

L'APPROCHE SYSTÉMIQUE COMME OUTIL DE STRUCTURATION DE BASES DE DONNÉES SPATIO-TEMPORELLES

Marie-Hélène DE SÈDE

Alexandre MOINE

THEMA, UPRESA 6049

Université de Franche-Comté

Résumé

Les territoires regroupent des entités spatio-temporelles dont le fonctionnement repose sur les rapports établis entre différentes catégories d'acteurs. Les différentes bases de données qui les décrivent, rendent cependant peu compte de cette complexité induisant à terme une exploitation partielle d'un potentiel informationnel cependant très riche. Ainsi, les données territoriales sont souvent réduites à leur seule dimension graphique, la mise en cohérence de bases de données hétérogènes pose des problèmes sémantiques et structurels conséquents, les résultats de leur exploitation sont faiblement pérennisés.

Bon nombre des problèmes identifiés trouvent leur origine dans un manque de conceptualisation à l'amont des phases pratiques d'exploitation, lors des étapes de modélisation et de structuration des bases de données.

L'objectif de cette recherche est de proposer une méthodologie de structuration de bases de données spatio-temporelles basée sur :

- une approche systémique de la conceptualisation des relations entre entités territoriales et acteurs ;*
- la proposition d'une structure d'accueil des données générique prenant appui sur l'approche systémique amont et indépendante des applications aval ;*
- un formalisme de modélisation intégrant la dimension spatio-temporelle des entités.*

Abstract

Territories contain many multi-dimensional entities which develop over time, according to the relations which exist between the different players in the territories. The different databases which describe these relations take into account to a very limited extent the complexity and integrate partially the systemic nature of a multi-dimensional territory. At present, concepts and tools manage with difficulty this complexity reducing geographical data to their simple graphical dimension. Creating coherent and data input bases poses also semantic and structural problems and for these reasons, such database are not widely used.

A lot of problems come from a lack of conceptualisation upstream practise running phases, during data-base modelisation and structuration steps.

In this context, we identify and recognize the territory as an important factor in integration and structuring of spatio-temporal data and we propose a data structuration method that authorize complexe thematic spatio-temporal queries formulation by :

- using systemic approach as to logically structure relations between entities ;*
- proposing on this basis a generic structure for data input ;*
- using a formal language integrating the spatio-temporal characteristics of the entities.*

Mots-Clés

Aide à la décision, aménagement du territoire, approche systémique, base de données spatio-temporelles, système d'information à référence spatiale, territoire

Key-Words

Systemic approach, decision support, land management, spatio-temporal databases, Geographic information system, territory

Les territoires regroupent des entités spatialisées, naturelles et anthropiques, évoluant dans le temps en fonction des rapports établis simultanément entre les différentes catégories d'acteurs et les composantes territoriales à différents niveaux d'échelles et de temps. Cela se traduit par une dynamique complexe faite de niveaux d'organisation hiérarchisés et enchevêtrés qui implique l'imbrication de nombreux processus [5]. L'homme en est par conséquent l'acteur principal et il se pose comme étant le gestionnaire de ces entités qu'il aménage et exploite à des fins économiques, mais également sociales. Afin d'optimiser ses actions, il s'est doté progressivement d'outils d'observation statistique dont les formes les plus communes sont les banques de données, et les plus élaborées les SIG, les SIT ou les SIRS. Ces bases de données, évolutives ou non, décrivent ces entités, rendent compte de leur évolution, mais par contre ne rendent que peu compte de la complexité propre aux systèmes territoriaux, caractérisée par les multiples relations qu'entretiennent à la fois les différents acteurs du territoire entre eux, mais aussi avec leur support aménagé. De ce fait, leur exploitation demeure partielle :

- les données territoriales sont souvent réduites au sein des systèmes d'information géographique, à leur seule dimension graphique, qualifiée par une série d'attributs thématiques. Cette organisation contribue à appauvrir la puissance potentielle des requêtes spatio-thématiques ;
- la perception des différents niveaux d'échelles et de leur emboîtement reste faible et nécessite souvent de longues mises en œuvre d'agrégation de données, alors que dans le même temps ces niveaux se multiplient (structures intercommunales, bassin d'emploi, d'habitat, etc.) en dehors des cadres d'acquisition de données référencés (niveau communal, cantonal ou départemental) ;
- l'exploitation classique des bases de données visant la mise au point d'indicateurs est souvent longue, les résultats sont faiblement pérennisés et l'on ne parvient pas aisément rendre compte du fonctionnement territorial ;
- la mise en cohérence de bases de données hétérogènes, pose, au-delà de la simple intégration de schémas, des problèmes sémantiques et structurels conséquents.

Pour asseoir les politiques "intégratrices" nécessaires à une gestion et à une planification des territoires, les partenaires impliqués attendent donc des méthodes et des outils capables de maîtriser la complexité engendrée par la multiplicité des données qu'ils manipulent quotidiennement.

Dans ce contexte, l'identification et la reconnaissance du territoire comme facteur privilégié d'intégration et de structuration des données spatio-temporelles est une piste pertinente, mais nécessite la mise au point d'une démarche adaptée :

- en utilisant l'approche systémique de manière à décrire et à conceptualiser les relations entre entités et acteurs sous forme de graphe causal. Il s'agit alors d'une structuration logique des relations qu'entretiennent les entités constitutives d'un territoire abordé comme un système complexe, au regard des multiples relations qu'entretiennent les acteurs, à différents niveaux d'échelles spatiales et temporelles ;
- en proposant une structure d'accueil générique, hiérarchisée, indépendante de toute application, destinée à mettre en cohérence des données hétérogènes révélant les dynamiques territoriales ;
- en couplant enfin au niveau applicatif le potentiel fonctionnel des graphes causals issus de l'approche systémique et un langage formel, en l'occurrence le formalisme MADS intégrant les caractéristiques spatio-temporelles des entités et des relations qu'elles entretiennent entre elles.

L'objet de cette communication est de présenter une démarche de conceptualisation des relations des différentes données utilisées traditionnellement dans les domaines de la gestion, de l'aménagement et de la planification du territoire, grâce à l'approche systémique, à leur représentation et à leur structuration grâce à un langage de formalisation adapté.

Une justification de l'hypothèse de départ et une description de la démarche proposée, illustrée par un exemple concret mené dans le cadre du Programme National de Recherche sur les Zones Humides (PNRZH) permettront de présenter des propositions méthodologiques de mise en œuvre de Systèmes d'Information Territoriaux.

1. Le territoire en tant que système

Le territoire est défini en référence aux êtres vivants qui l'occupent, c'est-à-dire comme un milieu que se sont appropriées les sociétés humaines, et au sein duquel elles accomplissent leur développement. C'est en fait le lieu d'action et de vie des sociétés humaines, il est caractérisé par trois niveaux fonctionnels [14] : le niveau physique, le niveau existentiel, et le niveau organisationnel.

Le territoire apparaît donc à la fois comme le support mais aussi comme le lieu de l'ensemble des activités humaines. Le but de notre proposition est par conséquent de cerner non seulement les relations de filiation entre entités territoriales mais également leur dynamiques qui se traduisent dans l'organisation spatiale, dans le temps et selon les acteurs concernés.

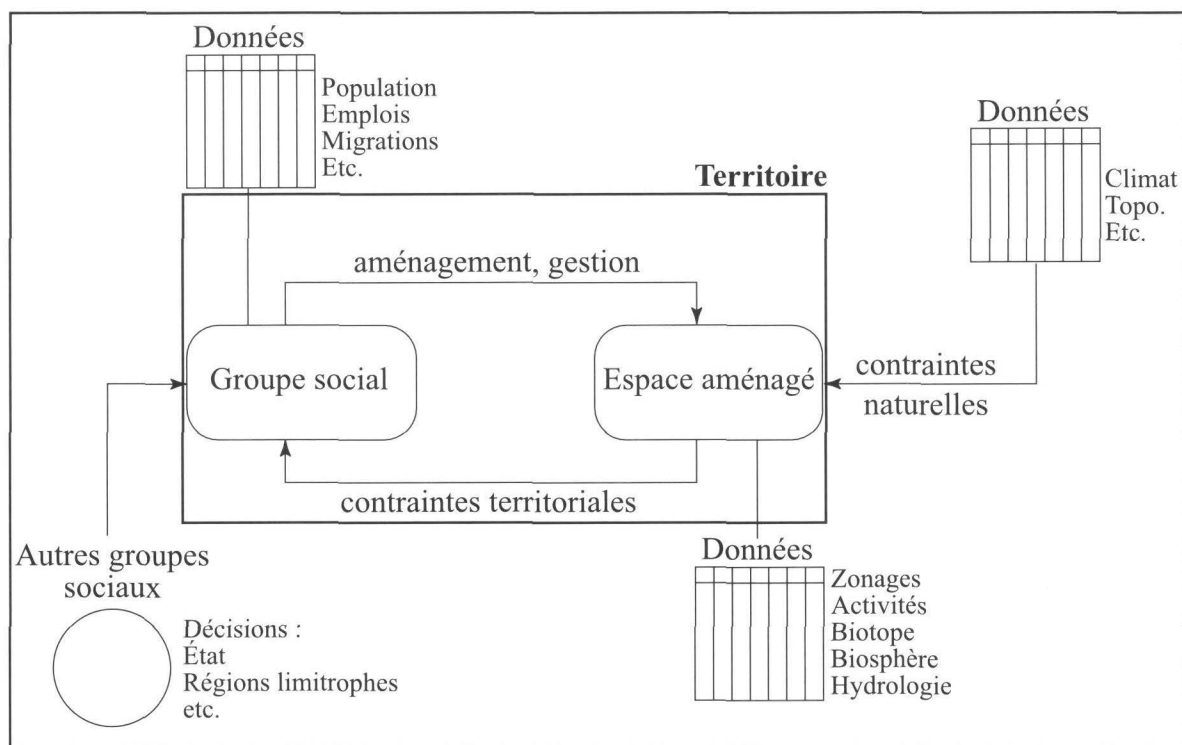


Figure 1 - Le territoire en tant que système spatial et les données associées

Source : d'après Le Berre (M.), 1987

2. L'approche systémique et le territoire

La structuration des informations relatives à un territoire, considéré comme un système spatial, est particulièrement complexe puisqu'il faut tenir compte simultanément d'un très grand nombre d'interactions. Une des méthodes efficaces pour parvenir à la connaissance de cet objet est l'approche systémique.

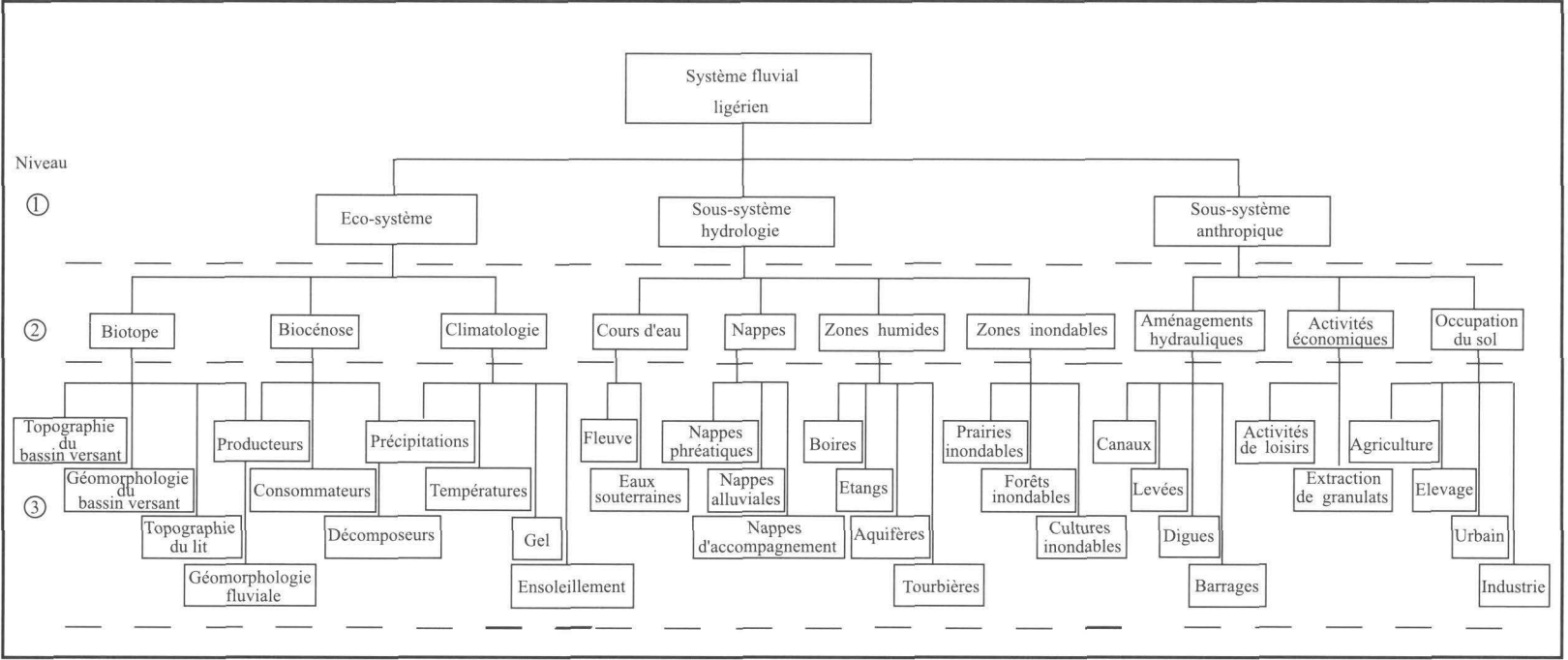


Figure 2 - L'arbre hiérarchique du système fluvial de la Loire

Rappelons qu'un système est "un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but" [13]. Le territoire tel que nous l'avons présenté s'apparente bien à la première partie de cette assertion, reste le but de ce système: il faut alors admettre que le territoire en tant que système dispose d'une autonomie puisqu'il est capable d'élaborer lui-même les formes de son action [7], et à ce titre on peut lui attribuer des projets, fondés notamment sur des actions d'aménagement. Ces actions sont source de différenciation spatiale et renforcent par ailleurs des niveaux d'échelles différenciés, structurés en niveaux logiques solidaires mais irréductibles [17] qu'il est indispensable de représenter dans la structuration de bases de données.

2.1. Approche descendante grâce à un arbre hiérarchique : description de l'aspect structurel

L'approche descendante hiérarchique consiste à détailler progressivement relations et variables, dite « cognitive » [12] elle permet d'organiser et de structurer les informations relatives au territoire représenté. La désagrégation du système territorial de base sera effectuée en fonction de ses spécificités et des buts que l'on s'est assignés. À ce titre l'approche systémique permet de représenter un phénomène complexe sans mutilation a priori [8]. L'approche descendante permet ainsi de conserver une vision globale du système en identifiant les relations à un niveau de désagrégation toujours homogène, sans remettre en cause des spécifications antérieures plus globales, et surtout sans détailler inutilement certaines parties du modèle. À chaque niveau, sont identifiés de manière empirique ou/et à dire d'expert, les sous-systèmes et composants reconnus comme étant indispensables à la représentation du système complexe étudié.

Cette démarche a pour intérêt principal de présenter de manière relativement exhaustive les éléments constituant un système, en réduisant les oublis, puisqu'à chaque niveau de désagrégation est posée la question de savoir quels éléments sont indispensables à la représentation du système. Dans ce cas, cette procédure descendante s'applique aux sous-ensembles thématiques abordés et non aux découpages géographiques correspondant à une autre échelle.

De nombreux auteurs travaillant de près ou de loin à la mise en œuvre de systèmes d'information territoriaux et qui s'appuient sur la notion de territoire envisagée en tant que système pour structurer et mettre en cohérence les données qui le décrivent, ont tenté de définir une structure d'accueil hiérarchique pour intégrer les différentes données disciplinaires [11]. Ce type de démarche a pour principal intérêt de permettre une sélection thématique rapide des données. En effet, il devient alors possible, en se greffant au bon niveau de la hiérarchie, d'isoler l'ensemble des entités "descendant" d'une branche définie.

Cependant, à ce stade d'avancée méthodologique, il apparaît clairement qu'aucune relation transversale n'est prise en compte. Ainsi, dans le cas du système fluvial de la Loire, si la filiation du sous-système hydrologie est correctement intégrée (le sous-système hydrologie contient des sous-systèmes... qui contiennent à leur tour des sous-systèmes, qui contiennent des éléments), on ne représente pas les relations qu'entretient ce sous-système avec les sous-systèmes écosystème ou anthropique.

2.2. La traduction de l'arbre hiérarchique sous forme de graphe causal : description de l'aspect fonctionnel

Le système territoire sur lequel s'appuie notre proposition ne se limite donc pas à l'identification d'une structure hiérarchique, et il est indispensable d'identifier les relations qui s'établissent entre les composants du système tels qu'ils ont été définis au quatrième niveau de désagrégation, en identifiant les multiples boucles de rétroaction qui confèrent sa complexité au système.

Nous ne présenterons pas ici la formalisation de l'ensemble des relations entre les différents sous-systèmes thématiques au troisième niveau de désagrégation, mais nous nous contenterons de fournir quelques exemples simples de relations entre le sous-système hydrologie et les autres sous-systèmes :

- on peut ainsi déterminer des relations entre les activités touristiques et les tourbières, celles-ci pouvant être assimilées à des sites protégés visitables dans certaines conditions et pouvant soutenir un développement touristique local ;
- de même, il existe des relations entre la topographie du bassin versant et l'écoulement des eaux souterraines, leur quantité dépendant de la vitesse de ruissellement superficiel en relation avec la pente ;
- ou encore entre l'extraction de granulats et la nappe alluviale, sachant que la première action entraîne des risques de pollution, qui auront des répercussions sur certains éléments végétaux et/ou animaux, etc.

Les relations identifiées doivent être validées par les spécialistes des thèmes concernés, elles doivent permettre dans tous les cas de mettre en évidence les nombreuses boucles de rétroaction qui révèlent la complexité du système étudié. C'est en effet grâce à ces boucles qu'il est possible d'aborder le fonctionnement des systèmes territoriaux, et de comprendre l'impact de certaines actions en termes de gestion ou de planification.

La connaissance et la formalisation de ces boucles de rétroaction est indispensable puisque les conséquences d'une action peuvent ne pas être interprétables immédiatement et simplement, dans le cadre d'une relation entre deux éléments. Mais ces conséquences peuvent affecter par contrecoup plusieurs éléments qui eux-mêmes entraînent la modification d'autres éléments, entraînant une nouvelle modification de l'élément premier, etc.

Il apparaît donc clairement que cette approche fournit les possibilités d'interpréter le fonctionnement territorial local, en structurant de la manière la plus optimale les bases de données, et en augmentant considérablement la puissance des requêtes. Il semble qu'à terme, il soit possible d'organiser à la fois des informations structurelles difficiles à acquérir dans d'autres conditions, mais également des informations fonctionnelles grâce aux données prises en compte.

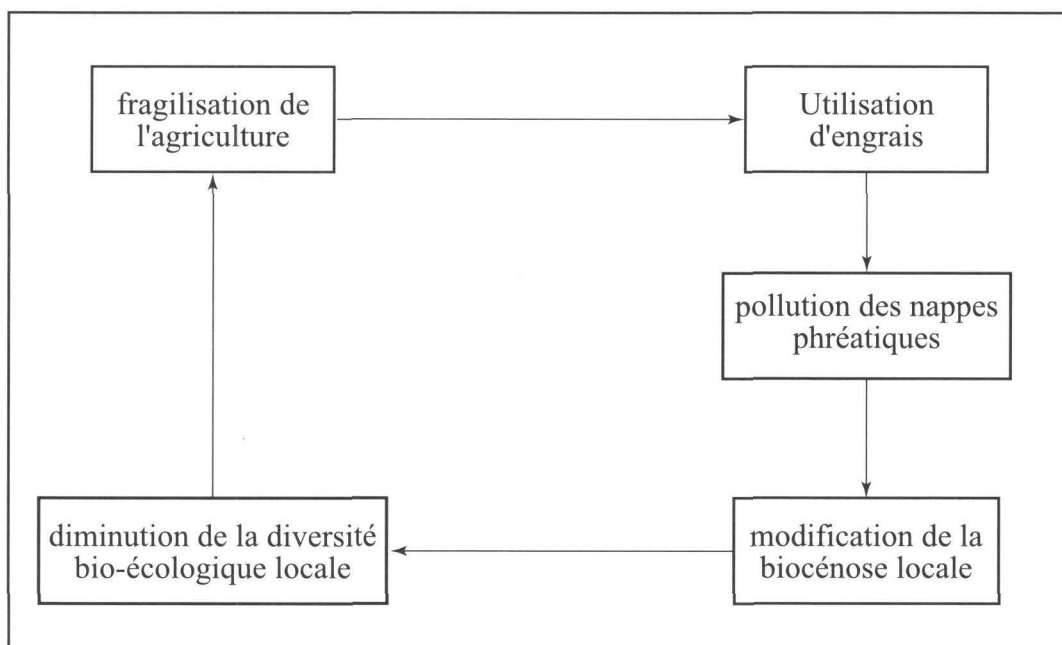


Figure 3 - Un exemple de boucle de rétroaction entre trois sous-systèmes

3. De la systémique à la conception de structure d'accueil

3.1. Une ébauche de formalisation

Le soin apporté à la description et à la structuration des données alimentant les applications de Systèmes d'Information Géographique a pour objectif principal de rationaliser et d'optimiser le développement de ces applications notamment par la définition de structures d'accueil de données adaptées à la formulation de requêtes complexes intégrant la richesse des concepts propres aux données spatio-temporelles :

Le concept de multi-perception thématique

Les projets de systèmes d'information territoriaux sont des projets de nature multi-disciplinaire, dont les résultats sont conditionnés par la mise en relation et en cohérence de perceptions de nature morphologique, phyto-sociologique, hydrodynamique, sociologique, géographique, économique, etc. Du point de vue strict des bases de données, il s'agit donc de « travailler » avec des entités décrites sous divers points de vue et donc de gérer des objets caractérisés par de multiples « vues utilisateurs¹ ».

L'imbrication des niveaux d'échelle de description et d'analyse des entités (multi-perception spatiale)

De nombreux projets de recherche impliquent des raisonnements « imbriqués » situés aussi bien à un niveau micro-local qu'au niveau plus « global ». La structure d'accueil de données géoréférencées doit donc permettre de stocker et de gérer ces différents niveaux de perception spatiale et surtout de conserver les liens structurels et fonctionnels existants entre ces derniers.

L'historique des entités et l'imbrication des pas de temps

La compréhension des mécanismes d'organisation et de fonctionnement des territoires ne peut se faire sans une référence historique. La problématique implique donc des réflexions inscrites dans une dynamique temporelle des entités de référence. Cette dimension temporelle doit être intégrée non seulement dans les réflexions des chercheurs mais également dans la structure de la base de données au sein de laquelle seront stockées les données nécessaires à l'étude.

En outre, les structures spatiales s'inscrivent dans des dynamiques spatio-temporelles complexes. Leur compréhension ne peut se faire dans un référentiel temporel unique en regard des facteurs conditionnant leur évolution.

Les divergences sémantiques

Chaque discipline, chaque chercheur possède son propre référentiel thématique, dans lequel les entités territoriales sont décrites. Dans ce contexte, au sein d'une même discipline, il est aisé de comprendre et d'interpréter les acquis de chacun. Les problèmes se posent dès lors qu'il devient nécessaire de partager, de mettre en commun les résultats de travaux menés par différents spécialistes. Ce problème est à l'origine de nombreux dysfonctionnements et peut être réglé en partie par la précision sémantique affectée aux entités et la possibilité d'intégrer différentes perceptions spatio-thématiques d'un même objet au sein de la base de données.

En résumé, l'approche systémique, en définissant un ensemble de composantes entretenant des relations entre-elles dans un environnement particulier fournit une trame solide à la future architecture de la ou des bases de données alimentant les SIG.

L'intérêt de l'approche systémique en tant que méthode d'analyse se situe essentiellement à deux niveaux :

- à un niveau global, en permettant d'ancrer les phases de développement des applications informatiques de Systèmes d'Information Territoriaux dans la réalité et en évitant ainsi les dérives [2], justifie

notamment le recours à une méthode d'analyse, étape indispensable évitant au développeur la réalisation de prouesses inutiles visant à contraindre les systèmes choisis préalablement à répondre à des besoins spécifiques ;

– à un niveau beaucoup plus fin, lors des étapes de description et de formalisation des entités et des relations qui composeront cette application informatique. La compréhension à la fois sémantique et fonctionnelle des entités et des relations qu'elles entretiennent ne peut que favoriser les choix conceptuels de modélisation ainsi que faciliter les procédures d'intégration de schémas, nécessaires dès lors que l'on aborde les problématiques de mise en cohérence de bases de données hétérogènes [10].

3.2. Des concepts systémiques à l'alimentation d'une base de données

3.2.1. Structuration de bases de données: démarche "classique"

La démarche classique de conception de bases de données généralement admise s'appuie sur les étapes suivantes :

- analyse du réel,
- modélisation du réel
- structuration de la base de données (création et maintenance dans le schéma ci-dessous).

Cette démarche, développée par Tardieu [16], montre bien que le recours à des approches systémiques dans le cadre de mise en œuvre de bases de données classiques ne date pas d'hier. La particularité du domaine qui nous intéresse aujourd'hui réside cependant dans la triple dimension dans laquelle s'inscrivent les entités territoriales composant les bases de données géographiques, inscrites dans le temps, l'espace et dans un univers perceptif variable selon les individus et leurs intérêts du moment (fig. 4).

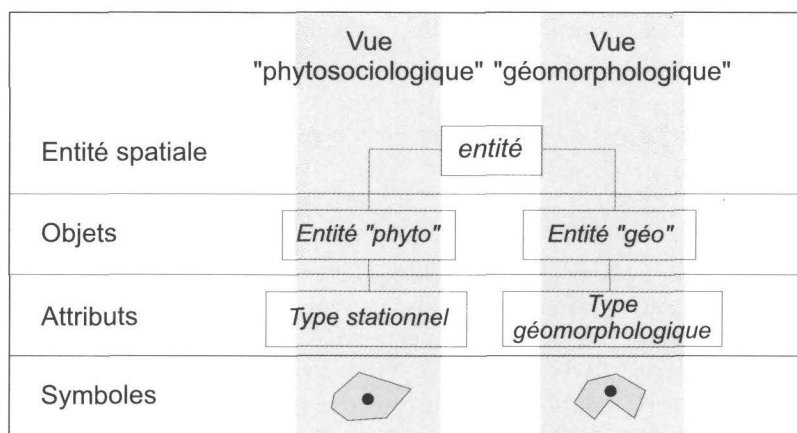


Figure 4- Exemple de multi-perception thématique d'un objet géoréférencé

3.2.2. Particularités du spatio-temporel

Les particularités des entités territoriales composant en partie le monde réel qui nous entoure ont fait l'objet de nombreuses recherches [4], [2] On peut souligner :

- la double perception thématique et spatiale des entités géographiques, la perception spatiale étant traduite en termes de données par des types abstraits, définissant des objets informatiques alors que la perception thématique se traduit par des attributs rattachés aux entités ;

– la notion de cycle de vie des données intégrées dans les Systèmes d'Information Géographique, ce cycle étant lui aussi doté d'une double nature :

- ◆ une nature générique, le cycle de vie décrivant les modifications des entités du territoire en fonction des processus naturels et anthropiques auxquels elles sont soumises,
- ◆ une nature méthodologique et technique, le cycle de vie décrivant cette fois-ci les modifications des données dans le SIG en fonction des processus et des méthodes de traitement de l'information auxquels elles sont soumises.

– du point de vue des traitements et non plus seulement des données, la présence de requêtes spatiales, temporelles (appliquant des opérateurs temporels d'intervalles ou de filiation), et thématiques (manipulant des critères descriptifs), pouvant se combiner.

3.2.3. Outils de conception théoriques, logiques et physiques

La représentation des entités spatio-temporelles composant le monde réel implique donc le recours à de nombreux concepts spatiaux, temporels et thématiques. La fidélité et la puissance de représentation de ces entités implique un double effort :

– un effort de formalisation des caractéristiques spatio-temporelles des entités. Cette exigence fait d'ailleurs l'objet de nombreuses propositions de modélisation [9], [1], [3]. Dans le cadre de cette proposition méthodologique, nous avons choisi de travailler en utilisant le formalisme MADS [10], qui offre un niveau de conceptualisation élevé permettant de traiter des objets géographiques complexes, des associations et des agrégations spatiales tout en intégrant leur dynamique temporelle ;

– un effort au niveau de l'implantation de ces concepts au sein des outils informatiques. De ce point de vue, cette exigence n'est encore aujourd'hui que remplie partiellement par les différents produits logiciels mis sur le marché, qu'il s'agisse de logiciels de système d'information géographique ou de systèmes de gestion de bases de données spatiales, de systèmes temporels de bases de données relationnelles. Cette distorsion entre concepts et performances technologiques met en évidence les lacunes existant dans ces domaines et notamment l'absence de "traducteurs" permettant d'intégrer la richesse conceptuelle des descriptions fournies par ces différents formalismes au sein de logiciels de systèmes d'information géographique.

3.2.4. Articulation approche systémique - modélisation d'applications - conception d'applications spatio-temporelles

La pertinence d'une approche systémique et les formalismes proposés ne concernent pas les mêmes niveaux d'intégration spatiale et thématique ni les mêmes niveaux d'intervention lors des phases de conception du Système d'Information Territorial (fig. 5).

◆ La première étape identifiée, consistant en une analyse du territoire selon des concepts et des méthodes empruntés à la démarche systémique a pour finalité :

- d'identifier, en regard des objectifs poursuivis, les composantes génériques et les relations caractéristiques du fonctionnement du territoire étudié et des objectifs globaux poursuivis ;
- de préciser les différentes échelles de perception des entités et des processus en prenant soin de définir leurs attributs respectifs et leurs niveaux de validité. Ces différentes opérations s'appuient sur la construction d'un arbre hiérarchique dont chaque embranchement traduit un niveau différent de perception et de description des phénomènes ;

– par étapes de désagréments successives, de définir des entités constitutives de base auxquelles seront rattachées données thématiques, spatiales et temporelles. Cette phase, prenant appui sur l'élaboration d'un ou de plusieurs graphes causals aboutit à la conception d'un modèle des entités génériques² et des relations fonctionnelles qu'elles entretiennent entre-elles.

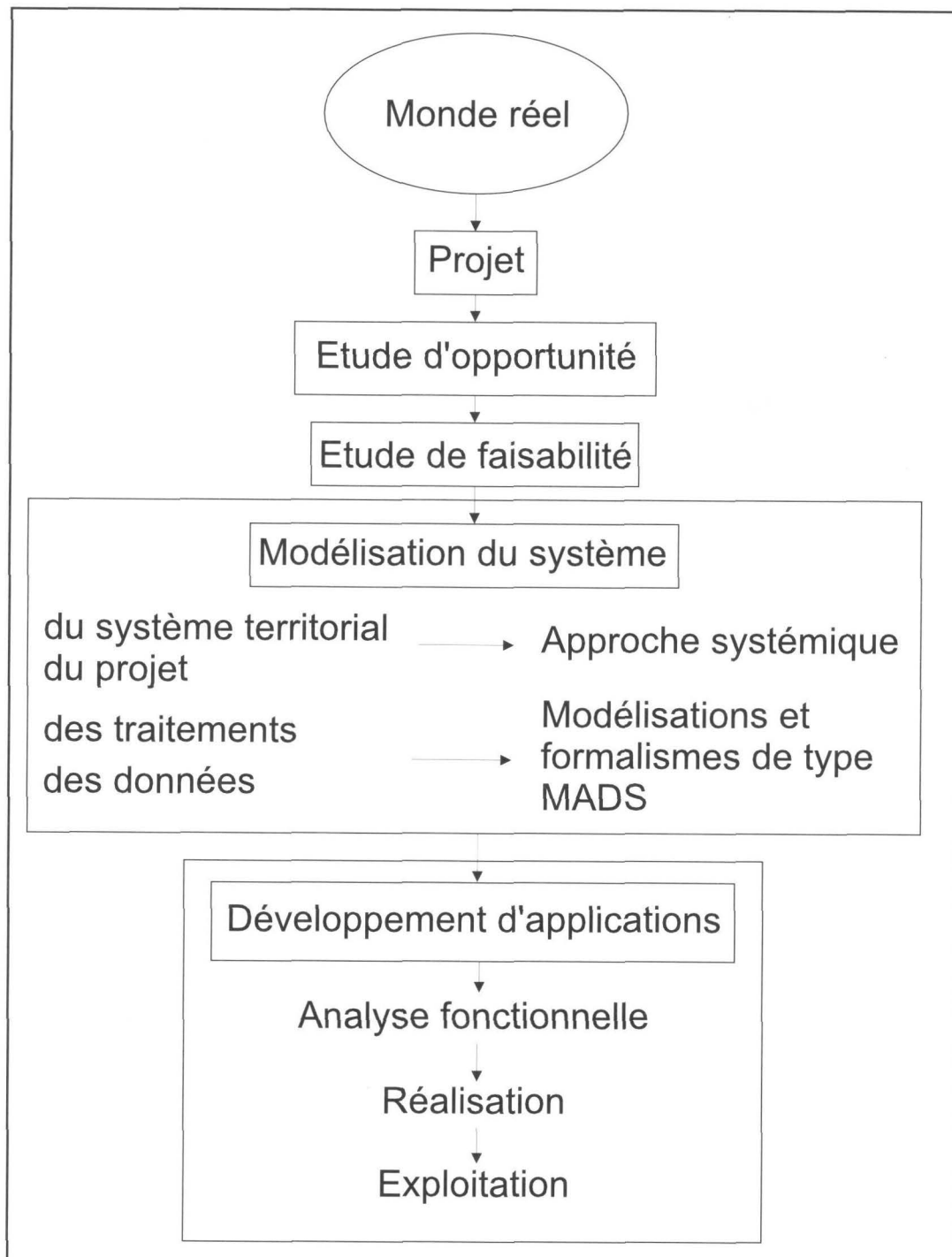


Figure 5 - Articulation approche systémique, modélisations des données et des traitements dans le développement d'applications spatio-temporelles

◆ La structure et le fonctionnement identifiés lors de l'étape précédente aboutissent dans un deuxième temps à la proposition d'une structure d'accueil des données. Cette structure d'accueil, à l'instar de celle proposée dans les travaux de [11], est conçue comme « un centre ressource » regroupant un ensemble d'informations territoriales transdisciplinaires. Cette proposition déjà développée par l'un des auteurs [15], est enrichie par les acquis d'une approche systémique, fournissant une méthode aujourd'hui aguerrie d'analyse et de formalisation. La structure prend appui sur l'arbre hiérarchique. Ce type d'organisation hiérarchique des données permet entre autre d'optimiser les accès thématiques à l'information (sélection à partir d'un embranchement, de l'ensemble des données rattachées).

◆ Enfin, les graphes causals, validés et précisés en regard des besoins des différentes applications se greffant au « centre ressource » composé par le système d'information territorial, alimente la démarche de modélisation des applications à données spatio-temporelles, formalisée à l'aide de l'outil MADS.

Conclusion

L'approche systémique des milieux tant naturels qu'anthropiques fait actuellement l'objet de nombreuses recherches et est inscrite dans le domaine applicatif. Cet acquis méthodologique et conceptuel, reconnu comme fondamental dans le cadre de problématiques complexes, fait aujourd'hui encore l'objet de peu d'attention dans le domaine de la conception et de la mise en œuvre de SIG.

Parallèlement, de nombreux projets de Systèmes d'Information Territoriaux s'orientent vers la mise à disposition d'outils de gestion et de planification, offrant un ensemble de défis conceptuels, méthodologiques et techniques dans les domaines de la gestion et du traitement de l'information géographique. Les besoins exprimés par les équipes de recherche participantes traduisent clairement ces nouvelles exigences, en termes de :

- multi-perception et multi-représentation au sein de bases de données (utiles lors de la mise en cohérence et de l'analyse conjointe des recherches sectorielles)
- réflexion sémantique préalable à l'intégration de données
- maîtrise de la dynamique spatio-temporelle des entités géographiques (pour les aspects morpho-dynamiques)
- intégration et gestion de données multi-échelle (en écologie, phytoécologie).

Dans ce contexte, l'approche systémique présente plusieurs atouts. Elle permet d'améliorer :

- la richesse des descriptions sémantiques des entités du territoire,
- la compréhension des aspects fonctionnels du territoire encore peu pris en compte dans les applications de gestion et de planification,
- la puissance des requêtes avec la possibilité de décrire la nature des relations entre entités,
- la prise en charge par le système de gestion de base de données d'une plus grande partie des tâches d'interrogation (fig. 6).

L'approche systémique appliquée à l'étude et à la résolution de problématiques pour lesquelles la dimension spatio-temporelle apparaît comme l'un des facteurs explicatifs privilégiés permettra, combinée aux acquis de la recherche dans le domaine des bases de données ainsi qu'aux progrès des technologies informatiques de proposer des solutions adaptées. Cette structure basée sur le concept d'entité dont les représentations graphiques et les perceptions thématiques ne sont intégrées qu'au niveau attributaire, par les principes qu'elle sous-tend, devrait fournir des outils de gestion et de planification plus près des réalités du fonctionnement territorial.

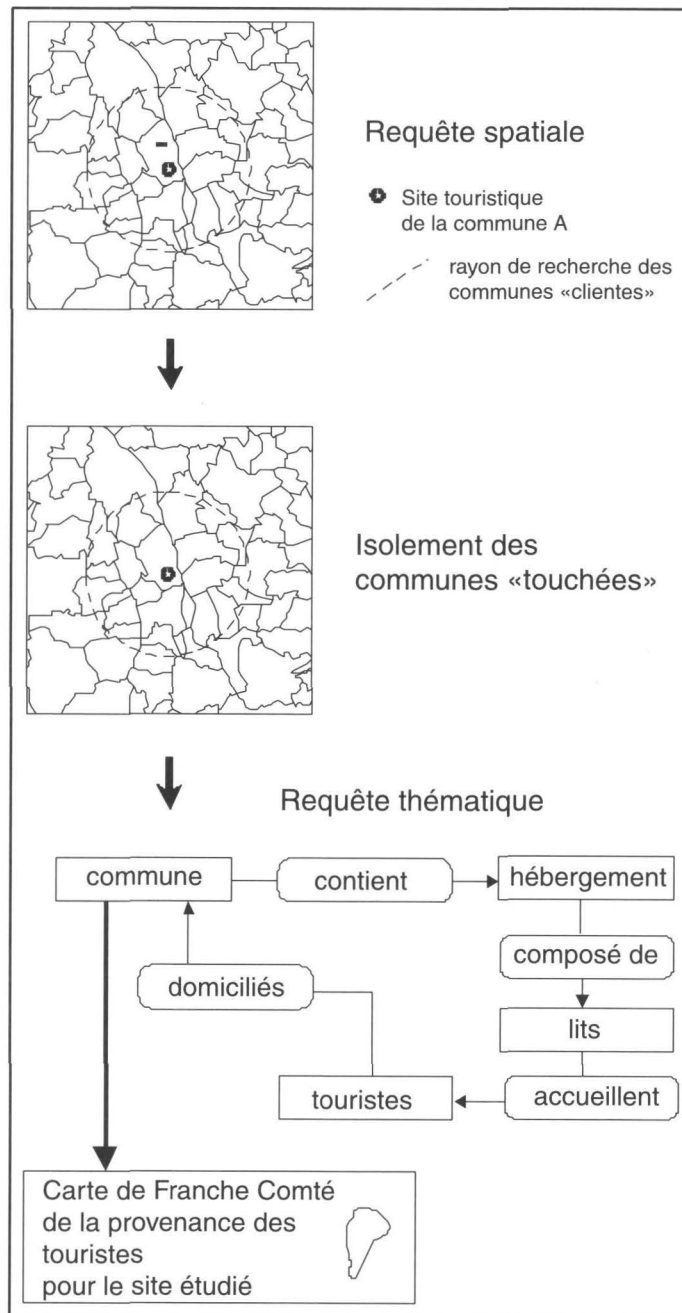


Figure 6- Exemple d'exploitation d'une base de données spatio-temporelle dans ses dimensions thématique et géographique

Références bibliographiques

- [1] CARON C., BÉDARD Y., GAGNON P., 1993 : MODUL-R : un formalisme individuel adapté pour les SIRS, in *Revue Internationale de Géomatique*, Vol. 3 (3), pp. 283-306
- [2] CLARAMUNT C., COULONDRE S., LIBOUREL T., 1997 : Autour des méthodes orientées objet pour la conception des SIG, *Revue Internationale de Géomatique*, Volume 7, n° 3-4, pp. 233-257
- [3] LANGRAN G., 1992 : *Time in Geographic Information System*, Taylor & Francis
- [4] LAURINI R., MILLERET-RAFFORT F., 1993 : *Les bases de données en géomatique*, Paris, Editions Hermès,
- [5] LE BERRE M., 1986 : Principes de modélisation de la complexité spatiale, *Brouillons Dupont*, 14, pp. 121-131
- [6] LE BERRE M., 1993 : Territoires, in *Encyclopédie de géographie*, Paris, Economica, pp. 601-622
- [7] LE MOIGNE J.-L., 1984 : *Une localisation... des méthodes de modélisation systémique*, groupe Dupont, université de Genève, Université de Lausanne, pp. 3-18
- [8] LE MOIGNE J.-L., 1990 : *La modélisation des systèmes complexes*, Paris, Dunod,
- [9] PANTAZIS D., DONAY J.-P., 1996 : *La conception de SIG ; méthodes et formalismes*, Paris, Hermès.
- [10] PARENT C., SPACCAPIETRA S., ZIMÀNYI E., 1998 : Modeling Time from a Conceptual Perspective, in *Proceedings of the International Conference on Information and Knowledge Management, CIKM'98*, Washington D.C., USA.
- [11] PRÉLAZ-DROUX R., 1995 : *Systèmes d'information et gestion du territoire ; Approche systémique et procédure de réalisation*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- [12] RECHENMANN F., 1983 : La dynamique des systèmes et son double, in *Cahiers Géographiques de Rouen* n° 18-19, pp. 59-74
- [13] ROSNAY J. (De), 1976 : *Le microscope : vers une vision globale*, Ed du Seuil.
- [14] SCHWARZ E., 1991 : *Introduction à la pensée systémique*, Université de Neuchâtel, Centre interfacultaire d'études systémiques, 63 p.
- [15] SÈDE M.H. (De) & THÉRIAULT M., 1996 : La représentation systémique du territoire : un concept structurant pour les SIRS institutionnels, in *Revue Internationale de Géomatique*, Vol. 6, n° 1, pp 27-50.
- [16] TARDIEU H, NANCI D., PASCOT D., 1979 : *Conception d'un Système d'Information*, Paris, Editions SCM.
- [17] VULLIERME J.-L., 1990 : Théories spéculaires et complexité, in *Revue Internationale de Systémique*, Vol. 4, n° 2, pp. 147-156.

Notes

- 1- Un tronçon de cours d'eau ne sera pas perçu et donc décrit de la même manière par un hydrodynamicien et un écologue
- 2- Par entités génériques sont entendues les entités définies par désagrégation structurant le territoire. Ces entités sont transversales à l'ensemble des disciplines et constituent l'ossature du territoire. Même si leur perception diffère selon les thématiciens, leur existence est reconnue par tous