 40 73.

MacGis: M. Kit Larsen, Computing Center, University of Oregon, Eugene, Oregon 97403, USA. Tel. 19 (1) 503 686 43 94.

Map II: John Wiley & Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester, West Sussex, PO19 1UD, Angleterre.

MapGraphix: ComGraphix INC., 616 E Street, Clearwater, Florida 34616, USA

MapMaker: Select Micro-Systems, 2717 Crescent Drive, Yorktown Heights, New York 10598, USA

CD Atlas de France: GIP RECLUS, Maison de la Géographie de Montpellier, 17, rue Abbé de l'Epée, 34 000 Montpellier. Tel. 67 72 46 10.

DataDesk: Alpha Systèmes Diffusion, Miniparc ZIRST Grenoble Meylan, 43 chemin du Vieux Chêne, 38240 Meylan.