
Eléments pour une analyse critique des systèmes d'information géographique

Christian Mullon* — Patrice Boursier**

* ORSTOM

Laboratoire d'informatique appliquée
70, route d'Aulnay
93140 Bondy

** Université Paris-Sud

Laboratoire de recherche en informatique
URA 410 — CNRS
91405 Orsay

RÉSUMÉ. Nous dressons dans cet article un panorama des projets de systèmes d'information géographique (SIG), et nous les analysons de différents points de vue, notamment en fonction de leur origine, de leur problématique, ou du mode de circulation des informations qu'ils sous-tendent. Cette analyse aboutit à une typologie des projets de SIG, et au-delà, elle permet de poser les bases d'un guide méthodologique des SIG, destiné aux entreprises, aux collectivités locales, ainsi qu'aux organismes de recherche confrontés à l'évaluation a priori ou a posteriori de projets de SIG.

ABSTRACT. We draw up a panorama of geographic information systems (GIS) projects, and we analyse them from different viewpoints, such as their origin, their problematics or the way they take into account the circulation of information. This analysis leads to a typology of GIS projects, and beyond it allows to lay the foundations of a methodological guide, devoted to private companies, local communities, or research institutes which have to make a priori or a posteriori evaluation of GIS projects.

MOTS-CLÉS : SIG, typologie, évaluation, analyse, méthodologie.

KEY WORDS : GIS, typology, evaluation, analysis, methodology.

1. Introduction

L'objectif de cet article est de présenter les grandes lignes d'un guide méthodologique des systèmes d'information géographique (SIG), destiné aux entreprises, aux collectivités locales, aux organismes de recherche confrontés à l'évaluation de projets où n'apparaissent pas toujours clairement distingués objectifs, méthodes et moyens. La méthode employée consiste à poser des questions d'ordre

ORSTOM Fonds Documentaire

N° 28-10-1-11

Cote : B

14 SEP. 1993

technique et méthodologique, précises, permettant d'aider à l'expression des objectifs et d'évaluer l'adéquation des moyens à ces objectifs [USGS, 1988].

Le développement d'une nouvelle technologie passe, paraît-il, par une série de phases de perplexité, d'enthousiasme, de déception et enfin de maturité. Il n'y a aucune raison pour qu'il en aille différemment en ce qui concerne les SIG. Aujourd'hui, si on analyse les projets et si on écoute les intéressés, on peut considérer que la technologie des SIG est en train de passer de la perplexité à l'enthousiasme et qu'en tout état de cause, elle est encore loin de la maturité : nulle part, on n'installe un SIG avec la maîtrise dont on sait faire preuve, par exemple, à l'occasion d'un projet de bureau ou d'informatique de gestion.

Par SIG, on entend tout à la fois :

— un outil : un SIG est un logiciel articulé autour d'une fonction de superposition de cartes et comprenant des fonctions moins spécifiques de gestion et d'édition de données ; c'est là la définition anglo-saxonne du terme SIG,

— une base de données : un SIG est constitué d'un ensemble d'informations ayant une composante géographique et d'outils de gestion de cette information,

— un système d'information : un SIG est un ensemble organisé de procédures de collecte, de gestion et de diffusion d'informations qui possèdent la particularité d'avoir une composante géographique.

Selon les cas, on parle d'acheter un SIG, de constituer un SIG ou de concevoir un SIG ; ce qui ne manque pas de susciter des contre-sens. En fait, l'ambiguïté est générale en matière de SIG. Il n'y a pas d'accord sur la façon de développer le sigle : système d'information géographique ou système d'informations géographiques. Il découle de tout ceci que l'on constate, dans les projets, dans la littérature spécialisée, dans les publicités ou dans les salons commerciaux des contenus très divers du terme SIG, associé selon les cas à des opérations d'édition cartographique, de gestion cadastrale, d'aménagement du territoire ou de mise en place d'observatoires.

Nous éviterons de nous lancer dans un essai de définition précise du terme SIG, forcément limitative, qui souleverait des questions terminologiques de peu d'intérêt au vu de la nouveauté du concept. Nous préférons, de façon pragmatique, retenir une acception très générale de la notion de SIG, et dans ce cadre élargi examiner les opérations en cours et en projet, tirer le bilan des expériences achevées de façon à préciser les questions les plus pertinentes et les plus urgentes posées par cette nouvelle technologie.

2. Domaines d'application des SIG

En premier lieu, pour donner une idée de la diversité des applications des SIG, précisons comment ils sont employés pour résoudre des problèmes de gestion urbaine, de planification et d'aménagement du territoire, de présentation ou de communication cartographique, et de recherche scientifique.

2.1. Gestion urbaine

Les applications de gestion des données urbaines sont destinées principalement à la gestion du cadastre, des réseaux, du patrimoine et du mobilier urbain [Dureau, 1991]. Elles sont maintenant bien identifiées, et les produits du marché répondent en général assez bien à cette catégorie de besoins [Pelletier, 1991].

Les utilisateurs de ce type d'applications sont essentiellement les services techniques des collectivités locales. Les données concernées par ces applications sont pour l'essentiel des données cartographiques à grande échelle, stockées sous forme de "banques de données urbaines" (BDU). Les traitements sont quotidiens. Ils consistent en applications dédiées qui correspondent à des besoins spécifiques, et en requêtes qui nécessitent l'utilisation d'un langage à la fois souple et puissant, de type SQL étendu.

Relèvent de cette première catégorie les applications suivantes :

— la gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétaires, calcul des surfaces), et l'application du droit des sols (délivrance des permis de construire et des certificats d'urbanisme),

— la gestion des réseaux, pour le suivi et l'entretien des réseaux d'assainissement, de distribution d'eau potable, d'électricité, de gaz ou de téléphone,

— la gestion du patrimoine, qui a trait à la gestion des espaces verts, parcs et jardins ; la gestion des bâtiments publics, scolaires ou hospitaliers ; ainsi que la gestion des ouvrages d'art, des sites archéologiques et des monuments,

— la gestion des transports, des voies de circulation et de la signalisation routière, pour en assurer le suivi et l'entretien, définir des plans de circulation, gérer l'éclairage public, organiser les ramassages scolaires ou établir des statistiques relatives aux accidents de circulation,

— les applications topographiques, pour tout ce qui concerne les travaux publics et le génie civil, avec notamment l'assistance aux travaux sur la voie publique,

— la planification urbaine, qui s'appuie sur le plan d'occupation des sols (POS), sur les prévisions d'aménagement, et dans certains cas encore assez rares sur le tracé de perspectives urbaines en trois dimensions.

Il faut également citer les observatoires géographiques, urbains ou régionaux, dont le but est d'avoir une image continue de la ville ou de la région, et de son évolution en matière de population ou d'emploi, par exemple [Joliveau, 1991].

Ces applications sont caractérisées par :

— des données de base à grande échelle, de l'ordre du 1 : 200 au 1 : 10 000, issues de levés topographiques, de plans cadastraux ou de traitements photogrammétriques. La précision requise entraîne la numérisation et le stockage de gros volumes d'information (de l'ordre du giga-octet, c'est-à-dire du milliard de caractères), ce qui signifie des délais et des coûts importants pour la saisie et le stockage,

— des traitements fréquents, mais de courte durée, bien définis, et que la plupart des produits dédiés savent gérer et proposer à l'utilisateur à l'aide d'un langage de

commandes, ou mieux d'un langage de requêtes, plus proche du langage naturel et qui permet d'exprimer plus facilement des "requêtes géographiques". Le tracé de perspectives urbaines requiert des traitements très particuliers utilisant les techniques de synthèse d'image,

— des sorties sous forme traditionnelle (textuelle, numérique ou alphanumérique), pour connaître par exemple le propriétaire ou la surface d'une parcelle, ou bien la liste des parcelles appartenant à une personne sur le territoire de la commune ; mais aussi des sorties cartographiques précises, pour des plans de réseaux par exemple, et principalement à l'aide de dispositifs de type table traçante. Le tracé de perspectives urbaines nécessite du matériel et du logiciel spécifiques et beaucoup plus coûteux.

2.2. Planification et aménagement du territoire

L'aide à la décision concerne principalement l'aménagement, urbain ou péri-urbain, ainsi que les applications liées à la gestion des ressources naturelles et à la protection de l'environnement. Ce type de besoin est à la fois plus complexe et moins bien identifié que le précédent. Les produits actuellement proposés sur le marché ne répondent que partiellement et imparfaitement à ces besoins encore nouveaux.

Les utilisateurs sont des décideurs qui souhaitent avoir une information claire, pas nécessairement très détaillée, mais rapidement et à l'aide d'un outil souple et puissant. Les données manipulées sont très diverses, à la fois multi-sources, multimédias et multi-échelles. La précision n'est pas nécessaire, mais des outils d'acquisition rapide sont indispensables, logiciels ou matériels. Les traitements se présentent généralement sous la forme de projets qui s'échelonnent sur plusieurs jours, voire plusieurs semaines ou plusieurs mois. Des traitements avancés tels que simulations et visualisations en trois dimensions sont souvent requis.

Cette seconde classe d'applications concerne :

— les études d'impact, afin d'étudier la possibilité d'implantation d'une école, d'un centre commercial ou d'une zone industrielle ; ou bien encore pour préparer la réhabilitation ou la reconstruction d'un quartier,

— les études d'ingénierie routière, semblables aux précédentes dans la finalité, mais qui requièrent des fonctionnalités spécifiques en raison du domaine d'application particulier (construction de routes et d'autoroutes),

— les applications liées à la sécurité civile, pour aider à la prévention des risques naturels et technologiques, ainsi qu'à l'organisation des secours en cas de sinistre (incendie, pollution, inondation),

— la gestion des ressources naturelles, pour assurer la protection de l'environnement, effectuer des études géologiques, climatologiques ou hydrographiques, ou bien pour apporter une aide à la recherche et à l'exploration minière.

Ces applications sont caractérisées par :

— des données à des échelles moyennes, de l'ordre du 1 : 5 000 au 1 : 100 000, suivant l'étendue du territoire concerné. Elles proviennent de documents cartographiques, de photographies aériennes ou d'imagerie satellitaire, ainsi que de cartes d'altitude ou "modèles numériques de terrain" (MNT). Le degré de précision requis est généralement plus faible que pour les applications de gestion urbaine,

— des traitements peu fréquents mais "de longue durée", contrairement aux traitements de gestion urbaine, surtout pour effectuer des études d'impact accompagnées de simulations. De tels traitements requièrent des fonctionnalités spécifiques, qu'on qualifie parfois de traitements d'"analyse géographique" ou d'"analyse spatiale". Des traitements d'image relativement simples permettent, à partir de couples d'images aériennes ou satellitaires ou bien de modèles numériques de terrain, de dessiner des vues en perspective sous forme de blocs-diagrammes en trois dimensions. Des traitements plus complexes de type synthèse d'image ont pour but d'effectuer des simulations visuelles aussi réalistes que possible,

— des sorties cartographiques thématiques ou analytiques, ne nécessitant pas de tracés très précis, mais plutôt des moyens de production rapides et peu coûteux pour tout ce qui concerne les travaux d'analyse. Le tracé de blocs-diagrammes peut aussi se faire sur des traceurs petit format, ou bien sur des imprimantes graphiques assez peu chères. Les sorties de synthèse d'image nécessitent des matériels plus conséquents, avec notamment la couleur.

2.3. Cartographie de présentation et de communication

La cartographie numérique touche également les applications de communication et de présentation assistée par ordinateur. La cartographie thématique est le plus souvent utilisée pour ce type d'applications. De nombreuses entreprises utilisent également des représentations de type "tableaux de bord" pour présenter et mettre en valeur leurs activités, leur champ d'action ou leurs résultats.

Les utilisateurs sont à l'heure actuelle des entreprises privées plutôt que des collectivités locales ou territoriales. Ce type de cartographie simple devrait toutefois se développer aussi dans cette direction, dans la mesure où il permet à une collectivité de présenter son action de manière simple et efficace, et à peu de frais. Les données utilisées pour cette catégorie d'applications sont généralement des données cartographiques, à petite ou moyenne échelle. La précision n'est pas nécessaire. Les traitements sont simples, consistant essentiellement en "habillage" de cartes et en superpositions thématiques.

Nous avons classé dans cette catégorie les applications suivantes :

— les études thématiques, pour visualiser et mettre en valeur des données démographiques, politiques, socio-économiques, touristiques, épidémiologiques ou commerciales, à l'échelle locale, régionale ou nationale [Charre, Miellat et Waniez, 1989],

— le marketing géographique, ou "géo-marketing", pour la présentation sous

— les tableaux de bord cartographiques, pour la présentation et la mise en valeur d'activités, de réalisations ou du patrimoine local ou régional, que ce soit en matière économique, industrielle, culturelle ou touristique.

Ces applications sont caractérisées par :

— des données à des échelles petites ou moyennes, qui vont du 1 : 10 000 au 1 : 1 000 000, suivant que l'on travaille au niveau d'une ville, d'une région ou du territoire national. Le degré de précision requis est généralement faible. Ces données proviennent de sources cartographiques associées à des données statistiques, des résultats d'enquêtes ou bien des données de recensements. Les travaux de numérisation sont souvent réduits, et même parfois inutiles, du fait de la commercialisation de plus en plus fréquente de fonds cartographiques déjà numérisés,

— des traitements typiques de cartographie thématique, peu complexes mais suffisamment souples pour permettre des représentations diverses (bibliothèques de symboles graphiques, choix de trames ou de couleurs, possibilités d'agrégation-désagrégation), et très faciles à mettre en œuvre à l'aide d'interfaces graphiques avec menus déroulants [Laurini, 1989],

— des sorties cartographiques thématiques de bonne qualité lorsqu'on s'adresse à des décideurs, ou lorsque les sorties sont destinées à l'édition d'ouvrages.

2.4. Applications du domaine scientifique

Alors que les premiers projets de SIG, au début des années 1980, ont concerné, tant en France qu'à l'étranger, les collectivités locales et les offices d'aménagement, on constate aujourd'hui une profusion de projets de SIG dans les instituts de recherche scientifique, notamment à l'ORSTOM, à l'INRA, au CNRS, au CIRAD et au CEMAGREF.

Cette situation s'explique par l'importance accordée à la question de la gestion de l'espace dans les programmes de recherche sur l'environnement [Séchet, 1989 ; Campbell, 1989].

Relèvent de cette catégorie :

- des études de modélisation d'écosystèmes spatialisés complexes,
- des études d'aménagement au niveau régional ou national,
- des études d'impact,
- la mise en place de dispositifs permanents d'observation.

Ces applications sont caractérisées par :

- des échelles très diverses,
- la possibilité de simulations interactives,
- l'absence de prise en compte des problèmes liés à la gestion (comptable) des informations spatialisées.

Il est à noter que, dans le domaine de la recherche scientifique, on considère les SIG non seulement comme un outil, mais également comme générant une

organisation sociale originale de production de savoir, et que l'on préconise des recherches en sociologie des organisations pour l'étude du phénomène de l'introduction des SIG dans les entreprises et les collectivités locales [Weber, 1991].

3. Problématique des SIG

La constitution d'un SIG est-elle toujours nécessaire? Il faut en effet tenir compte de risques, réels en l'occurrence, de panurgisme. Elle n'est pas résolue d'avance : dans divers domaines, les expériences menées ont été de petite taille, de nature expérimentale, et il n'est pas évident que les SIG aient un quelconque apport en matière de productivité.

Faut-il regrouper divers projets autour d'un dispositif commun ? Et comment ? Nous évoquons ci-dessous quelques aspects de ce problème liés au dispositif.

Faut-il promouvoir le développement en interne de logiciels dédiés ou bien l'utilisation de logiciels commerciaux ? Faut-il choisir un logiciel commun avec des avantages en matière de coûts, d'homogénéisation, mais avec le risque de faire un mauvais choix et la difficulté de trouver un outil universel ?

Faut-il promouvoir la création d'une banque de données cartographiques avec l'avantage de permettre la réutilisation des informations saisies, mais avec les inconvénients inhérents à la mise en place d'une structure permanente ?

Une question importante et propre aux organismes de recherche scientifique se pose au sujet des SIG : constituent-ils un problème de recherche, ou bien sont-ils seulement un outil à utiliser correctement ?

Toute introduction d'une nouvelle technologie dans la recherche donne lieu à des questions de ce type. Actuellement, divers types de réponse se dégagent : pour les géographes [Dandoy et Poncet-Dandoy, 1990], la problématique des SIG est une partie intégrante de l'analyse spatiale, et à ce titre les SIG constituent un objet de recherche ; pour les informaticiens [Boursier et Maingnaud, 1992], ils représentent un domaine d'application particulier et complexe qui révèle entre autres les limites des outils de type systèmes de gestion de bases de données (SGBD) ; pour les chercheurs en sciences physiques, les SIG sont un outil de production cartographique, tandis que les chercheurs en sciences naturelles ont actuellement une position médiane.

3.1. Aspects caractéristiques de l'information géographique

Pour résoudre les questions évoquées ci-dessus, le bon sens recommande d'examiner précisément les besoins et d'en déduire les moyens à mettre en œuvre. Or, toute l'expérience de l'analyse systémique appliquée à l'analyse de projets informatiques conduit depuis quelques années à une révision, si ce n'est à une remise en cause de ce principe. La phase d'expression des besoins apparaît extrêmement délicate et biaisée, et on peut alors se demander si on ne crée pas des besoins artificiels en en forçant l'expression.

Pour sortir de cette difficulté, il est recommandé de passer d'une approche par les besoins à une approche par les données. Il est ainsi admis qu'une approche par les besoins conduit à parcelliser les solutions proposées, en matière de structures de données comme de construction de programmes, et à générer des ensembles incohérents.

La nécessité d'une approche globale conduit à construire un système d'information articulé avec l'ensemble de l'organisation. Pour construire un ensemble cohérent, il est recommandé de s'appuyer sur ce qui apparaît être l'élément stable du système, à savoir les modes de définition et de régulation de l'information. Des outils élaborés (modèles conceptuels des données et des traitements) permettent d'envisager une expression des besoins de traitement cohérente et sans biais.

Il est important d'analyser la nature exacte de l'information traitée, ses structures et ses circuits, et on dispose pour cela d'outils particulièrement puissants tels que les modèles conceptuels de données, ou de méthodes de conception telles que Merise [Tardieu, Coletti et Rochfeld, 1983], qui assurent l'indépendance des bases de données vis-à-vis des traitements.

Dans le cadre des SIG, ces principes recommandent de nous intéresser à la nature de l'information géographique et à sa spécificité [Rouet, 1992].

3.1.1. Caractère symbolique de l'information cartographique

Un certain nombre de procédés cartographiques élémentaires font apparaître la nature très particulière de l'information cartographique :

- représentation et localisation des villes : les villes sont représentées par des cercles de taille proportionnelle à leur population ; lorsque ces cercles se superposent (par exemple pour Lille, Roubaix, Tourcoing), on décale arbitrairement leur centre de façon à donner une meilleure idée de la situation,

- représentation d'un découpage zonal : pour mieux mettre en évidence une structure sous-jacente à une carte, les cartographes ont l'habitude d'accentuer des contrastes, par exemple en agrandissant légèrement les zones de très petite taille et en rétrécissant les zones de très grande taille,

- traits de côtes : on remodèle certains caps et péninsules pour mieux donner une idée de la forme d'une côte escarpée.

Dans tous ces cas, il y a exactitude géographique et inexactitude géométrique :

En fait une carte constitue une représentation symbolique de la réalité, et toute carte est symbolique : les objets représentés, les traits, les frontières, les couleurs et les trames. Ces différentes composantes n'ont de valeur qu'en fonction de l'effet global que la lecture de la carte produit sur le lecteur.

Mais les cartes (en tant que symbolisation de la réalité) ne constituent pas le seul type d'information localisée qu'on peut introduire dans un SIG. On pensera en particulier aux images satellitaires qui reprennent des mesures physiques (réflectance) et qu'on doit considérer, avant leur traitement, comme relevant d'un autre niveau de symbolisation moins élaboré. Il arrive qu'on sous-estime la difficulté méthodologique de la coordination de différents niveaux de symbolisation.

3.1.2. Diversité de l'information géographique

Qu'y a-t-il de commun entre une carte d'édition cartographique (d'un mètre de côté, avec une légende comportant des dizaines de symboles, représentant de nombreux thèmes), et une carte de synthèse (d'un décimètre de côté, avec une légende comportant moins de cinq symboles, représentant un seul thème) ? Quelles sont les unités communes à une carte géologique et à une carte politique ?

On constate que la superposition de cartes d'échelles trop disparates, ou bien de types trop divers, par exemple de cartes de géographie physique et de cartes de géographie humaine, produit la plupart du temps des résultats inutilisables.

3.1.3. Rareté de l'information géographique

Se trouvant confronté à un grand nombre de cartes de terrain, on est souvent tenté de conclure que l'information géographique est abondante. Or, dès qu'on veut inclure des cartes dans un SIG, il s'avère que très souvent on ne dispose pas d'un stock initial représentatif. La décision de constituer un SIG se traduit alors par un travail d'édition cartographique supplémentaire imprévu, qui grève considérablement les budgets.

On n'oubliera pas de citer Yves Lacoste et son fameux "Les cartes, ça sert d'abord à faire la guerre !". Le caractère stratégique de l'information géographique est loin d'être anecdotique pour certaines catégories d'utilisateurs. Dans certains pays, l'exportation de cartes est soumise à autorisation, il existe des zones interdites à la cartographie, et il arrive qu'on introduise volontairement dans une carte des erreurs géométriques avec l'objectif d'égarer un éventuel ennemi.

3.1.4. Inexactitude de l'information géographique

Au-delà des inexactitudes géométriques qu'impose une symbolisation cartographique, on constate dans l'information géographique digitalisée des erreurs de types divers : certaines cartes, à la suite d'une conception trop rapide par exemple, contiennent de graves imprécisions qui concernent les données (points mal placés), l'échelle (absente) ou le mode de projection (non précisé). D'un autre côté, la digitalisation donne parfois lieu à des erreurs de manipulation qui résistent aux programmes de vérification de contraintes topologiques.

On croit souvent que les images satellites, du fait de la nature mécanique de leur acquisition, sont exemptes des "erreurs" énumérées ci-dessus. Ce n'est pas le cas : un certain nombre de facteurs ont un effet perturbant sur les images satellites. On citera par exemple les effets de relief dus à des variations de l'angle de visée, ou l'impact des variations atmosphériques sur la perspective. La composition atmosphérique modifie en effet la trajectoire des rayons lumineux, et donc la perspective de l'image, et ce second facteur est beaucoup plus difficile à corriger que le premier cité. Ces différents types d'erreurs empêchent souvent que l'image satellite devienne le repère absolu dont on a besoin dans un SIG.

Dès qu'on superpose deux cartes contenant des erreurs (par exemple dues à la saisie), le résultat obtenu met en avant le caractère imprécis ou erroné de l'information, ou les différences de structure, et non pas le phénomène recherché. Comment gérer cette difficulté ? Comment corriger une carte sans que les corrections effectuées ne se traduisent par de nouvelles incohérences lorsqu'on la superposera à des cartes différentes ?

Le phénomène de la prolifération des erreurs est primordial quand on croise des informations de natures et de provenances diverses. Il n'est pas propre aux SIG ; en théorie des bases de données, l'importance du concept d'intégrité a été soulignée dès l'origine, et les problèmes théoriques auxquels il donne lieu sont parmi les plus ardues. Dans le domaine des SIG, la difficulté du problème est telle qu'elle en devient un programme de recherche identifié. On trouve dans la bibliographie du sujet des articles, des ouvrages et des sessions de congrès qui portent explicitement sur le thème de la fiabilité de l'information géographique, et sur les modalités de sa gestion.

3.2. Points-clés

Un certain nombre de questions doivent être posées lorsqu'on envisage de constituer un système d'information géographique :

— est-ce que le fait d'organiser l'information géographique va l'améliorer ? Se traduire par une augmentation des flux de données ? Par une augmentation de l'homogénéité, de la cohérence, de la fiabilité des données ?

— comment résoudre le dilemme de la représentativité de l'information géographique au sein d'un système d'information ? En effet, l'information géographique en système doit être représentative, abondante ; or l'information géographique est rare, lacunaire, coûteuse, stratégique,

— comment résoudre le dilemme de la cohérence de l'information géographique en système ? L'information géographique en système doit être cohérente ; or l'information géographique est diverse, symbolique.

De plus tout utilisateur ou promoteur de SIG doit se prémunir contre un certain nombre de confusions spécifiques.

3.2.1. Géographie ou géométrie ?

Les logiciels qualifiés de SIG permettent tout à la fois la saisie et l'intégration de cartes et de données localisées, la gestion d'une base de données localisées, la manipulation à l'aide d'opérations de sélection et de superposition sur les données localisées, ainsi que l'édition cartographique interactive. C'est en fait la possibilité de superposer des cartes de divers types qui est l'idée originale qui fonde et organise les SIG. Cette idée est aussi à l'origine d'ambiguïtés : on confond en effet parfois information géographique et information géométrique. L'information géométrique est constituée de données physiques connues exactement, et à laquelle les procédures de superposition s'appliquent naturellement, tandis que l'information géographique

représent les données contenues dans une carte, donc de nature hautement symbolique face à laquelle les procédures de superposition apparaissent souvent inadaptées.

Il découle de cette confusion le processus suivant : dans un premier temps, on conçoit un SIG en imaginant des requêtes de type géométrique ; on construit la base de données à partir de données géographiques ; on se heurte à des impossibilités, et on conclut alors qu'il est nécessaire de disposer d'une information fiable, homogène, cohérente et normalisée. Toute la difficulté réside dans l'obtention, en amont, d'une information ayant ces propriétés. On peut certes considérer que, par les gains de productivité qu'ils procurent, les logiciels SIG contribuent à réduire cette difficulté, mais en fait ils ne font que la déplacer légèrement de l'amont vers l'aval.

3.2.2. Requêtes spatiales ou cartes ?

Une autre ambiguïté résulte de l'imprécision sur les objectifs qu'on trouve parfois dans les projets de SIG. Il peut en effet s'agir :

— de répondre à des requêtes géographiques, du type : "quels sont tous les quartiers de plus de 1 000 habitants, situés à moins de 2 km d'un espace vert ?",

— ou bien de constituer une carte correspondant à une telle requête, et donc de définir toute la symbolique afférente, de façon à obtenir un résultat cartographique acceptable.

En fait, ces objectifs sont complémentaires : lors de l'élaboration d'un projet de SIG, on imagine sous forme de requêtes spatiales les résultats attendus de l'opération. A l'utilisation, il s'avère que les besoins s'expriment presque toujours sous forme de cartes à constituer.

Dans ce cadre, les SIG sont une introduction à la cartographie et à l'analyse spatiale. Un cheminement similaire (l'utilisation de l'outil débouchant sur le constat d'un besoin de théorie) a souvent été noté à l'occasion de l'utilisation des logiciels statistiques.

3.2.3. Cartographie ou statistique ?

On croit souvent n'avoir à résoudre qu'un problème de superposition de cartes, traité naturellement par les outils SIG. A l'expérience, il s'avère que le fond du problème est en fait de nature statistique, voire de nature physique :

— statistique de l'extrapolation de données ponctuelles à des données zonales ; on évite souvent de se poser la question (statistique ou physique) du modèle sous-jacent,

— problème de la corrélation entre deux cartes zonales : quel indice statistique permet de corroborer les impressions visuelles, souvent subjectives, très sensibles aux choix de symbolisations employées lors de la constitution de la carte superposée ?

Il est illusoire d'envisager la constitution d'un SIG avant d'avoir acquis la maîtrise des techniques de superposition adaptées à la spécificité du problème traité,

soit autour d'un savoir-faire disciplinaire validé, soit à l'aide d'expériences sur des maquettes.

3.2.4. Normalisation

Ces confusions empêchent de bien appréhender une autre question-clé qui est celle de la normalisation. En effet, l'information géographique doit être normalisée pour permettre la superposition de cartes.

On doit en fait distinguer entre normalisation des modes de projection, normalisation de la représentation cartographique, et normalisation du codage informatique des données géographiques. Dans ces trois domaines, un effort de normalisation a été produit, qui n'a certes pas abouti, mais auquel il est indispensable de se référer :

— dans le domaine de la normalisation des systèmes de projection, on parle de plus en plus des coordonnées UTM. Mais si un accord semble se dégager autour de cette norme, il est aujourd'hui hors de question d'envisager de se passer des données cartographiques constituées avec d'autres normes. Comment dans ces conditions récupérer le rétrospectif ?

— dans le domaine de la normalisation des formats d'échange de données géométriques, c'est le format DXF (celui des données du logiciel de conception assistée par ordinateur Autocad) qui semble s'imposer, et qui est reconnu par la plupart des logiciels SIG. Son adéquation au traitement des données géographiques n'est pas aussi parfaite qu'on pourrait le souhaiter,

— le CNIG propose le système de symbolisation cartographique EDIGEO. La complexité de ce système fait qu'il n'est pas évident qu'il s'impose comme norme pour la représentation cartographique.

Il est important que les utilisateurs ("consommateurs" d'information géographique) se positionnent par rapport à ce vaste mouvement de normalisation qui, sans la participation des intéressés, risque de déboucher sur un système peu adapté et contraignant.

4. Analyser, caractériser et évaluer les projets de SIG

Nous avons indiqué dans les paragraphes précédents ce qui nous apparaissait constituer l'originalité de l'information contenue dans un SIG. Nous allons maintenant tenter de dégager des critères permettant d'analyser et d'évaluer correctement les projets de SIG, en tenant compte tout à la fois de cette originalité et des principes de l'analyse de projets informatiques.

4.1. Durée du projet

Les méthodes d'analyse informatique ont mis en évidence l'importance primordiale du cycle de vie dans la caractérisation de tout projet. Cette remarque apparaît à l'usage essentielle pour évaluer un projet de SIG : trop souvent, on

n'indique pas la durée du projet, sa permanence. Il est primordial de distinguer, d'une part les projets permanents, par exemple cadastre ou atelier de production cartographique, et d'autre part les projets temporaires tels que la cartographie pour une étude d'impact ou pour une enquête de terrain.

On évite peut-être cette distinction parce qu'elle est trop immédiate. Or les conséquences de cet oubli peuvent être dommageables ; on pensera aux projets permanents pour lesquels on ne prévoit pas de maintenance et aux projets temporaires conçus autour d'une base de données disproportionnée.

4.2. Cycle de l'information

Nous proposons d'examiner la circulation de l'information dans un SIG sur le modèle de la figure 1, en s'attachant aux flux d'information qui correspondent aux phases de collecte, d'intégration, d'extraction et d'action.

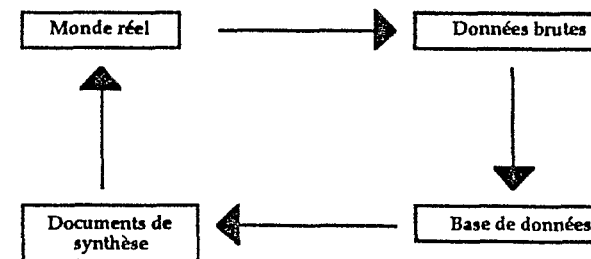


Figure 1. Modèle de circulation de l'information dans un SIG

Par *collecte*, nous entendons les travaux visant à la constitution de documents primaires : tableaux de données, cartes mono-thématiques ou enquêtes de terrain. Cette phase de collecte peut faire partie intégrante du système ; on peut également considérer qu'elle a déjà été réalisée et que le SIG à constituer le sera à partir de cartes existantes.

Par *intégration*, nous entendons l'ensemble des opérations visant à rassembler l'information collectée au sein d'une base de données structurée et cohérente. Cette phase comprend notamment les opérations de digitalisation des cartes.

Par *extraction*, nous entendons le travail souvent interactif qui vise à la production de documents élaborés, à partir des informations contenues dans la base de données.

Par *action*, nous entendons les opérations que l'on décide de mettre en œuvre à partir des documents produits lors de la phase d'extraction.

4.3. Gestion de la qualité de l'information

Lorsqu'on constitue un système d'information, un des objectifs est d'améliorer la qualité de l'information et de son mode d'organisation, non seulement sur le plan de

la facilité d'accès, mais également sur le plan de la validité. Dans ce cadre, les méthodes d'analyse informatique distinguent deux grands types de procédures de traitement du problème de qualité de l'information :

— contrôle à l'entrée : c'est lors de l'introduction d'une information que l'on vérifie sa validité et le fait qu'elle n'implique aucune contradiction avec les informations existantes,

— utilisation de l'effet en retour de la gestion de l'information pour la corriger : c'est en attachant la plus grande importance aux réactions des personnes concernées par une information erronée qu'on définit les modes de traitement des erreurs.

Ce problème n'est pas propre aux SIG : la mise en place de systèmes d'information divers, comme par exemple le système comptable d'une entreprise ou une base de données documentaires, donne lieu à des techniques différentes de gestion de la qualité de l'information.

Dans le système comptable d'une entreprise, on utilise bien sûr les modalités de contrôle (contrôle d'existence, contrôle de disponibilité), mais on s'attache surtout à définir précisément des procédures de dialogue entre partenaires, de façon à assurer que lorsqu'une des parties concernées constate une erreur, elle ait intérêt à sa correction et obtienne la modification nécessaire.

Dans une base de données documentaires, tout le travail d'indexation des documents constitue un contrôle à l'entrée, tandis que les consultations d'information ont peu d'effet en faveur d'éventuelles corrections d'incohérence.

Les procédures de contrôle à l'entrée présentent l'avantage de la simplicité, et l'inconvénient de devoir être valables pour tous les types d'informations prises en compte dans un SIG (nécessité de la définition *a priori* d'une nomenclature précise de tous les objets contenus). Les procédures basées sur l'utilisation de l'effet en retour de la gestion présentent des avantages en matière de coûts, et l'inconvénient de devoir rentrer dans des considérations sur la propriété de l'information.

Il est toujours difficile de concilier ces deux modes de gestion. Cette difficulté se retrouve au sein d'une entreprise, lorsqu'on souhaite par exemple associer le système de gestion comptable à un système interactif d'aide à la décision (tableau de bord permanent).

Dans le domaine des SIG, cette incompatibilité fondamentale empêche par exemple que l'on puisse envisager de relier un observatoire urbain (données synthétiques à moyenne échelle) à un système de gestion de cadastre (données élémentaires à grande échelle) [Joliveau, 1991].

4.4. Diversité et complexité de l'information

Dans un projet de SIG, il est important d'examiner la diversité et la complexité des données qu'on envisage de regrouper. Du fait des problèmes techniques sous-jacents, la prise en compte de cartes complexes et de types très divers limite naturellement le volume d'informations qu'il est raisonnable d'inclure dans un système d'information, ainsi que le type des traitements envisageables.

données de structure complexe (une carte géologique plurithématique, par exemple). Ce qui permet de distinguer, sur le plan fonctionnel, des SIG contenant des données ayant toutes la même structure, et des SIG contenant des données de structure très diverse (des découpages en zones, des cartes de lieux et des images satellites).

Il se dégage de ces réflexions — mais c'est aussi la conclusion de nombreux praticiens — que la difficulté du problème croît beaucoup plus rapidement que le nombre et la diversité des types de cartes contenues dans un SIG, et qu'il est nécessaire d'envisager une péréquation reliant la complexité des cartes, leur diversité, et leur nombre, en rejetant l'idée de jouer sur des échelles trop disparates. Énoncé plus directement, le problème consiste à savoir choisir entre :

— des systèmes contenant peu de cartes complexes et diverses, mais qui offrent une certaine souplesse d'utilisation,

— des systèmes contenant de nombreuses cartes simples et de même type, avec également la souplesse d'utilisation,

— des systèmes avec de nombreuses cartes complexes et diverses, mais sans souplesse d'utilisation.

4.5. Dimensionnement du projet

Comme pour tout projet informatique, il est nécessaire de savoir conduire une évaluation des coûts de développement, d'acquisition des données, des traitements, ainsi que des flux de données.

Il faut savoir dimensionner un projet et mettre en relation les coûts d'acquisition, de stockage et de maintenance de l'information, les flux d'acquisition, de stockage, de maintenance et d'utilisation de l'information, ainsi que les bénéfices liés à l'utilisation de l'information. Le tableau 1 donne une estimation du coût des différentes phases d'un projet de SIG.

Dans de nombreux projets de SIG, on constate une analyse correcte des coûts en logiciel et matériel, et une sous-estimation parfois radicale des coûts de personnel informatique et des coûts liés à l'acquisition des données. A titre indicatif, nous proposons dans le tableau 2 quelques exemples de décomposition budgétaire de projets "réalistes".

Digitalisation d'une carte zonale. Exemple : carte des cantons français (5000 zones)	de 20 à 30 KF (environ 4 francs par zone)
Acquisition de cartes digitalisées. Exemple : base de données cartographique IGN d'un département	de 250 à 500 KF
Image satellitaire	10 KF
Constitution d'un MNT à partir d'images satellites	de 25 à 100 KF
Acquisition d'un logiciel pour micro-ordinateur	de 3 à 50 KF
Acquisition d'un logiciel pour station de travail	de 100 à 300 KF
Acquisition de matériel dédié : micro-ordinateurs et périphériques	80 KF
Acquisition de matériel dédié : station de travail et périphériques en configuration basse	200 KF
Acquisition de matériel dédié : station de travail et périphériques en configuration élevée	1 MF
Année d'ingénieur informaticien	300 KF
Année d'opérateur d'exploitation	150 KF

Tableau 1. Estimation du coût de certaines phases d'un projet de SIG

	Configur. haute	Configur. moyenne	Configur. basse
Investissement	1 MF	300 KF	150 KF
Personnel	3 MF	1 MF	500 KF
Données	9 MF	3 MF	1,5 MF

Tableau 2. Répartition des coûts dans des projets de SIG équilibrés d'un point de vue budgétaire

4.6. Types d'utilisateurs

Pour caractériser un SIG, il est nécessaire de préciser les modalités d'accès à l'information qu'il rassemble, et en particulier de définir à quel type d'utilisateur il sera destiné. Qui va utiliser le SIG, et de quelle façon? Des géographes? Des aménageurs? Les décideurs par l'intermédiaire de techniciens? Les décideurs par eux-mêmes? Les techniciens chargés d'établir des rapports de synthèse? Les décideurs au cours d'une phase d'élaboration?

5. Vers une typologie des SIG

5.1. Projets types

L'efficacité des critères proposés plus haut pour la caractérisation des SIG (durée, cycle de l'information, gestion de la qualité de l'information, diversité et complexité de l'information, dimensions) tient à ce qu'ils permettent de définir des projets de SIG bien typés, articulés autour d'une fonction principale qui est selon les cas :

- l'aménagement et l'analyse spatiale,
- la cartographie statistique et la cartographie d'enquêtes,
- l'édition multi-média,
- la gestion d'information spatiale,
- la cartographie de production,
- les observatoires,
- les conservatoires,

et de faire émerger une typologie brièvement présentée sur les figures 2 à 8.

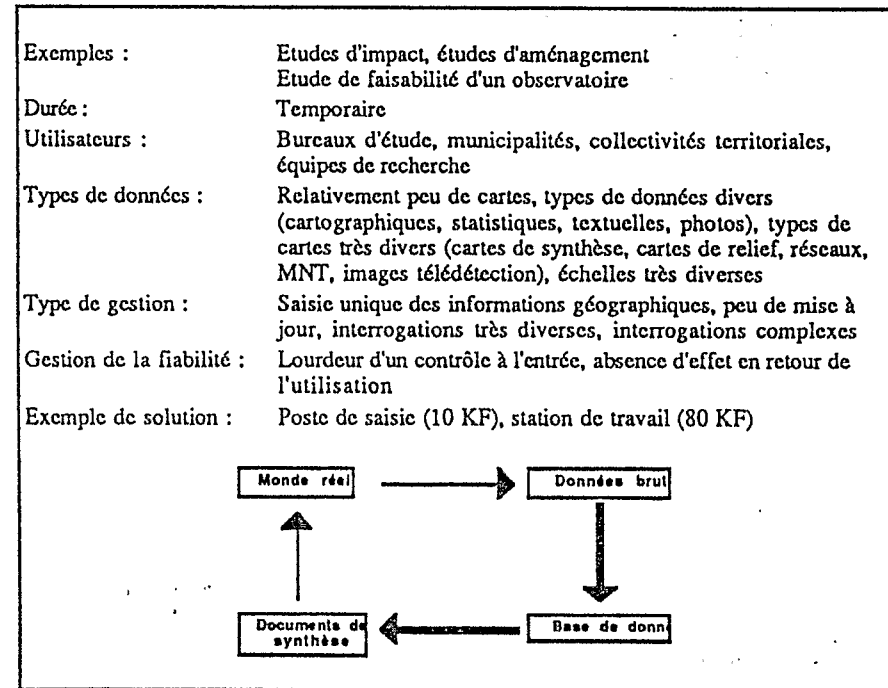


Figure 2. SIG pour l'aménagement et l'analyse spatiale

Exemples : Cartes de synthèse d'un ouvrage scientifique
 Durée : Temporaire
 Utilisateurs : Chercheurs
 Types de données : Peu de cartes, peu de types de cartes, cartes simples
 Type de gestion : Saisie unique, peu de mise à jour, peu d'interrogations, interrogations en mode interactif, interrogations standardisées
 Gestion de la fiabilité : Contrôle à l'entrée, peu d'effet en retour
 Exemple de solution : Logiciel (3 000 F) sur micro-ordinateur (30 KF) (saisie réalisée par l'intéressé)
 Exemple de solution : Logiciel sur micro : 50 KF, saisie du fond de carte : 30 KF

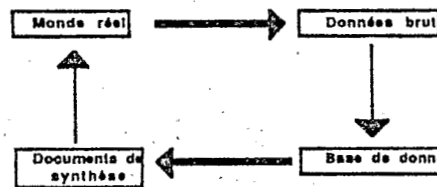


Figure 3. SIG pour la cartographie statistique

Exemple : Edition d'un CD-ROM géographique
 Durée : Temporaire
 Utilisateurs : Editeurs scientifiques
 Types de données : Beaucoup de cartes, cartes très simples, beaucoup de données, beaucoup de types de données
 Type de gestion : Saisie unique, pas de mise à jour, beaucoup d'interrogations, interrogations simples (navigation)
 Gestion de la fiabilité : Pas d'effet en retour
 Exemple de solution : Logiciel Hypercard (1 200 F) sur micro-ordinateur (50 KF)
 Saisie par scanner (15 KF)
 Pressage d'un CD-ROM (20 KF)

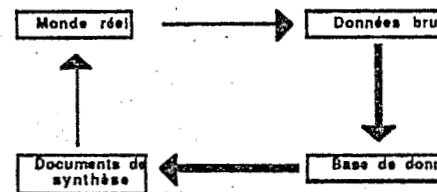


Figure 4. SIG pour l'édition multimédia

Exemples : Cadastres, réseaux urbains
 Durée : Permanente
 Utilisateurs : Municipalités, organisations territoriales
 Types de données : Peu de cartes, peu de types de cartes, cartes complexes
 Type de gestion : Misc-à-jour permanente et en temps réel, interrogations en temps réel, interrogations standardisées
 Gestion de la fiabilité : Contrôle à l'entrée, très fort effet en retour
 Exemple de solution : Logiciel sur station de travail : 300 KF
 + un ingénieur informaticien
 + trois opérateurs d'exploitation

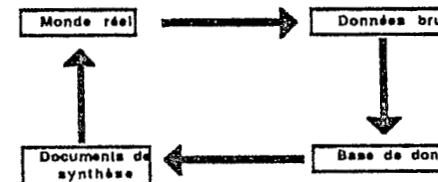


Figure 5. SIG pour la gestion d'information spatiale

Exemples : Réalisation d'un atlas
 Durée : Permanente
 Utilisateurs : Ateliers de cartographie
 Types de données : Beaucoup de cartes, beaucoup de types de cartes, cartes complexes
 Type de gestion : Saisie unique, peu de mise à jour, peu d'interrogations, interrogations interactives (édition cartographique à l'écran)
 Gestion de la fiabilité : Contrôle à l'entrée, peu d'effet en retour
 Exemple de solution : Logiciel sur station de travail : 1,5 MF
 + un ingénieur informaticien, trois opérateurs d'exploitation
 Saisie d'une carte complexe : 50 KF
 Edition d'une carte complexe : 30 KF

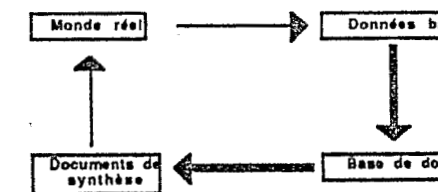


Figure 6. SIG pour la cartographie de production

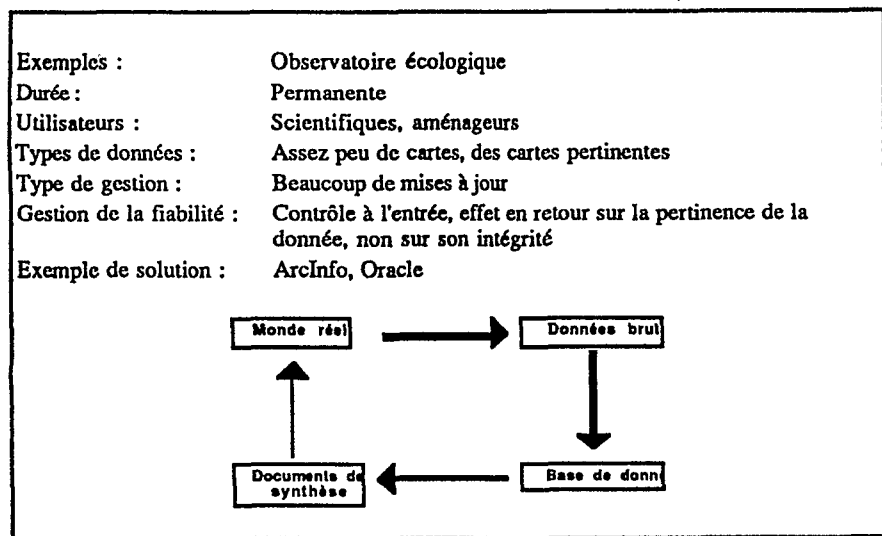


Figure 7. SIG d'observatoires

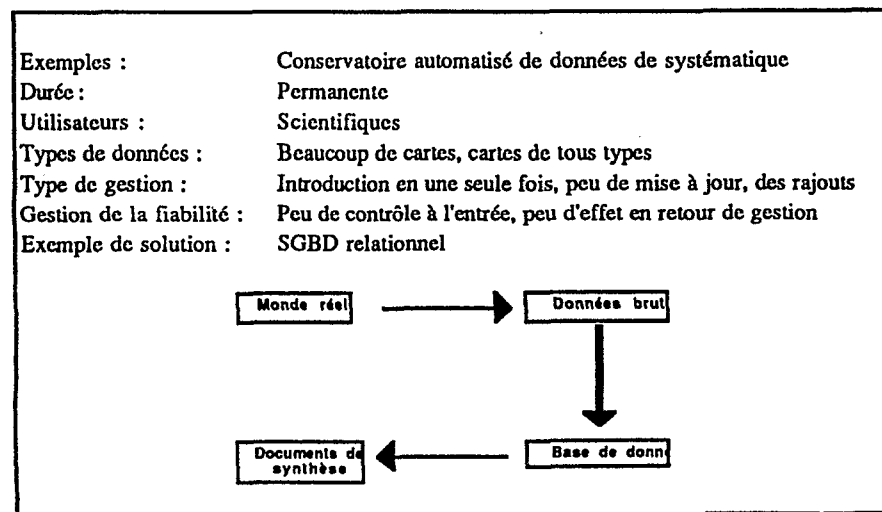


Figure 8. SIG de conservatoires

5.2. Utilisation de la typologie

Il arrive que les promoteurs d'un projet de SIG profitent du flou ambiant pour en effectuer des présentations différentes selon le financier auquel ils s'adressent.

En effet le caractère intégrateur des SIG conduit souvent à envisager de rassembler des fonctions diverses (et parfois contradictoires), par exemple à essayer d'articuler un projet de gestion cadastrale (immédiatement rentable, à grande échelle, permanent, intéressant les gestionnaires) et un projet d'aide à la décision d'aménagement (rentabilité différée, moyenne échelle, temporaire, intéressant les responsables).

Il est tentant de mettre en avant selon son interlocuteur le gain de gestion ou le soutien à la prise de décision, en omettant les difficultés fonctionnelles de l'articulation des deux fonctions (gestion, aide à la décision), étant sous-entendu que le SIG, par nature, permettra de les affronter.

Afin d'en faciliter l'analyse et l'évaluation, nous proposons de situer tout projet de SIG par rapport à la typologie précédente. On peut concevoir des SIG efficaces articulant plusieurs des fonctions précédentes. Nous recommandons alors de faire une analyse fine de la compatibilité organisationnelle de ces différentes fonctions.

6. Conclusion

Nous avons tenté de dresser un panorama des SIG selon leur origine, leur problématique, le mode de circulation de l'information qu'ils instaurent.

Nous avons explicité les raisons pour lesquelles un certain nombre de fonctions (de gestion, d'édition ou d'analyse) pouvaient s'avérer difficilement compatibles au sein de projets de SIG.

Le mode d'évaluation que nous préconisons consiste à mettre l'accent sur l'identification de la nature de l'information que doit traiter un SIG, sur la mise en évidence des fonctions qu'il doit remplir et sur l'articulation de ces fonctions.

Nous aboutissons ainsi à une typologie originale des projets de SIG, qui débouche naturellement sur un guide méthodologique pour l'analyse des projets de SIG.

Tout au long de notre démarche, nous avons utilisé et adapté des éléments de l'analyse des systèmes d'information. Au moment où la "géomatique" se constitue en tant que champ de recherche original, un certain nombre de thèmes de recherche se dégagent d'une telle approche des SIG, visant à utiliser pleinement les apports de la recherche en informatique dans le champ de l'information géographique.

Dans ce sens, nous pouvons considérer avoir franchi une première étape, celle du passage de la donnée localisée à l'information géographique (structurée et cohérente), et nous devons envisager aujourd'hui la suivante, celle du passage de l'information géographique à la connaissance géographique. Il apparaît maintenant nécessaire de faire émerger des programmes visant à l'intégration des SIG et des systèmes à base de connaissances.

7. Bibliographie

BOURSIER P., MAINGUENAUD M., "Langages de requêtes spatiales : SQL vs. langages visuels vs. hypermédias" *Revue SIGAS*, vol 2 n° 1, Hermès 1992

- CAMPBELL W.F., *et al.*, "The role for a GIS in a large environmental project", *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 3, n° 4, 1989, p. 349-462.
- CHARRE J., MIELLET P., WANIEZ P., "Pratique des systèmes d'information géographique Raster", *Mode d'emploi*, n°18, Reclus, 1989.
- CHEYLAN J.P., "Les données cartographiques informatisées", *Modèles et bases de données*, n° 11, janvier 1989, p. 49-65.
- CNIG, Actes de la journée nationale de la recherche géographique : échange et diffusion des données géographiques numériques, Paris, 22 mai 1990.
- DANDOUY G., "Du terroir au système d'information géographique ou de l'enrichissement de la boîte à outils du géographe", in *Tropiques, lieux et liens*, Editions de l'ORSTOM.
- DANDOUY G., Coord., "Traitement des données localisées, l'infographie à l'ORSTOM", *ORSTOM*, Collection colloques et séminaires.
- DECADE, "Cartographie et développement — Mémento de cartographie à l'usage de la planification et de l'aménagement", *La Documentation Française*, Paris.
- DIDIER M., "Utilité et valeur de l'information géographique", *Economica*, 1990.
- DUREAU F., "Outils de production, gestion et analyse de l'information urbaine, bibliographie", *ADOC*, document de travail n° 2, février 1991.
- JOLIVEAU T., "Bases de données, observatoires et systèmes d'information urbains", *Réseau ADOC*, La lettre d'information n° 5, mai 1991.
- LAURINI R., MILLERET-RAFFORT F., "Principes des hypercartes géomatiques", *Congrès SIGEO*, Rouen, 1989.
- MRT, "La géographie, situer, évaluer, modéliser", *Colloque de prospective du ministère de la Recherche et de la Technologie*, recommandations du comité de pilotage, juillet 1991.
- PELLETIER F., "Outils de traitement des données urbaines", *ADOC*, document de travail n° 2, février 1991.
- PONCET Y., DANDOUY G., "ACMIS 89-90 : analyse comparée des modèles d'information spatialisée", *ORSTOM*, 1990.
- ROUET P., "Les données dans les SIG", *Hermès*, Paris, 1992.
- SECHET P. Ed., "SEMINFOR 3 : systèmes d'information pour l'environnement", *ORSTOM*, Collection colloques et séminaires.
- TARDIEU H., ROCHFELD A., COLETTI R., "La méthode Merise", *Les éditions d'organisation*, Paris, 1983.
- US Geological Survey, "A process for evaluating geographic information systems", *Open File Report 88-105*, USGS, 1988.
- WANIEZ P., "Systèmes d'information géographique — Initiation pratique sur MacIntosh", *Eyrolles*, Paris, 1990.
- WEBER C., "Les systèmes d'information géographique : une mode ou un nouveau concept pour l'aménagement de l'espace", *SIGAS*, vol. 1, n° 1, 1991, p. 11-23.

Les difficultés de mise en œuvre des systèmes d'information urbains à caractère géographique

Paul Rouet

Atelier Parisien d'Urbanisme (APUR)
9, rue Agrippa d'Aubigné
75004 Paris

RÉSUMÉ. De nombreux systèmes d'information urbains à caractère géographique se sont développés ou se développent en France, certains ont déjà plus de vingt ans, d'autres sont plus récents. Ils requièrent l'emploi des outils informatiques modernes (systèmes d'information géographique, systèmes de gestion de bases de données...) pour partager entre plusieurs champs applicatifs des données vives de gestion, de nature à la fois alphanumérique, cartographique ou image. L'expérience acquise est précieuse, à condition de savoir s'affranchir des contingences de chaque cas d'espèce. Les réflexions proposées ici conduisent à distinguer les difficultés que présente la mise en place des systèmes d'information urbains en deux catégories : celles qui sont dues au fait que les SIU en sont encore souvent au stade de prototype et celles qui sont liées au contraire à la nécessité, le moment venu, de passer du prototype à un usage plus généralisé et banalisé dans les services municipaux. Nous concluons sur la nécessité de bien séparer ces deux phases de développement y compris pour ce qu'il est convenu d'appeler la justification économique des projets.

ABSTRACT. Numerous urban data management systems are implemented in France, for more than 20 years for some of them, more recently for the others. They need to use modern software tools like GIS and RDBMS, to share sharp alphanumerical and cartographical management data between different application domains. These experiences must be free from contingencies of each individual case. Following thoughts lead to range the difficulties to implement urban geographic systems in two categories : those linked with their large and trite use, by the town services, after a while. We conclude that a separation must be operated between the two development phases, including the economic justification of the project.

MOTS-CLÉS : systèmes de gestion d'informations urbaines, difficultés, mise en œuvre, phases de développement, prototype, usage banalisé.

KEY WORDS : implementation, urban data management systems, difficulties, development phases prototype, trite use.

Article publié également dans la lettre d'information du réseau ADOC