

## DEMOGRAPHIE ET SYSTEMES AGRAIRES UN EXEMPLE D'INFERENCE STATISTIQUE DANS UN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

---

DELAUNAY D.

### RESUME

Les Systèmes d'Information Géographique autorisent une analyse à géométrie variable des données territoriales. Le choix d'échelle y est à la discrétion de l'observateur qui dispose de couvertures géographiques diversifiées : statistiques administratives, usage du sol, climat, altitude... Car les capacités d'agrégation et de superposition des Systèmes d'Information Géographique autorisent de cheminer entre les différents niveaux d'une réalité complexe, d'extrapoler l'information d'une couverture à toutes les autres. L'outil est transdisciplinaire.

### INTRODUCTION

Les Systèmes d'Information Géographique ont d'abord permis la cartographie automatique que l'étude, comme la communication, réclamaient sans délais. Une carte produite en quelques minutes autorise de rechercher les configurations spatiales d'une information diversifiée. La surprenante commodité de l'outil enrichit la cartographie statistique de nouvelles pratiques : représentation d'axes factoriels, de classifications hiérarchisées, mise en évidence des lieux qui s'écartent d'un modèle établi.

Avec le perfectionnement des "Systèmes de Gestion de Base de Donnée" (SGBD) et l'irrésistible perfectionnement du matériel informatique, il devient possible d'embrasser dans un même Système d'Information Géographique toute l'information relative à un espace donné. La précision et bien des problèmes d'échelle. Le cheminement entre les divers niveaux d'une réalité complexe enrichit les choix de l'observation qui se voient ouvrir des perspectives pluridisciplinaires : un pont statistique est lancé entre les sciences sociales et celles de la terre. L'application ici présentée est un transfert d'échelle qui tire avantage des capacités d'agrégation et de superposition offertes par les Systèmes d'Information

Géographique, des fonctions plus rarement employées que la cartographie automatisée.

En Equateur, une étude minutieuse de la transition démographique<sup>1</sup> m'avait convaincu d'en poursuivre l'analyse dans le contexte des paysages agraires et du milieu naturel. Une telle curiosité m'obligeait à mettre en relation deux ensembles de phénomènes aux échelles différentes. Il me fallait donc concevoir une méthode pour extrapoler l'information démographique donnée par division administrative vers un nouvel espace qui ne la contenait pas, celui des systèmes agraires. Le transfert d'échelle supposait une localisation précise -monographique- des données censitaires, vitales et agraires qui fut obtenue par traitement infographique grâce au logiciel Savane<sup>2</sup> développé par l'Orstom sur station Sun. Le procédé élémentaire employé démontre qu'il est possible de compléter un inventaire par tous les autres et donc d'ouvrir le champ de nos études et de notre réflexion. L'outil et le procédé libèrent l'information prisonnière de cartographies ou de disciplines compartimentées.

## TRANSFERT D'ECHELLE : L'EQUATEUR

L'hypothèse de travail concernait la configuration spatiale de la transition démographique : se conformait-elle à l'espace agricole, aux formes sociales et techniques de la production agricole ? La difficulté était de fonder l'analyse sur une base statistique ; en effet, l'information censitaire et les registres de l'état civil étaient détaillés selon un découpage administratif (les paroisses) étranger au phénomène étudié. Or il serait fondamentalement contestable de déduire de la division paroissiale des résultats concernant, par exemple, l'usage du sol. Ce "sophisme écologique" est reconnu, les relations mesurées sont modifiées quand le découpage spatial ou l'échelle changent. Pour examiner la transition démographique, il convenait de se régler sur l'échelle de la géographie naturelle et agricole, plus pertinente que la division administrative.

Un autre inventaire, celui des ressources renouvelables en Equateur<sup>3</sup>, témoignait de l'utilisation du sol et des paysages

1 Transition, ou explosion, démographique qui, ces dernières décennies dans les pays peu industrialisés, résulte de la baisse de la mortalité. Elle se traduit par une croissance inhabituelle des populations, jusqu'à ce qu'elles ajustent leur fécondité aux nouvelles forces vitales. La notion de transition démographique désigne surtout la théorie qui cherche à expliquer ces bouleversements et comprendre les nécessaires adaptations des familles et des peuples à cette révolution démo-économique.

2 Les fonctions employées pour adapter les échelles d'observation sont décrites par leur auteur (Marc Souris) dans une communication au présent séminaire.

3 Un inventaire réalisé par des chercheurs de l'ORSTOM (GONDARD, 1983-1985, Mapas de uso actual del suelo y formaciones vegetales. Quito, MAG/ORSTOM, 10 feuilles en couleur (1/200 000<sup>e</sup>), 85x60 cm. WINCKELL (A.) & ZEBROWSKI (C.) -1977-1986- Cartes morpho-pédologiques, d'utilisation actuelle et des paysages végétaux, d'utilisation potentielle. 14 x 3 cartes MAG/ORSTOM. Quito, 1977-1986). Le travail a été réalisé en coopération avec le MAG, ministère équatorien de l'agriculture et de l'élevage. Ces chercheurs sont les auteurs de la carte d'utilisation du sol intégrée.

agraires. Les formes sociales de la production étaient même susceptibles d'être déduites de cette géographie : les cultures vivrières signalaient l'espace agraire de la production familiale, l'aire de son extension... De même que les haciendas andines, qui employaient une main-d'oeuvre salariée, se reconnaissaient à leur spécialisation pastorale ou à la taille des parcelles. Les plantations industrielles se démarquaient par leur production (banane, palme africaine...), on sait que l'arboriculture paysanne (café, cacao) est destinée au marché, de même que le produit du maraîchage ou des vergers.

Les deux cartographies, démographique et agraire, présentaient des similitudes structurelles qu'il convenait d'apprécier. Fut d'abord expérimenté le montage manuel des secteurs censitaires pour quelques regroupements d'usage du sol. La tâche s'avéra démesurée, la finesse des contours et la masse de l'information, une trentaine de variables pour 850 paroisses et près de 1200 zones d'usage du sol, imposaient une gestion infographique.

C'est moins la cartographie automatique qui ici était requise que la superposition chiffrée de géographies différentes : chaque système agraire composait une fenêtre au travers de laquelle il était instructif d'observer l'espace démographique cartographié selon la division administrative.

Le changement d'échelle est primordial pour une analyse multivariée conçue pour déceler l'impact des systèmes agraires, afin d'écarter le biais contenu dans le découpage administratif. Furent menées autant d'analyses factorielles que de systèmes agraires sélectionnés, sur la base des unités élémentaires obtenues par superposition de la géographie administrative et agraire (cf. infra). De sorte qu'une corrélation entre la mortalité et la fécondité, par exemple, n'est donnée et ne vaut que pour l'espace agraire examiné, telle la production vivrière indigène. Il sembla instructif de tirer leçon de l'agencement des variables dans chacun d'eux, d'en étudier les variations.

## **LA METHODE**

L'inférence des données censitaires d'une échelle à l'autre requiert deux procédures propres aux Systèmes d'Information Géographique : l'agrégation et la superposition géométriques. Dans le cas particulier de l'Equateur, trois cartographies furent appliquées.

## **AGREGATION ET SUPERPOSITION**

Un Système d'Information Géographique opère l'agrégation des objets spatiaux sur des critères de voisinage (d'un lieux, d'un réseau) ou sur une même valeur d'attribut. L'échelle pertinente de chaque phénomène examiné peut ainsi être recherchée. Le démographe, par

exemple, retiendra les unités spatiales où l'inertie des grands nombres rend possible une interprétation libérée du hasard<sup>1</sup>. L'économiste choisira un pôle de développement, l'hydrologue un bassin versant.

La superposition offre de puissantes perspectives à l'observation trans-disciplinaire. Plusieurs ensembles d'objets spatiaux, soit des géographies différentes (le climat, la pédologie, une division administrative), peuvent être superposés de manière à obtenir une partition plus fine qui va réunir toutes les informations (les attributs dans une base de données) de chaque couverture de départ. Ces nouvelles unités, plus fidèles et plus fines qu'un classique carroyage, s'offrent alors à l'observation ou à l'analyse des données.

## LES CARTOGRAPHIES

La géographie de base était démographique (carte n°1): une caractérisation des populations rurales des 850 paroisses du pays en une trentaine d'attributs rendant compte de la mortalité, de la fécondité, des migrations, de l'état matrimonial,... sur trois décennies.

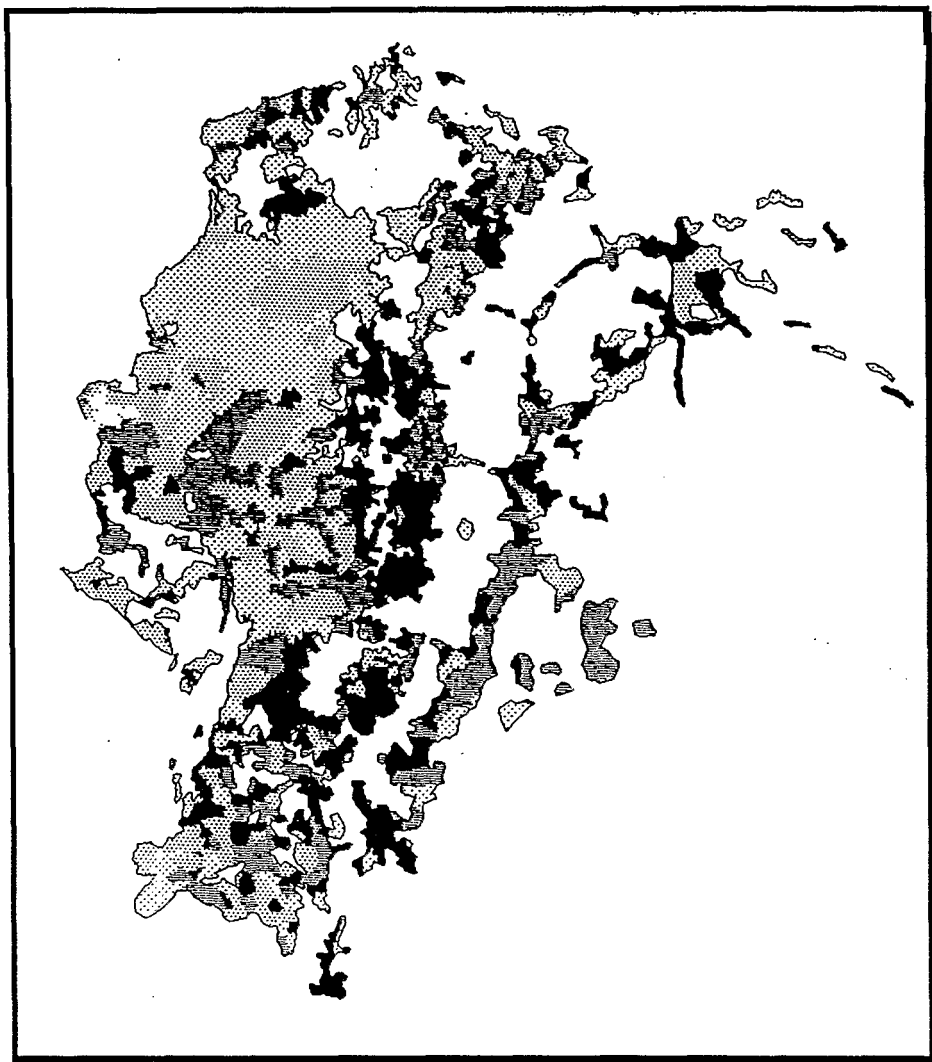
La seconde cartographie délimitait les paysages agraires et distinguait plus de 1200 zones selon l'usage agricole du sol, la pente, la taille des parcelles, la présence ou non d'irrigation. Elle était, cela est important, d'une précision comparable à celle du découpage paroissial. Une illustration est présentée pour l'espace des cultures indigènes andines (carte n°2)

La troisième carte<sup>2</sup> restitue, en 25 000 points la précise localisation des populations dispersées ; en fait rurales.

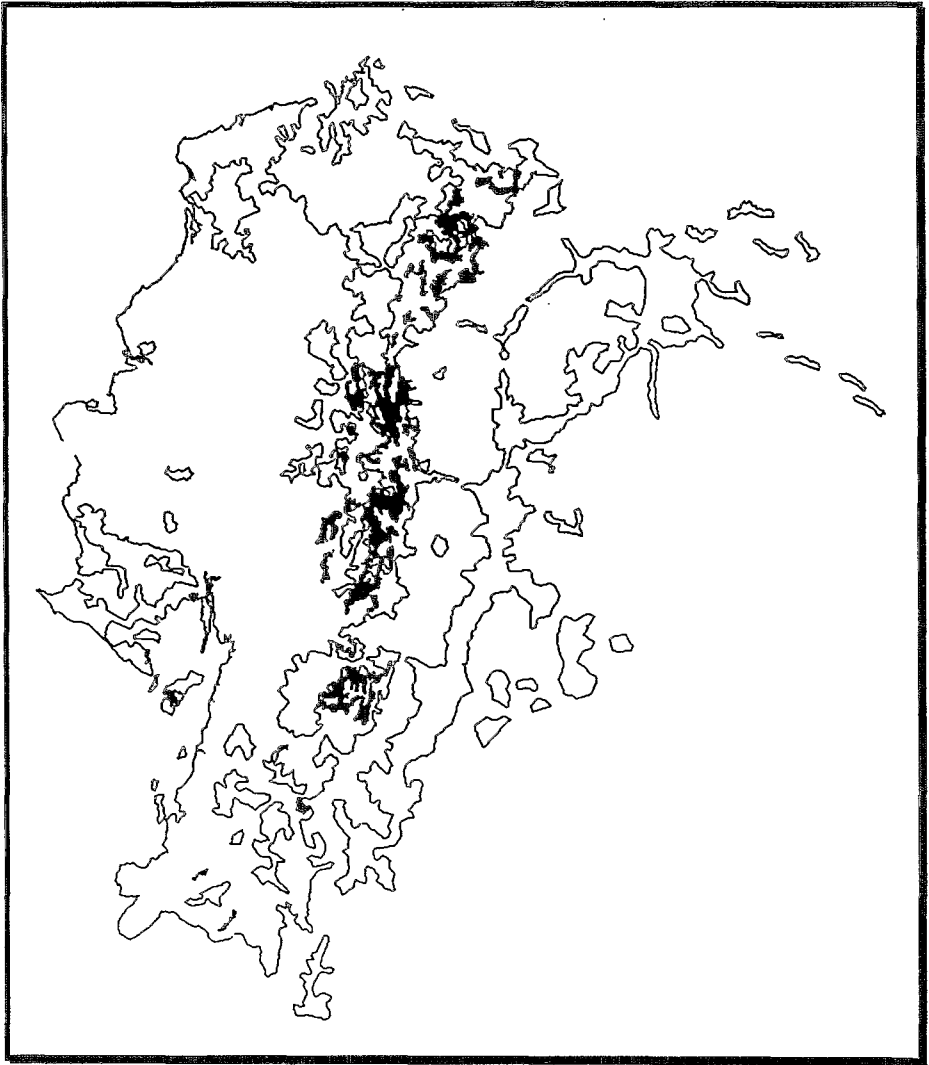
---

1 Cette condition n'est pas remplie pour toutes les paroisses équatoriennes. Certaines trop petites, ou situées en zones de faible peuplement, connaissent un nombre erratique d'événements démographiques. Mais la finesse du découpage paroissial était indispensable pour approcher les divisions de l'espace naturel, il ne convenait donc pas de passer à la division cantonale. Pour minimiser le facteur aléatoire, nous avons systématiquement préféré des indicateurs structurels, mettant en rapport des sous-ensembles comparables de la population. Ainsi le rapport femmes-enfants résiste-t-il mieux au hasard de la procréation que le taux de natalité (mais il amalgame plusieurs phénomènes, dont la mortalité juvénile).

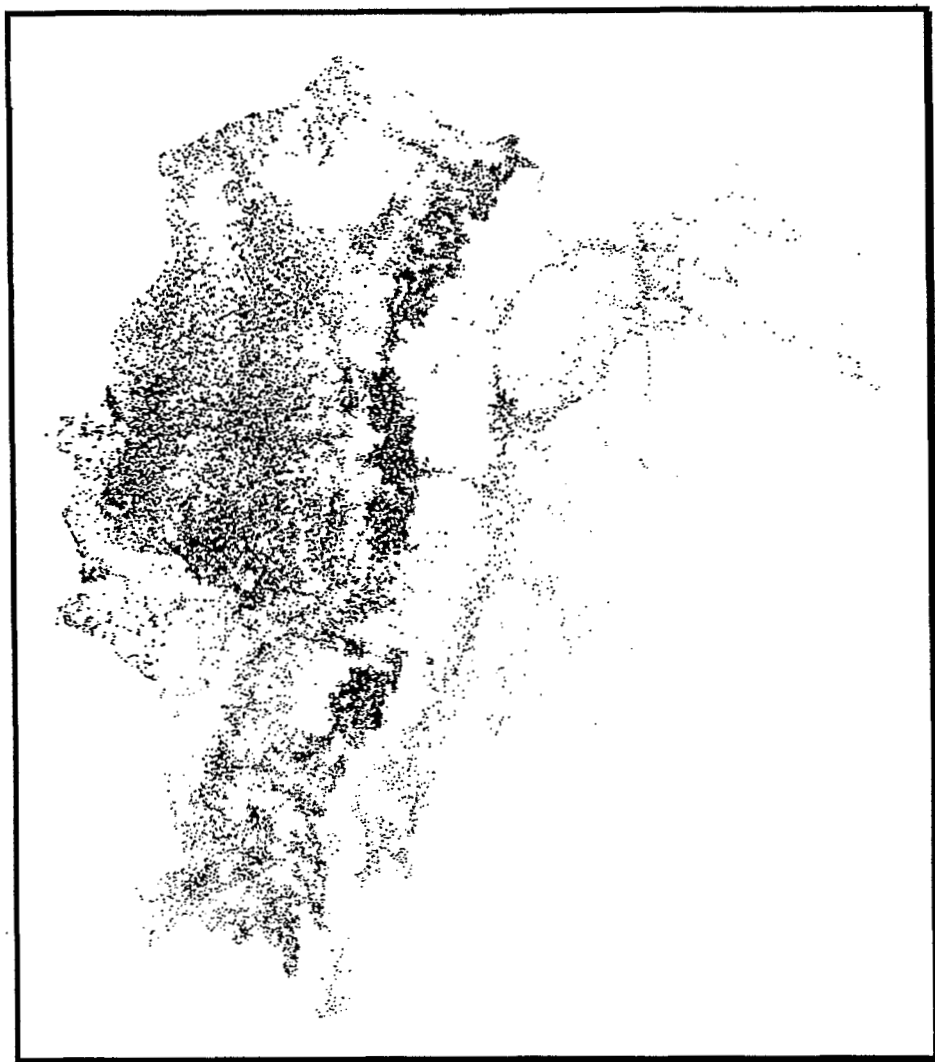
2 Cette carte diffère de celle établie au Cedig (CARRERA et PORTAIS, Documentos de Investigación n°3, Cedig/Orstom, Quito) où étaient écartées les populations résidant dans un chef-lieu de paroisse à vocation agricole.



Carte n°1 Un attribut démographique dans l'espace habité:  
la mortalité en 1985



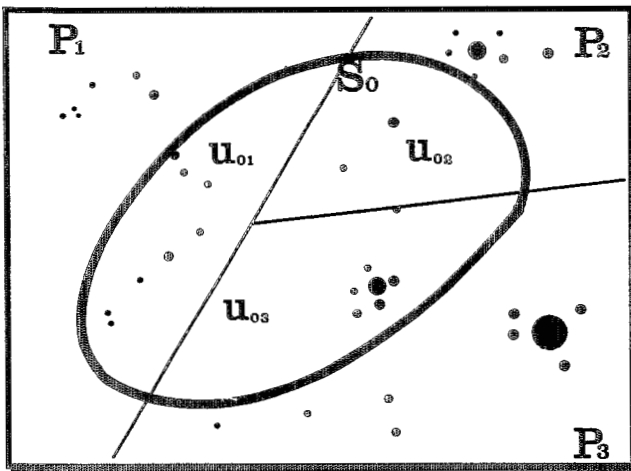
Carte n°2 L'espace des cultures indigènes andines



**Carte n°3 La population rurale équatorienne**

## LE CHANGEMENT D'ECHELLE

Le graphique n°1 schématise la méthode d'inférence utilisée. Les unités  $P_1$  de la première couverture, ici les paroisses  $P_1, P_2, P_3$ , sont combinées avec un autre espace, les systèmes agraires  $S_j$ , dont nous retenons l'un d'eux  $S_0$ . La superposition des deux délimitations découpe ( $n$ ) unités spatiales élémentaires dont trois ici nous intéressent :  $U_{01}, U_{02}, U_{03}$ . Dans la cartographie équatorienne, du croisement des divisions administrative et agraire, il résulte environ quatre mille polygones, soit une mosaïque de populations dont on décrit tant la démographie que l'usage du sol.



Graphique n° 1 L'extrapolation de la composante démographique des systèmes agraire.

Pour chacune de ces unités élémentaires, la population est agrégée sur la base de la carte par point de la population dispersée. Dans le graphique n°1, le peuplement est représenté par des points de taille que l'on représente proportionnelle à la population fictive. Il est important de tenir compte de la précise localisation des populations car l'on ne peut miser sur l'homogène distribution des phénomènes démographiques dans l'espace. Les regroupements des polygones élémentaires appartenant à un même système agraire sont alors opérés (l'ensemble des  $U_{0j}$ ). Les indicateurs démographiques sont alors estimés par agrégation quand il s'agit d'effectifs, par pondération pour les taux. Il est évidemment nécessaire d'attribuer le poids des effectifs introduits au dénominateur du taux afin de reconstituer la population de référence du nouvel espace. Un rapport de masculinité<sup>1</sup> sera pondéré selon la population féminine, un indice de fécondité par l'effectif par âge des femmes en âge de procréer... Quand cette information n'est pas disponible, il faudra se

<sup>1</sup> Nombre d'hommes pour cent femmes.



contenter d'une mesure approchée, telle la population totale qui, hélas, biaise légèrement l'extrapolation des indicateurs.

Le calcul pour tous les attributs des quatre mille zones, les tests statistiques correspondants, furent exécutés à l'aide de la bibliothèque statistique SAS, en interface avec Savane. Le vrai travail d'analyse pouvait commencer puisqu'il était donné de comparer les densités, la fécondité et la migration des populations qui cultivent le maïs et de celles qui se dédient aux cultures froides (orge, pomme-de-terre), de suivre la dynamique migratoire des fronts pionniers, de rechercher l'influence de l'altitude dans la mortalité...

## **PROMESSES ET RIGUEURS**

La transposition des statistiques démo-économiques à des espaces redéfinis par l'utilisateur constitue un procédé précieux pour une reconnaissance géographique alors affranchie des biais imposés par des échelles inadéquates. La qualité de l'inférence dépend évidemment de la finesse des découpages ; si cette précision est obtenue, l'extrapolation vaudra bien les mesures d'une enquête non exhaustive.

Et la précision requise pour l'observation d'une réalité complexe, sur la base de couvertures diverses, oblige à une vigilance assidue de la qualité des fonds cartographiques et des données, de leur cohérence. Ce minutieux travail de contrôle et de correction de l'information est une discipline fructueuse des Systèmes d'Information Géographique qui exigent cette rigueur tout en facilitant les révisions.