

troisième partie

LES PRESENTATIONS DES SYSTEMES PAR LEURS UTILISATEURS ET INVENTEURS

1. SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE POUR L'ETAT DE VERACRUZ (MEXIQUE), par Luc CAMBREZY

Depuis mai 1989, une équipe de chercheurs et ingénieurs de l'Orstom travaille à la mise en place d'un système d'information géographique pour l'Etat de Veracruz (Mexique). Comme pour l'Atlas informatisé de la ville de Quito, notre choix s'est porté sur l'utilisation de l'ensemble des techniques (matériel et logiciels) développées par l'atelier d'infographie de l'Orstom: Savane, Tigre, Mygale. Ce programme de recherche fait l'objet d'une convention spécifique entre l'Orstom et l'INEGI (Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática).

1.1. Les objectifs

a) Un système permettant la production accélérée de cartes :

Quoi qu'on puisse en dire, l'informatique graphique n'est pas seulement une mode. Elle répond avant tout au volume toujours croissant de données à traiter, comme à l'une des plus vieilles règles de la géographie qui soutient, non sans raison, qu'une bonne carte vaut mieux qu'un long discours. Personne ne conteste l'intérêt de la carte sur d'indigestes volumes de statistiques (recensements de population, ...). La carte est plus « parlante », on le sait bien, mais surtout elle apporte une information essentielle pour la compréhension des phénomènes

étudiés: la localisation. On sait que la distribution des faits anthropiques (mais pas seulement eux, pensons à la biogéographie) ne résulte jamais du hasard; la régionalisation observée des faits de population (densités, migrations, mortalité,...) en apporte toujours et partout une preuve éclatante.

Le système Tigre permet une production rapide, simple et interactive de cartes dans la projection souhaitée. On peut augmenter ou réduire à loisir le nombre de paliers graphiques, calculer des surfaces, des rapports, des pourcentages entre attributs, bref on s'épargne de longues heures de travail autrefois passées à colorier de nombreuses photocopies de cartes « pour voir ce que ça donne ».

Le premier intérêt du système, le plus séduisant aussi pour le néophyte, relève donc de ce qu'il est convenu d'appeler la cartographie automatique - encore que ce vocable recouvre une réalité bien différente selon le matériel utilisé.

b) Un système puissant permettant de multiples partitions de l'espace :

Lorsqu'on travaille sur les organisations spatiales, on se rend bien vite compte qu'il convient de multiplier les découpages de l'espace. La carte a ses vertus, mais s'agissant d'une simplification, la réalité s'en trouve toujours mutilée. Dans cette perspective, on ne peut avoir de conception a priori de l'espace. C'est en principe connu, mais on oublie

pourtant trop souvent que les organisations spatiales, dotées d'un statut propre, n'ont rien à voir avec les délimitations territoriales mises en œuvre et utilisées pour l'élaboration des données.

Le cas le plus évident est celui de la cartographie des données socio-économiques collectées dans le cadre de la division politico-administrative en vigueur.

Celle-ci permet sans doute une bonne approche du problème, mais reste forcément réductrice si l'on veut bien admettre que les distributions spatiales rencontrées, notamment dans les pays du Tiers Monde, seront beaucoup mieux perçues au travers d'autres partitions sans rapport avec la division administrative (milieu naturel, systèmes agraires, unités agro-écologiques, systèmes de relation, aires culturelles, etc.).

Cette approche suppose que la capture des données soit, dans la mesure du possible, toujours réalisée au niveau de désagrégation le plus fin. Le système doit ensuite permettre de regrouper ces données selon la division spatiale souhaitée: des données de population traitées en fonction d'une division fondée sur le milieu naturel (bassin-versant, unité morpho-pédologique,...), des statistiques agricoles ré-agglomérées en fonction d'une division culturelle, ethnique ou linguistique, des données relatives au support écologique interprétées en fonction d'une cartographie des systèmes agraires. Là encore, il n'est pas question de mode, mais bien de questions de recherche.

c) Un système "ouvert" permettant à l'utilisateur tous les développements souhaitables :

Parce qu'il s'agit d'un outil de recherche, le système doit pouvoir évoluer. Il faut donc que le système soit ouvert et non, une «boîte noire». On sait que ce n'est pas le cas de la plupart des systèmes et logiciels de cartographie automatique actuellement disponibles sur le marché. Lorsque le développement est possible, celui-ci se traduit toujours par un surcoût rarement prévu par l'utilisateur. L'emploi d'un système «maison» nous met à l'abri de ce type de surprise mais est surtout l'occasion d'un échange extrêmement fécond entre informaticiens et chercheurs.

d) La description du système :

Tigre est un système d'information géographique au sens littéral du terme. Le dernier congrès international de cartographie a d'ailleurs définitivement consacré ce vocable. On ne décrira ici que l'architecture et la philosophie générale du système Tigre. Pour de plus amples précisions nous renvoyons le lecteur aux diverses publications de M. Souris et al.

«L'information géographique est complexe et variée: données multiples, hétérogènes, de sources très diverses (cartes, télédétection spatiale, relevés

de terrain, données statistiques...). Ces données n'ont souvent aucun lien à priori entre elles autre que leur localisation dans l'espace, qui peut être donnée sous des formes très diverses». L'originalité du système a été «d'étendre le principe de la gestion relationnelle des objets, que ce soit des zones, des lignes, des réseaux, des points, et indépendamment de leur mode de stockage et de représentation». Enfin, «si la localisation est utilisée dans le processus de gestion de l'information, elle permet également la représentation cartographique des résultats d'une interrogation au même titre qu'une sortie de résultats sur imprimante. C'est l'attribut «localisation» qui est alors représenté comme résultat du processus de gestion» (CAMBREZY, PELLETIER, SOURIS - 1987).

1.2. Le SIG VERACRUZ et l'application de TIGRE

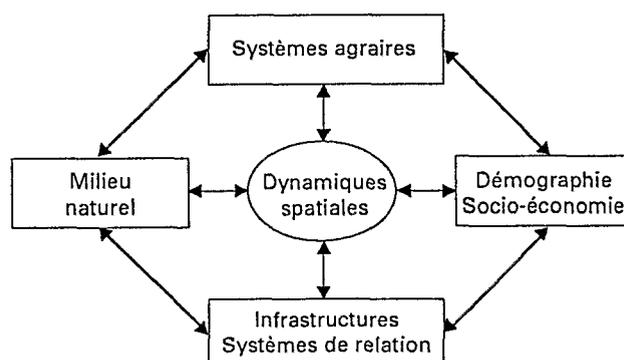
a) L'objet de la recherche et la constitution de la base de données :

Le programme commun de recherche INEGI-ORSTOM vise à la mise en évidence et l'interprétation des dynamiques spatiales et des organisations régionales. L'expression dans l'espace des thèmes d'étude (géographie, démographie, économie, et bio-géographie lorsqu'on aura trouvé le candidat) est la préoccupation commune de tous les chercheurs impliqués dans le programme.

Dans cette perspective, il n'est pas question de créer une base de données qui puisse «répondre à tout» (ce qui est d'ailleurs bien vague), mais de capturer, traiter et interpréter l'information utile.

Autour des dynamiques spatiales, on a défini quatre grands axes de recherche qui constituent autant d'entrées à la problématique des organisations régionales résultant d'un jeu complexe d'interrelations.

Ces 4 entrées sont identifiées dans le schéma ci-dessous et le lecteur peut facilement imaginer les liens qui les unissent.



La phase actuelle est à la constitution de la base de données. On est encore très loin d'avoir réuni l'information nécessaire et suffisante permettant enfin de mettre en évidence la richesse et la complexité de ces interrelations. La perception fine des dynamiques régionales n'est donc pas pour demain. Cette relative lenteur s'explique à la fois par le retard pris dans la mise en place concrète du SIG comme par l'importance de la zone d'étude et l'exigence d'une information aussi fine et fiable que possible.

Par ailleurs l'absence d'information sur tel ou tel thème, ou la mauvaise qualité de celle-ci, oblige parfois à envisager des méthodes rapides, couvrantes et rigoureuses permettant de pallier la déficience de l'information. Ces cas sont envisagés plus loin.

Dans l'immédiat, la description des premiers résultats attendus à court terme, ou déjà disponibles nous donnent l'occasion de préciser comment avance concrètement le projet.

b) Les premiers résultats :

• Le cadastre rural.

Au Mexique, la tenure de la terre se partage en deux grandes rubriques: la propriété privée et la propriété sociale (parfois collective) résultant des lois de la réforme agraire.

Dans le cadre d'une convention entre le «Secretaria de la Reforma Agraria» et l'INEGI, nous avons accès à l'intégralité du cadastre rural au 1/50.000 de l'Etat de Veracruz. Après de nombreux mois de vérification et de correction de l'information, nous avons pu procéder à la digitalisation de toutes les terres relatives à la propriété sociale (la moitié de la superficie de l'Etat de Veracruz, quelques 5000 polygones).

La reproduction sur support stable est un préalable indispensable à une digitalisation fiable et sans problèmes au moment de la jointure de feuilles. Celle-ci a été facilitée par la mise à disposition, au Secrétariat de la Réforme Agraire, d'un système informatisé de cartographie automatique (système HP incompatible).

On a donc pu procéder à la cartographie au 1:100.000 de tout l'Etat - 110 cartes au 1:50.000. La forme très géométrique des polygones autorisait cette réduction d'échelle, et ainsi, limitait le nombre de feuilles (27 au 1:100.000).

Le second préalable consiste en l'attribution des clés de zone qui seront saisies au clavier au moment de la digitalisation. Dans Mygale (logiciel de digitalisation), tout polygone comporte un numéro de zone et une clé; cette dernière est utilisée au moment de l'intégration des données descriptives.

Deux zones peuvent avoir la même clé: deux affleurements géologiques, ou dans le cas qui nous occupe ici, un même ejido dont les terres sont distribuées en plusieurs blocs.

Dans le cas de la propriété sociale, l'attribution des clés a été dictée par l'existence d'une enquête récente réalisée par l'INEGI (Encuesta nacional agro-pecuaria ejidal: Nov. 1988).

L'intégralité de cette enquête a été saisie sur gros système par les services informatiques centraux de l'INEGI. On a donc repris la même codification : clé du municipio suivie de la clé de l'ejido.

Après la digitalisation, les deux étapes importantes sont celles de l'intégration dans une relation, du graphique (les cartes), et des attributs. Tigre permet l'ouverture d'autant de relations que l'on souhaite (tenure de la terre, démographie, pédologie,...).

Chaque relation autorise le stockage et le traitement d'un maximum de 60 attributs.

L'arrivée de la station Sun a correspondu à l'achèvement de la digitalisation. Les résultats du traitement graphique de cette enquête seront présentés en septembre 1989. Ils constituent un véritable succès; d'abord parce que l'Etat de Veracruz sera le premier Etat disposant d'une carte aussi importante que celle relative à la tenure de la terre - ensuite parce que les délais entre l'enquête et son traitement graphique n'ont jamais été aussi brefs.

• Le traitement du recensement de population de 1980.

Dans un pays à la démographie si dynamique, on peut s'interroger sur la pertinence du traitement d'un recensement aussi ancien. Celui-ci se justifie pourtant dans la perspective d'une comparaison (graphique bien sûr) avec les résultats du prochain recensement de population de 1990 auquel on se prépare déjà.

Il reste que le traitement de ce type de données pose quelques problèmes. Pour commencer, ce recensement n'a pas très bonne réputation quant à la fiabilité des données, et bien entendu celles-ci ne sont plus vérifiables.

Par ailleurs les résultats ont été publiés au niveau des municipes, ce qui ne permet aucune analyse fine de la diversité régionale. Le Mexique est 4 fois plus grand que la France mais ne compte que 2500 municipes. L'Etat de Veracruz, 72000 km² comptait 203 municipes en 1980 et 207 depuis 1989.

Le fait d'avoir l'INEGI pour partenaire permet bien sûr d'obtenir les données à un niveau plus fin (aire minimale de recensement ou localité), mais le manque de fiabilité des données n'en n'est que plus flagrant et oblige à de nombreux lissages. Enfin, la division politique elle-même reste sujette à caution; bien des limites municipales sont encore

incertaines et, dans tous les cas, on a pu constater à travers l'analyse de la situation foncière, que la réalité tant sociale qu'économique, n'est pas toujours en rapport, loin s'en faut, à la division politique en vigueur (division fédérale, division municipale).

- Les cartes de population.

Fidèle à la tradition de l'école géographique française, on considère que la carte de population par points de surface proportionnelle, et plus encore, l'évolution dans le temps de ces densités, est une étape incontournable de toute analyse géographique sérieuse.

L'intervention du thématicien se résume à l'analyse de la validité des données, et à la décision qui en résulte: réaliser la carte ou en abandonner l'idée. Nous en sommes à cette étape.

Les premiers essais, limités au centre de l'Etat montrent l'extrême simplicité de la procédure; il suffit de lire le fichier des localités doté des attributs souhaités (population, coordonnées géographiques,...), de l'intégrer dans Tigre comme un fichier de données ponctuelles (ce pourrait être des stations climatologiques ou des profils de sols), et de fixer la taille minimum et maximum des cercles représentant la population.

Ces cartes (1980 et 1989) feront l'objet de développements particulièrement intéressants dans les prochains mois: mise à plat des densités par modèle d'interpolation, cartes de densités rurales, aires théoriques de rayonnement des villes, etc.

- La saisie des cartes d'inventaire.

L'INEGI a réalisé une série de cartes thématiques couvrant, à certaines échelles tout le pays (1/1.000.000 et 1/250.000). La géologie, la pédologie, les climats, précipitations et températures, l'usage des sols et la végétation sont les principaux thèmes de cette cartographie d'inventaire.

Cette cartographie est très inégale; la carte des sols est jugée très convenable, alors que la carte d'usage des sols et de végétation livre une information de qualité sur la végétation naturelle mais bien peu de choses sur l'usage des sols.

c) L'analyse du milieu naturel :

On sait que les types de sols, le modelé, les précipitations, bref, les données relatives au milieu naturel, dont on sait l'importance pour l'agriculteur, interviennent de façon importante dans le niveau d'«efficacité» des systèmes agraires et des unités de production, comme dans la possibilité, théorique ou réelle, de supporter des charges de population qui vont en augmentant malgré l'exode rural.

Dans cette perspective, c'est moins le support écologique, comme objet d'étude qui nous intéresse que la façon dont les sociétés agraires l'investissent, l'interprètent et l'exploitent.

C'est moins le substratum géologique et la pédogénèse qui importe, que ce que l'agriculteur retire du sol, en préservant, ou non, la fertilité; c'est moins le total annuel de précipitations, que la répartition des pluies dans l'année; c'est moins une recherche pointue sur les systèmes d'érosion hérités ou en vigueur, que la topographie qui en résulte.

Par ailleurs, les cartes topographiques de l'INEGI au 1/50.000 livrent une information essentielle pour l'interprétation des faits agraires: la topographie et le réseau hydrographique permettant une lecture quasi immédiate des problèmes que peuvent poser les pentes, le modelé, l'accessibilité, les points d'eau, ...

Il faut donc profiter à la fois de la richesse de cette information et des possibilités de calcul qu'offre l'ordinateur.

C'est dans cet esprit qu'on contribue (par l'usage qu'on en fait) au développement et à l'intégration dans Tigre d'un modèle numérique de terrain performant (programme Babel).

Une demande spécifique du ministère de l'agriculture de l'Etat nous a conduit à réaliser un MNT au 1/50.000 du Cofre de Perote (volcan dominant la ville de Xalapa, capitale de l'Etat de Veracruz).

On souhaite cependant confronter cette démarche, qui pour être séduisante, n'a pas encore fait toutes ses preuves, à la carte classique des pentes. Dans les deux cas, l'idée, qui n'est plus très neuve, est de superposer de l'information thématique (usage des sols par ex.) à la carte des pentes comme au MNT.

Ce développement sera sans doute réalisé dans les prochains mois. On sera alors en mesure de dire si la perspective cavalière est en passe de retrouver une nouvelle jeunesse.

d) La cartographie des systèmes agraires :

C'est sur ce thème que nous percevons les meilleures possibilités d'usage de l'image satellite.

Cependant un premier travail réalisé dans le cadre d'un PEPS (CAMBREZY et alii- 1988) a au moins débouché sur le résultat qu'il était illusoire d'espérer en tirer une carte d'usage des sols, sans la mise en place d'une logistique coûteuse (achats de nouvelles scènes, personnel qualifié à plein temps, etc) qui ne nous assure pas du résultat.

Enfin on peut s'interroger sur la validité d'une carte d'usage des sols qui serait le cliché fidèle d'une situation à un moment donné (la date de prise de vue) mais qui ne dirait rien des successions

culturelles, des rotations, des jachères lorsqu'il y en a, mais surtout des dynamiques rapides liées au crédit et à l'évolution des cours des produits agricoles.

En revanche, ces travaux ont clairement orienté vers la recherche d'un moyen terme qui serait celui d'une cartographie des paysages et systèmes agraires fondée sur des critères visuels permettant de s'affranchir des valeurs de réflectance. A cet égard l'image Spot panchromatique s'avère d'un très grand intérêt; on devrait pouvoir en apporter la preuve en septembre.

1.3. Du rêve à la réalité

La décision d'utiliser toutes les ressources de l'informatique graphique, comme appui à la recherche, remonte aux années 1983-84. Le matériel vient seulement d'arriver et encore est-il incomplet (il manque encore une imprimante couleur).

Ce délai montre à quel point le montage d'un SIG sur son terrain de recherche n'est pas une mince affaire; et celui-ci n'est même pas situé à Xalapa, capitale de l'Etat mais à Puebla, capitale de l'Etat du même nom (200 km). Pour expliquer ces lenteurs on peut citer dans l'ordre, le manque d'intérêt de l'ORSTOM pour ces techniques, la difficulté d'obtenir les financements, la difficile question du choix du partenaire, l'évolution incessante des matériels, les problèmes de communication entre la France et le Mexique, des administrations qui coopèrent du bout des lèvres.

Analysons les :

- Jusqu'à une période toute récente, l'absence d'intérêt de la direction pour l'informatique graphique et son utilisation pour les SIG, était manifeste. Ni la journée «Infographie et SIG» (lire: «traitement des données localisées - L'infographie à l'ORSTOM, 1986), ni le siège des instances dirigeantes de l'ORSTOM et du ministère de la coopération de l'époque n'ont réussi à convaincre qu'un géographe travaillant sur les problèmes de limites et d'organisation spatiale ne pouvait pas partir au Mexique sans son atelier d'infographie sous le bras.

Les chercheurs réunis sous la bannière du département «Systèmes Urbains» ont eu plus de chance puisqu'ils ont pu lancer beaucoup plus tôt l'atlas informatisé de la ville de Quito.

Les choses semblent maintenant évoluer mais nous sommes encore bien loin du compte quant à l'appui qu'on est en droit d'attendre en terme de

moyens et d'informaticiens disponibles et spécialisés dans ce domaine.

- La condescendance avec laquelle était considérée ce style de marotte a eu évidemment pour corollaire une énorme difficulté à obtenir les financements nécessaires à l'acquisition du matériel.

C'est donc presque clandestinement qu'on a pu acquérir une partie du matériel (table à digitaliser d'abord, puis un PC-AT) sur crédits UR, grâce à la bienveillance du responsable de l'époque comme aux fortes dévaluations du peso de 1985-86.

Le personnel de l'atelier d'infographie de Bondy gardera probablement longtemps un souvenir ému de cette table qui sera resté en caisse deux ans avant d'être expédiée au Mexique... Mais pourquoi digitaliser si l'on n'est pas certain de pouvoir un jour compléter l'équipement?

Le financement de la station Sun a été obtenu à la suite d'une demande de soutien faite personnellement par la DG antérieure auprès du Ministère des Relations Extérieures.

Cette demande a abouti près d'un an après le passage de la DG au Mexique.

Comme cela ne suffisait encore pas, il nous a fallu enfin obtenir un financement sur crédits incitatifs du département MAA (axe 7).

- La question du partenaire est essentielle. Un tel outil n'est utile que s'il intéresse le partenaire et si celui-ci est en mesure de l'alimenter et de le faire fonctionner.

On ne monte pas un SIG dans un pays sans information.

On ne monte pas un SIG dans une institution qui n'a pas le statut ou les moyens politiques d'accéder à l'information.

C'était le cas de l'INIREB, institution aujourd'hui défunte, dans laquelle on projetait initialement de monter le projet. On voit donc que les multiples résistances ont eu au moins pour effet bénéfique de nous mettre à la recherche d'un partenaire plus approprié.

La signature d'une convention avec l'INEGI a été le fruit de longues négociations que plusieurs changements de présidence (trois) n'ont évidemment pas facilité.

Les tractations n'ont vraiment évolué qu'à la suite d'une communication au congrès international de cartographie, qui par chance, avait lieu au Mexique et était organisé par l'INEGI.

Mais le véritable moteur de cette union, dont on ne peut que se réjouir, fut le «Secretaria de Planeacion y Presupuesto» de l'Etat de Veracruz, qui, très vite, avait mesuré tout l'intérêt de cet outil en terme d'aide à la planification.

- L'évolution des matériels est une autre pierre d'achoppement; elle oblige les informaticiens à adapter sans cesse leurs programmes aux nouveaux matériels. En 4 ans nous sommes passés du mini-6 et l'écran graphique Gixi aux stations Sun.

On vient maintenant de découvrir que ces problèmes d'adaptation se posent aussi entre les différents modèles d'une même marque; le SIG Veracruz est le seul programme utilisant Tigre et disposant d'une station Sun 3-60. Des commandes système ayant disparu de ce modèle, l'envoi d'une image sur traceur est dans l'immédiat impossible. Marc Souris doit nous faire parvenir dans les semaines qui viennent une version adaptée à la station.

Les mêmes problèmes se sont posés pour la restitution sur traceur des cartes digitalisées avec Mygale. C'était parfaitement rodé pour un traceur Benson; nous disposons d'un traceur Calcomp - il a donc fallu se plonger dans les sources.

- Les problèmes de communication et les lenteurs de l'administration posent aussi problème. On a déjà vu les délais nécessaires à l'obtention des crédits. L'ensemble du financement était à l'ORSTOM en septembre 1988; nous venons à peine de recevoir la station SUN et nous fêterons bientôt le premier anniversaire de la convention.

Dans le cas d'un SIG, on ne peut pas considérer que ces délais soient normaux; le volume de l'information à saisir et à traiter, la qualité du partenaire et l'abondance de la demande n'autorisent pas à pantoufler. Nous ne sommes pas certains que l'ORSTOM en France en ait vraiment mesuré l'enjeu.

Enfin, il est certain que la présence de M. Souris en Equateur ne facilite pas les choses. Cela oblige à des échanges triangulaires entre le Mexique, Quito et Bondy. C'est une question à l'ordre du jour : elle n'est pas encore résolue.

- L'accès aux données de l'INEGI ne pose pas de difficultés majeures, dès lors qu'on s'engage à respecter les règles de confidentialité en vigueur dans le pays. Jusqu'à présent, on a pu disposer des données sur bande du recensement de 1980 et de l'enquête ejidale de 1988. L'absence de liaison physique entre la station Sun et le dérouleur de bande de l'INEGI nous oblige à des transferts des fichiers sur disquettes; cela fonctionne mais la solution n'est pas la plus performante.

- La restitution de cartes couleurs en vue d'édition pose une autre question difficile. Les options qui nous sont proposées ne répondent que très imparfaitement à notre attente.

L'imprimante Laser noir et blanc produit des documents de très bonne qualité mais de petit format et sans couleur.

Le Tetha-Scan produit un document couleur de qualité moyenne un peu plus grand, mais inutilisable pour l'édition; c'est parfait pour les démonstrations ou pour la production de documents de travail, mais restet très cher, eu égard aux services rendus.

Les seuls périphériques graphiques permettant la production de cartes couleur de grand format prêts au passage à l'imprimerie sont d'un coût prohibitif: voir à ce sujet les systèmes Vizir, Sytec, Intergraph,...

L'INEGI disposant, on s'en doute, de toute l'infrastructure d'imprimerie, nous pensons nous orienter vers la production sur traceur de documents intermédiaires.

Nous pensons décomposer l'image écran en autant de cartes noir et blanc que de couleurs et de trames. Les essais restent à faire, mais la solution semble séduisante. Nous en saurons plus en septembre, si on trouve d'ici là le moyen d'envoyer une image Tigre sur le traceur Calcomp.

1.4. Conclusion

Puisque l'objet de cette note est de comparer, tentons de conclure sur ce point.

On observe d'abord une grande confusion entre cartographie automatique et système d'information géographique.

Celle-ci fait trop souvent dire tout et n'importe quoi au thématicien qui se pique d'informatique; combien de fois n'avons nous pas entendu dire que tel logiciel produit d'excellents modèles numériques de terrain, que tel autre «fait la même chose et tourne sur micro», bref on se demande bien pourquoi l'ORSTOM tente de refaire ce qui est déjà sur le marché.

Cette question pourrait être développée plus longuement, mais la description faite plus haut des travaux en cours devrait montrer qu'on ne parle pas tous le même langage.

Le système Tigre reprend le principe des bases de données relationnelles. Ce faisant, il autorise la mise en œuvre de l'ensemble des opérations classiques de croisements et de superpositions dans la partition spatiale souhaitée; bref il met en relation des répartitions spatiales.

Cela distingue très nettement ce système des logiciels statistiques associés à des modules de cartographie automatique. Dans Tigre, les calculs statistiques sont limitées aux opérations élémentaires (moyenne, écart-type, corrélation,...).