

RENCONTRE DE LA SCIENCE DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET DE L'ANTHROPOLOGIE CULTURELLE : MODÉLISATION SPATIALE ET REPRÉSENTATION DE PHÉNOMÈNES CULTURELS

THÈSE N° 3789 (2007)

PRÉSENTÉE LE 16 MAI 2007

À LA FACULTÉ DE L'ENVIRONNEMENT NATUREL, ARCHITECTURAL ET CONSTRUIT
laboratoire de systèmes d'information géographique
PROGRAMME DOCTORAL EN ENVIRONNEMENT

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

Abram POINTET

ingénieur du génie rural diplômé EPF
de nationalité suisse et originaire de Echandens (VD)

acceptée sur proposition du jury:

Prof. A. Mermoud, président du jury

Prof. F. Golay, directeur de thèse

Prof. N. Chrisman, rapporteur

Prof. M. Schuler, rapporteur

P. Sillitoe, rapporteur



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Suisse
2007

Résumé

La science de l'information géographique et l'anthropologie culturelle sont amenées à collaborer dans les projets d'aide au développement des communautés indigènes. Cette observation repose d'une part sur la volonté croissante d'intégrer la communauté à cette aide en prenant en considération sa réalité et sa vision du développement. Ce mouvement attribue une place centrale à l'anthropologue, médiateur entre une culture, dont il détient des clés d'interprétation, et d'autres disciplines scientifiques. D'autre part, l'espace géographique, au sein duquel évolue la communauté, joue un rôle significatif sur son organisation et son fonctionnement. L'importance de cet espace implique le spécialiste en science de l'information géographique. Le rapprochement de ces deux disciplines aux épistémologies distantes constitue le contexte de cette recherche.

Au premier abord, le recours au système d'information pour l'anthropologue apparaît comme l'utilisation d'un nouvel outil. Pour le spécialiste en science de l'information géographique, la transposition de la connaissance anthropologique en système d'information semble être un problème commun de structuration, d'analyse et de cartographie des données.

Les tentatives de rapprochement restent jusque-là peu porteuses. Leur analyse nous amène à formuler un constat général, résumé par ce qui est nommé dans ce travail le *paradoxe de la complexité versus la simplicité*. L'interaction des deux disciplines fait émerger de nouveaux problèmes. Certains sont complexes comme en atteste ce travail qui repose avant tout sur une confrontation de leurs épistémologies.

L'aboutissement de cette recherche est une double proposition de démarche. D'une part, une démarche novatrice de modélisation de la connaissance anthropologique en science de l'information géographique a été établie. Elle introduit le concept de "modèle de connaissance", objet de dialogue entre les disciplines, dont l'établissement précède celui du modèle conceptuel de données. D'autre part, une démarche de conception d'une plateforme visuelle et interactive est développée.

ii RESUME

Cette dernière a pour rôle de soutenir la communication entre les disciplines et de rendre les réalisations des spécialistes en science de l'information géographique accessibles aux anthropologues.

La pertinence des deux approches présentées est déterminée en termes d'adéquation avec les logiques propres aux disciplines, et d'intégration aux projets d'aide au développement. Leurs apports et leurs limites sont discutées et font l'objet de quelques perspectives.

Mots-Clés : science de l'information géographique, anthropologie culturelle, interdisciplinarité, modélisation de la connaissance, représentation dynamique, interactivité

Summary

Geographical Information Science and Cultural Anthropology are aimed to collaborate on development projects dedicated to indigenous communities.

This fact is first based on a growing intention to integrate the reality and the perception of the development owned by the community. This movement, towards a stronger consideration of the community's point of view, is assigning to the anthropologist with a central importance in projects. He plays a leading part in linking the culture and the scientific disciplines involved in a project. Secondly, the geographic space, the community is evolving in, has its own organisation and functioning. The recognized importance of space therefore implies the participation of the geographical information science specialist. The "rapprochement" of those disciplines with distant epistemologies constitutes the context of this study.

At first sight, the use of a geographical information system by an anthropologist appears to be limited to the introduction of a new tool. For the specialist in geographical information science, the adaptation of the anthropological knowledge to the logic of the information systems seems to be a common problem of data structuring, analysis and mapping.

The attempts of rapprochement to date aren't particularly successful. Their analysis brought us to formulate a statement of fact summarized in this research by the *complexity versus simplicity paradox*. The interaction between the two disciplines, given a concrete expression by the confrontation of their epistemologies, is at the origin of new problems and questions. Some of them are complex as this study shows.

This research results corresponds to a twofold proposal for collaboration approaches. First, an innovative approach of modelling the anthropological knowledge in geographical information science is suggested. This approach introduces the concept of "knowledge model", dialogue object between the disciplines. Its es-

tablishment precedes the one of the conceptual data model. Second, an approach is developed for the conception of a visual and interactive interface. This computerized framework is set up in order to support interdisciplinary communication. Moreover, it allows products of the geographical information science to be accessible to the anthropologists.

The pertinence and the reliability of the suggested approaches are established in terms of adequacy to the logic of each discipline, and of integration to the development projects. The associated contributions and limits are finally discussed, leading to some future prospects.

Keywords : geographical information science, cultural anthropology, interdisciplinarity, knowledge modeling, dynamic visualization, interactivity

Remerciements

Plusieurs personnes ont permis de mener à bien ce travail par leurs idées, leurs commentaires, leurs apports et leur soutien durant les trois années dédiées à cette recherche.

Pour commencer, je tiens à relever l'interminable connaissance des cultures sud-américaines et le foisonnement d'idées dont fait preuve Carlos Perafan de la Banque Inter-Américaine de Développement, lesquels ont donné naissance à une part importante des interrogations sur lesquelles se base notre réflexion. Je tiens à remercier Carlos pour la confiance dans nos échanges. Dans un même temps, mes remerciements vont au Professeur François Golay et à Régis Caloz pour leur accueil au sein du laboratoire et pour la confiance qu'ils ont placée dans ce travail et les projets qui lui sont associés. Merci encore à Régis pour la curiosité constante qu'il a démontrée tout au long de cette recherche, ainsi que pour son regard et ses commentaires éclairés.

Ma reconnaissance va au Professeur Paul Sillitoe de l'université de Durham pour les éclairages qu'il a su m'apporter sur l'anthropologie culturelle. Merci également pour l'accès libre à la très riche collection de données, fruit de plus de trente ans de recherche sur la communauté Wola de Papouasie Nouvelle Guinée, dont il m'a gratifié sans réserve aucune. Merci à Valérie Miéville-Ott et Olivier Roch, de la disparue Antenne Romande de l'Institut d'Economie Rurale à l'EPFL, pour le temps consacré à évaluer une interface d'exploration à ses balbutiements, et pour avoir ainsi participé à sa consolidation.

Je remercie le président et les membres du jury qui ont accepté d'évaluer cette recherche : le professeur André Mermoud (EPFL), le professeur Martin Schuler (EPFL), le professeur Nicholas Chrisman (Université Laval) et le professeur Paul Sillitoe (Durham University).

Ma reconnaissance va aux équipes des différents projets qui ont soutenu cette recherche, à savoir les projets CLAN et RUTA de la Banque Inter-Américaine de Développement et le projet IMALP (IER-EPFZ). Merci également à Robin Wilson (Durham University) pour son accueil improvisé et son enseignement du faste anglais.

Un immense merci à l'équipe du LaSIG de ces sept dernières années pour l'ambiance inoubliable qu'elle a fait régner. Plus particulièrement François pour son enseignement du consensus et des mots rares de la langue française, Véronique pour son orientation dans les venelles d'une administration obscure, Stéphane et Joël pour les discussions animées de deux géographes et d'un ingénieur, Michaël pour son soutien tant mathématique que culinaire en de maintes occasions, Jens pour son irrésistible goût de la technologie, Gilles pour son partage, sa compréhension et son sérieux. Deux personnes m'ont apporté un soutien sans bornes durant ce travail ; Régis un grand merci pour tout, Karine un immense merci pour tout et bien plus encore.

Je suis infiniment reconnaissant à ma famille, à ma belle-famille et à mes amis pour le soutien qu'il ont su m'apporter tout au long de ce travail, et ce malgré mes silences et mes absences répétés et souvent difficiles à comprendre.

Finalement, à vous Dominique et Erwann, merci du fond du coeur pour votre soutien constant, pour l'attention que vous m'avez portée, et pour votre indulgence face à mes errances, mes manquements réguliers et mes préoccupations étrangères.

Abram - le 25 avril 2007 à Thierrens

Table des matières

<i>Résumé</i>	<i>i</i>
<i>Summary</i>	<i>iii</i>
<i>Remerciements</i>	<i>v</i>
<i>Acronymes</i>	<i>xi</i>
<i>Préambule</i>	<i>xiii</i>
<i>Partie I Problématique</i>	
<i>1 ScIG et anthropologie : ouverture et défi</i>	<i>1</i>
<i>1.1 Introduction</i>	<i>1</i>
<i>1.2 L'interdisciplinarité</i>	<i>2</i>
<i>1.3 Objectifs généraux</i>	<i>4</i>
<i>1.4 Démarche de recherche</i>	<i>4</i>
<i>1.5 Cas d'étude anthropologique</i>	<i>6</i>
<i>1.6 Articulation du travail</i>	<i>7</i>
<i>Partie II Deux disciplines, deux épistémologies</i>	
<i>Introduction</i>	<i>11</i>
<i>2 Science de l'information géographique</i>	<i>13</i>
<i>2.1 Introduction</i>	<i>13</i>
<i>2.2 Du système à la science</i>	<i>13</i>
	<i>vii</i>

2.3	<i>La dimension spatiale</i>	15
2.4	<i>La modélisation spatiale</i>	17
2.5	<i>L'analyse spatiale</i>	21
2.6	<i>La représentation</i>	22
2.7	<i>La ScIG comme cadre de réflexion</i>	24
3	<i>Dimension spatiale en anthropologie culturelle</i>	27
3.1	<i>Introduction</i>	27
3.2	<i>L'anthropologie culturelle</i>	28
3.3	<i>La connaissance culturelle</i>	29
3.4	<i>Le milieu</i>	30
3.5	<i>Le lien entre la culture et l'espace</i>	31
3.6	<i>La perception spatiale en anthropologie culturelle</i>	32
3.7	<i>Les approches spatiales en anthropologie culturelle</i>	34
3.8	<i>Synthèse</i>	39
	<i>Conclusion intermédiaire</i>	41
<i>Partie III Modélisation de la connaissance anthropologique</i>		
	<i>Introduction</i>	47
4	<i>Éléments de modélisation</i>	51
4.1	<i>Du besoin de modéliser</i>	51
4.2	<i>Modélisation en ScIG</i>	52
4.3	<i>Aspects méthodologiques de la modélisation</i>	53
4.4	<i>Le formalisme</i>	55
4.5	<i>Ancrage spatial</i>	57
4.6	<i>La modélisation en ScIG : synthèse</i>	60
5	<i>La connaissance anthropologique</i>	61
5.1	<i>Introduction</i>	61
5.2	<i>Accès à la connaissance culturelle</i>	62
5.3	<i>La documentation de la connaissance anthropologique</i>	63
5.4	<i>Le statut de la connaissance anthropologique</i>	63
5.5	<i>Intégration de la connaissance anthropologique</i>	64
6	<i>De la connaissance anthropologique à son modèle</i>	65
6.1	<i>Introduction</i>	65
6.2	<i>Du phénomène culturel aux faits anthropologiques</i>	66
6.3	<i>Processus de décomposition</i>	67
6.4	<i>Quel produit de la décomposition ?</i>	74
6.5	<i>Quelles difficultés à décomposer la connaissance ?</i>	76
6.6	<i>Quelle part de la connaissance retenir ?</i>	76

7	<i>La structuration des données culturelles</i>	81
7.1	<i>Principe de structuration des données</i>	81
7.2	<i>Transposition des entités</i>	81
7.3	<i>Transposition des relations</i>	83
7.4	<i>Synthèse du passage au modèle conceptuel</i>	85
	<i>Conclusion intermédiaire</i>	91
	<i>Partie IV Renforcement du raisonnement anthropologique</i>	
	<i>Introduction</i>	97
8	<i>Éléments de représentation</i>	99
8.1	<i>L'analyse exploratoire</i>	99
8.2	<i>Le message</i>	100
8.3	<i>La visualisation</i>	102
8.4	<i>la visualisation en ScIG : synthèse</i>	104
9	<i>Vers une interface d'exploration idéale</i>	107
9.1	<i>Introduction</i>	107
9.2	<i>Besoins et contraintes anthropologiques</i>	108
9.3	<i>Typologie des systèmes</i>	109
9.4	<i>Interface d'exploration</i>	112
9.5	<i>Démarche de conception</i>	113
9.6	<i>Validation de l'interface</i>	114
9.7	<i>Une interface d'exploration "idéale" : synthèse</i>	115
10	<i>Interface d'exploration géographique</i>	117
10.1	<i>Introduction</i>	117
10.2	<i>Mise en oeuvre de la plateforme</i>	118
10.3	<i>Cas du relief</i>	123
10.4	<i>Cas de l'occupation du sol</i>	131
10.5	<i>Cas de la population</i>	136
10.6	<i>Cas des échanges socio-politiques</i>	141
10.7	<i>Interface d'exploration géographique : synthèse</i>	145
	<i>Conclusion intermédiaire</i>	147
11	<i>Heure du bilan</i>	151
11.1	<i>Synthèse d'une démarche globale</i>	151
11.2	<i>Rôles spécifiques des disciplines</i>	152
11.3	<i>Vers une intégration synchrone des démarches</i>	153
11.4	<i>Perspectives de recherche</i>	153
	<i>Annexe A Le logiciel libre</i>	167

<i>Annexe B Les systèmes d'information</i>	169
<i>Annexe C Technologies de diffusion</i>	173
<i>C.1 Le réseau</i>	173
<i>C.2 Mécanismes de mise en réseau</i>	175
<i>C.3 Optimisation des échanges</i>	183
<i>Annexe D Correspondance des échelles : mécanismes</i>	185
<i>Annexe E Illustrations agrandies des interfaces</i>	189

Acronymes

AJAX	Asynchronous JAvascript and Xml
AS	Analyse Spatiale
CIS	Community Information System
CLAN	Cultural Land Use ANalysis
COM	Component Object Model
CSS	Cascading Style Sheet
DOM	Document Object Model
EDA	Exploratory Data Analysis
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ESDA	Exploratory Spatial Data Analysis
FOR	Frame Of Reference
GPS	Global Positioning System
GIS	Geographical Information System
GISc	Geographical Information Science
GNU	GNU's Not UNIX
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IADB	Inter American Development Bank
IMALP	Implementation of sustainable agriculture and rural development in ALPine mountains
IS	Information System
JPEG	Joint Photographic Experts Group
MCD	Modèle Conceptuel de Données
MNA	Modèle Numérique d'Altitude

MPD	Modèle Physique de Données
NCGIA	National Center for Geographical Information and Analysis
PHP	Hypertext PreProcessor
PNG	Portable Network Graphics
SA	Spatial Analysis
SciG	Science de l'Information Géographique
SI	Système d'Information
SIG	Système d'Information Géographique
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphic
UML	Unified Modeling Language
WWW	World Wide Web
XML	eXtensible Markup Language

Préambule

C'est dans un contexte d'aide au développement des communautés indigènes que notre discipline, la science de l'information géographique (SciG), et l'anthropologie culturelle ont été amenées à collaborer. Les projets CLAN et RUTA initiés par la Banque Inter-Américaine de Développement en furent un des théâtres (Perafan, 2004a). L'intérêt initial portait sur l'imagerie du territoire et a progressivement glissé vers les apports de la science de l'information géographique en général dans le cadre de l'aide au développement. Ainsi, nous rappelons les traits principaux de cette aide ci-dessous. Il est important de noter que l'objet de notre recherche est restreint à l'intégration de la SciG et de l'anthropologie culturelle. L'aide au développement en tant que telle sort du cadre de ce travail.

L'aide au développement a pour objectif premier de stabiliser, voire de rehausser le niveau de "bien-être" des communautés, en particulier celles identifiées comme "pauvres"¹ (Aldenderfer et Mashner, 1996). Un tel objectif implique une adaptation des usages et des pratiques actuelles allant dans le sens du "mieux" et du "durable"² (Chambers, 2004). Les acteurs des changements qu'implique le développement jouent un rôle déterminant, notamment par leur vision respective du "mieux" et de l'"important" (Deruyttere, 1997).

L'évolution de l'aide au développement au cours de ces dernières décennies se caractérise par la volonté croissante d'intégrer les communautés concernées dans les processus décisionnels qui lui sont associés (Perafan, 2004b; Sillitoe, 1998a; Craw-

dimension
culturelle

¹La notion de pauvreté est entendue selon la définition qu'en donne Henninger (Henninger, 1998), soit que sa mesure ne se restreint pas à la seule considération des biens matériels et du revenu, mais intègre des facteurs tels que l'éducation, la santé, la culture et le bien-être. Une telle définition rend complexe sa nature.

²La notion de "durabilité" fait l'objet d'un nombre important de définitions. Nous nous restreignons cependant à celle donnée par la World Commission on Environment and Development (Brundtland, 1987), à savoir "Meeting the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their needs."

hall, 2003; Deruyttere, 1997; Roth, 2004). L'attention portée à la dimension culturelle des communautés prend des formes diverses (Blaikie et al., 1997), de la mise en oeuvre d'approches dites participatives³ (Chambers, 1994; Sillitoe et al., 2002), à la considération des pratiques traditionnelles (Reij et al., 1996; Berkes, 1999; Brown, 2002; Chatty et Colchester, 2002) en passant par la reconnaissance des croyances locales (Perafan, 2004b). Cette attention est le témoin d'une modification de la perception de la réalité dans laquelle s'inscrivent le "mieux" et l'"important" (Sillitoe et al., 2002). Ceci revient à permettre aux perspectives de la communauté de s'affirmer et, ainsi, de jouer un rôle prédominant dans les projets de développement (Chambers, 2004; Cinderby, 1999; Pottier et al., 2003), par l'entremise de l'anthropologue.

système de la communauté

L'intégration de la communauté au projet en tant qu'acteur à part entière implique qu'elle soit considérée dans son ensemble comme un système (Pottier et al., 2003; Sillitoe, 1998a). Cela revient pratiquement à définir et à caractériser les dimensions principales de la communauté qui sont ⁽¹⁾ l'espace géographique dans lequel elle évolue et ⁽²⁾ la culture qui la caractérise. La première implique logiquement le spécialiste en science de l'information géographique.

considération partielle

Ces dimensions ont reçu jusqu'ici une attention partielle dans les projets d'aide au développement, en raison de l'aspect sectoriel des actions menées (Perafan, 2004b) et des disciplines impliquées (Sillitoe et al., 2005). Malgré son importance, l'espace géographique⁴ est rarement pris en compte dans les études en anthropologie culturelle (Roth, 2004). Dans le même temps, les projets d'ingénierie liés à l'espace ne montrent que peu de considération pour la réalité culturelle des bénéficiaires (Perafan, 2004b).

Ces observations motivent le rapprochement de la science de l'information géographique et de l'anthropologie culturelle pour l'étude des communautés indigènes. Il est au coeur de la recherche présentée.

³La définition que nous retenons d'une approche dite participative est celle que formule Robert Chambers (1994), à savoir une approche dont l'objectif est de permettre à une communauté locale de conduire sa propre analyse.

⁴Par la suite, le terme "espace" sera utilisé comme raccourci de "espace géographique". La notion d'espace au sens large recouvre une multitude de définitions (Crang et Thrift, 2000). La définition à laquelle nous la restreindrons est détaillée par la suite (voir chapitres 3 et 5) pour recouvrir le concept de cadre au sein duquel une dimension sera mesurée et caractérisée, qu'elle soit spatiale, thématique ou encore relationnelle. Le terme "spatial" fera référence à la localisation d'objets dans l'espace géographique.

Première partie

Problématique

1

SciIG et anthropologie : ouverture et défi

La collaboration entre les deux disciplines impliquées dans ce travail soulève une série d'interrogations qu'il s'agit de bien identifier. Celles-ci trouvent leur origine dans la notion d'interdisciplinarité. Nous en dressons un portrait sommaire. Celui-ci met en évidence les problématiques qui découlent de la collaboration. Par la suite, nous présentons les objectifs de notre recherche, son articulation et les cas d'études qui la soutiennent.

1.1 INTRODUCTION

Le rapprochement de la science de l'information géographique et de l'anthropologie culturelle, disciplines éloignées par nature, constitue le contexte de cette recherche. La part d'interdisciplinarité qui en découle impose que le modèle de perception de la réalité d'une discipline soit défini afin d'en autoriser l'accès aux autres. Cette exigence se pose en préambule à toute mise en valeur de synergies. Ceci nous amène à détailler les caractéristiques de l'interdisciplinarité de laquelle émerge la problématique centrale de ce travail¹.

Le partage et la transmission des perceptions entre les disciplines constituent la problématique centrale de ce travail. Cette problématique de communication peut être perçue selon le point de vue ⁽¹⁾ de la mise en commun des concepts par la modélisation des connaissances ou ⁽²⁾ de la mise en commun des apports par la représentation des produits de l'analyse. Ces deux points de vue nous permettent de définir les objectifs principaux de la recherche.

¹Il est important de distinguer l'interdisciplinarité de laquelle émerge la problématique de celle dans laquelle s'insère la recherche. La première est traitée ci-dessous, la seconde fait l'objet de la description de la démarche de la recherche.

La méthodologie de recherche adoptée est présentée par la suite. Elle précède un aperçu succinct des implications technologiques et des solutions actuelles. Les cas d'étude intégrés à la réflexion sont présentés. Finalement, nous exposons brièvement l'articulation de l'ensemble du travail.

1.2 L'INTERDISCIPLINARITÉ COMME SOURCE DE LA PROBLÉMATIQUE

Une approche interdisciplinaire, inévitable dans les projets d'aide au développement, fait intervenir et collaborer des disciplines aussi diverses que les sciences naturelles, la science de l'information géographique² et l'anthropologie culturelle³ (Sillitoe, 1998a). C'est dans ce cadre qu'est apparue l'ouverture de la science de l'information géographique à l'anthropologie culturelle, coeur de la problématique.

Le recours à une telle approche est souvent justifié par les initiateurs de projet de la manière suivante. La communauté a une approche holistique du système⁴ qu'elle constitue (Sillitoe, 1998a). La connaissance qu'elle en acquiert est de fait syncrétique. La culture et le territoire sont donc indissociables de son fonctionnement (Berkes, 1999). Cette affirmation justifie la prise en compte du système de la communauté indispensable pour tenter d'en formuler une compréhension globale.

pluri-
disciplinarité

Parmi la diversité des définitions de l'interdisciplinarité (Wikipedia, 2006a), nous adoptons ce que Paul Sillitoe (1998a) nomme la pluridisciplinarité. Cette dernière caractérise les initiatives adoptant des références communes, définies par la combinaison des perceptions, sans distinction des disciplines. Cela revient à mettre en commun les visions de la réalité, les méthodes, et pas uniquement les résultats d'étude propres à chacune des disciplines. Une telle vision de l'interdisciplinarité rend la mise en oeuvre des projets d'autant plus complexe que les disciplines impliquées sont éloignées. Une compréhension mutuelle des modèles, des langages et des fonctions, ainsi que des méthodes est cruciale (Heemskerk et al., 2003; Pike et Gahegan, 2006), mais peut-être reste-t-elle utopique (Harvey et Chrisman, 1998). Cette dernière observation nous permet de mettre en évidence une première facette de la problématique de ce travail, à savoir

première
problématique

comment favoriser l'intégration des perceptions propres à l'anthropologie culturelle dans le cadre de la modélisation et de l'analyse en science de l'information géographique ?

plus-value

La plus-value d'une approche interdisciplinaire réside dans le fait que l'intégration des principes et des méthodes offre une vision globale du problème, en comparaison à l'intégration des résultats⁵ (Blaikie et al., 1997).

²L'utilisation du singulier pour parler de "la" science de l'information géographique et non "des" sciences est sujette à controverse. En effet, plusieurs observateurs contestent le singulier du fait de la connotation d'unique qu'il implique. Toutefois nous adoptons cette formule pour son caractère englobant des diverses pratiques associées à l'information géographique (voir chapitre 2).

³Dans sa définition générale, l'anthropologie culturelle est la branche qui traite des cultures au sens de l'humain et de la communauté (Barnard et Spencer, 2002) (voir section 3.2).

⁴Un système est une totalité dynamique d'éléments dont l'interaction produit des propriétés nouvelles qui ne peuvent être réduites à celles des composants pris isolément selon Mshvenieradze cité par Bernard Walliser (1977).

⁵"Le tout (méthodes et résultats) est supérieur à la somme des parties" (Walliser, 1977).

D'aucuns sont tentés de réunir plusieurs disciplines sous la compétence d'un seul et même expert (Lewis, 2000). Ceci a pour effet positif de lever l'obstacle de la compréhension mutuelle cité précédemment. Toutefois, cette solution nous paraît peu satisfaisante pour la raison suivante. Un expert peut être rendu sensible aux principes et aux méthodes d'autres disciplines, et donc en comprendre le point de vue (Heemskerk et al., 2003). Cependant, le savoir-faire et l'expertise qui accompagnent chaque pratique ne sont souvent pas acquis (Dunn et al., 1997). William Pike (2006) mentionne l'importance de l'expertise spécifique à un domaine de pensée pour lequel la signification d'un phénomène repose sur son interprétation au sein d'un corps théorique et sur une perception particulière. Selon nous, il est utopique de croire à l'omniscience.

Il est nécessaire de déterminer des moyens qui permettent l'intégration des disciplines considérées⁶ au travers de l'étude de leurs rôles et de leurs fonctions respectives dans les projets de développement. Les apports des uns viendront éclairer les choix et l'expertise des autres (Heemskerk et al., 2003).

Cette dernière observation nous amène à formuler une deuxième facette de la problématique, à savoir

comment favoriser la compréhension et la communication des apports mutuels, compte tenu des perceptions, des pratiques et des langages propres à chacun ?

deuxième
problématique

Ce besoin de renforcer la compréhension mutuelle par une approche pluridisciplinaire subsiste. L'observation suivante qui découle de l'analyse des initiatives d'intégration de la dimension spatiale en anthropologie culturelle le prouve (voir section 3.8). Les tentatives de rapprochement de l'anthropologie culturelle et de la science de l'information géographique (Aldenderfer et Mashner, 1996; Goodchild et Janelle, 2004; Fischer, 2004) sont confrontées pour une grande majorité à ce que nous résumons sous le nom de *paradoxe de la complexité versus la simplicité*. De manière synthétique, ce dernier est défini par

- la complexité des méthodes d'analyse et de représentation en science de l'information géographique, ainsi que des outils associés ;
- la simplicité outre mesure ou un manque de pertinence des résultats pour l'anthropologie culturelle.

⁶Bien que les études interdisciplinaires puissent par nature faire collaborer des disciplines de tous horizons, nous nous limitons à décrire la collaboration entre la science de l'information géographique et l'anthropologie culturelle. Les sciences naturelles, sociales et économiques inhérentes à l'étude interdisciplinaire d'une communauté n'interviendront que de façon anecdotique pour illustrer, voire compléter les propos.

1.3 OBJECTIFS GÉNÉRAUX

A la lumière de la problématique évoquée ci-dessus, nous définissons les objectifs généraux de notre recherche.

Le premier objectif est défini dans l'optique de répondre à la problématique d'intégration de la connaissance culturelle à notre démarche en science de l'information géographique.

objectif de
modélisation

Proposer une solution de mesure et de structuration des phénomènes culturels dans le but d'intégrer ces derniers à la démarche et au raisonnement du spécialiste en science de l'information géographique.

Nous émettons l'hypothèse selon laquelle la modélisation de la connaissance permet de soutenir la collaboration interdisciplinaire. Cet objectif est un double défi qui entend établir dans quelle mesure la ScIG peut être étendue à l'anthropologie culturelle et si elle est à même d'offrir une structure d'accueil pour l'information anthropologique.

Le deuxième objectif découle de la problématique de communication entre les disciplines.

objectif de
représentation

Proposer une solution de communication susceptible de produire une synergie entre l'anthropologie culturelle et la science de l'information géographique.

Cette solution doit offrir à l'anthropologue un outil d'analyse qui lui permette de focaliser son attention sur l'interprétation experte des résultats d'analyse spatiale, tout en le déchargeant de la mise en oeuvre complexe de la méthode et des outils traditionnels. En résumé, cela revient à inverser le *paradoxe de la complexité versus la simplicité* afin de conserver

- la complexité des problèmes abordés, au travers d'un message clair et intelligible ;
- la simplicité de mise en oeuvre des rendus d'analyse et d'utilisation des outils.

La démarche adoptée dans le but d'atteindre une telle inversion est détaillée ci-dessous (voir section 1.4).

1.4 DÉMARCHE DE RECHERCHE

Le cadre de recherche exposé ci-dessus, nous amène à adopter une méthodologie de recherche fortement ancrée dans l'étude de cas. Nous en présentons les composantes principales ci-dessous. Il est important de mentionner que nous adoptons constamment le point de vue de la science de l'information géographique.

Insertion théorique

La compréhension de la problématique que nous acquérons au travers de l'analyse de cas concrets est complétée par l'analyse de la littérature. Celle-ci repose principalement sur une revue systématique des contributions scientifiques, considérées comme référence pour ce travail. Ceci correspond au caractère bibliographique de cette recherche. Notons que l'analyse du matériel bibliographique et celle des cas concrets se font en parallèle. Le produit de cette analyse est rendu sous une forme synthétique au travers de repères épistémologiques pour ⁽¹⁾ la science de l'information géographique (chapitre 2) et pour ⁽²⁾ l'anthropologie culturelle (chapitre 3). Ces repères sont complétés d'éclairages théoriques ponctuels apportés par la suite.

Approche exploratoire

Le caractère exploratoire de ce travail se justifie par la nature interdisciplinaire de la recherche et par l'absence de cadre méthodologique reconnu. Il est dès lors nécessaire de mettre en place un processus d'échange des visions respectives d'un même problème entre les deux disciplines afin de renforcer la compréhension globale de la communauté et de son fonctionnement. Cette démarche est concrétisée par des échanges de données et de réalisations qui favorisent l'interprétation d'un point de vue par les autres parties. Cette confrontation des perceptions et des concepts propres à chaque discipline ainsi que leur critique itérative constituent le caractère exploratoire de la recherche. Une conséquence de ce choix est une approche par la considération d'un jeu de cas d'études.

Ce travail repose sur une approche à la fois exploratoire et empirique. Ces propriétés se justifient par le caractère pluridisciplinaire de l'étude des communautés indigènes mentionné au chapitre premier (voir section 1.2), qui implique que la réflexion soit basée sur des cas concrets d'études anthropologiques. Ces derniers sont présentés ci-dessous (voir section 1.5). Pour les besoins du discours, nous différencions les termes "exploratoire" et "empirique". Le premier définit le caractère propre à cette recherche de ne pas posséder de ligne établie *a priori* pour l'étude de la problématique. C'est le jeu des interactions entre les différents acteurs qui oriente la recherche. Le second fait référence au cadre que donnent les différents cas réels étudiés. L'expérience des acteurs de l'anthropologie culturelle impliqués dans les cas choisis guide la démarche par leur connaissance des phénomènes culturels traités.

Ancrage dans les technologies informatiques

L'environnement technologique consiste en l'ensemble des méthodes et des techniques informatiques qui contribuent à la mise en oeuvre des concepts étudiés. La concrétisation des concepts nous paraît indispensable pour mesurer le degré de faisabilité et de cohérence de ceux-ci. Ce besoin est illustré par une citation de Thierry St-Gérand (2005).

"Tout se passe comme si certains concepts restaient en dormance, dans l'attente de la découverte d'une "faisabilité technique" susceptible de déverrouiller leur mise en oeuvre et de les soumettre à l'épreuve de l'expérimentation thématique."

L'environnement dans lequel s'insère le travail est déterminant pour deux raisons. La première raison est qu'une analyse des outils informatiques existants s'avère né-

cessaire pour éviter de créer des éléments déjà disponibles. La deuxième est que la réflexion ne peut se détacher totalement du contexte technologique. Ceci se justifie d'autant plus que l'évolution de l'analyse des données géographiques et de leur représentation est intimement liée aux innovations technologiques (Worboys et Duckham, 2004). En résumé, l'environnement technologique a pour rôle de soutenir la réalisation et la validation des concepts avancés, et sa prise en compte d'assurer un degré de vraisemblance à leur mise en oeuvre.

La réflexion sur les apports des technologies actuelles pour ce travail est faite en regard à la représentation et la communication de l'information (voir chapitre 2). L'identification et la description des éléments techniques d'importance constituent une étape cruciale de l'étude (voir annexe C). Elle succède à la présentation de la typologie des systèmes d'information (voir annexe B).

1.5 CAS D'ÉTUDE ANTHROPOLOGIQUE

Le contexte culturel définit l'insertion de la réflexion au sein d'une problématique réelle. Plusieurs projets en cours servent de base de réflexion pour la recherche. Trois cas complémentaires sont ainsi considérés.

Communautés indigènes du Darien

Le premier contexte culturel est celui des communautés indigènes du Darien au Panama. Ce cas d'étude est caractérisé par une forte imbrication spatiale des communautés. L'objectif de l'étude menée par l'unité de Développement des Peuples Indigènes et des Communautés de l'IADB et le laboratoire des systèmes d'information géographique de l'EPFL était de définir un cadre méthodologique d'identification des patrons d'utilisation des terres à partir de l'imagerie aérienne et satellite. Cette identification devait tenir compte des spécificités culturelles propres à chaque communauté (Perafan, 2004b; Perafan et Nessim, 2002; Pointet et al., 2004). Les objectifs particuliers étaient

- d'identifier et de cartographier les usages culturels du sol relatifs à chaque communauté ;
- d'identifier et de cartographier les relations culturelles entre les communautés ;
- de délimiter leurs territoires.

La structuration des données s'est posée en extension du projet initial. Cette réorientation d'une part du projet eut pour effet de définir de nouveaux objectifs. Ceux-ci étaient d'évaluer la durabilité des utilisations faites des terres et d'identifier les conflits potentiels d'utilisation entre communautés.

Société Wola

La société Wola occupe une région montagneuse de la province des Southern Highlands en Papouasie Nouvelle-Guinée (Sillitoe, 1979; Sillitoe, 1996). Les communautés indigènes qui la composent, vivent principalement de cultures vivrières et itinérantes, ainsi que de l'élevage du cochon.

L'ordre social au sein de cette société dite acéphale⁷ est garanti par des échanges socio-politiques (Sillitoe, 1979; Sillitoe, 1998b). Ces échanges d'objets prennent place lors d'événements particuliers au sein de la communauté (décès, mariage,...). Chez les Wola, ils se matérialisent principalement par des coquillages, des cochons et, aujourd'hui, de l'argent. Ce jeu d'échanges tisse des liens entre les membres de la communauté, assurant la stabilité des relations et l'ordre dans la communauté. Il permet ainsi d'identifier les relations sociales qui prévalent dans la société.

Ce cas d'étude se distingue des autres du fait qu'il ne relève pas d'un projet de développement, mais constitue une étude anthropologique dont l'objectif principal est de décrire et comprendre le fonctionnement d'une communauté.

Communauté agricole du Val d'Hérens

Le troisième cas est celui d'une communauté agricole en région de montagne. Le projet européen IMALP (IMALP, 2004) a pour but la mise en oeuvre d'une agriculture et d'un développement rural durable dans les Alpes, favorisant une approche participative d'actions sectorielles. Les objectifs particuliers de ce projet, qui prend place pour une part dans le Val d'Hérens (Valais - Suisse), sont de

- définir une méthodologie d'appui au développement durable de l'agriculture en montagne ;
- définir et de soutenir la réalisation d'actions concrètes dans le but d'améliorer la durabilité de cette économie.

Trois cas, une problématique

Les trois contextes culturels dans lesquels s'insère la recherche présentent à la fois des différences et des similarités :

- des différences, par les cultures considérées, par les phénomènes étudiés, et par les données à disposition ;
- des similarités, par les problèmes que la prise en considération des dimensions culturelle et spatiale soulève.

Ces cas complémentaires offrent un cadre de réflexion riche. Ils permettent d'aborder un nombre important de problèmes liés à la considération simultanée du contexte culturel et de sa dimension spatiale.

1.6 ARTICULATION DU TRAVAIL

La suite du discours suit de manière logique le découpage méthodologique présenté ci-dessus. Les chapitres 2 et 3 présentent successivement l'état de l'art de la science de l'information géographique et de la dimension spatiale en anthropologie culturelle. Ils contiennent les repères épistémologiques nécessaires à la concrétisa-

⁷Une société est dite acéphale lorsqu'elle ne reconnaît aucune structure de pouvoir. Aucune instance n'est supérieure à l'individu, seul maître de ses actes et de ses choix (Sillitoe, 1979). L'ordre social ne repose pas sur une structure de pouvoir hiérarchique.

tion du cadre de réflexion de notre travail. Deux parties principales succèdent à cette première partie introductive du cadre de recherche.

La partie III traite de la problématique de la mesure et de la structuration des phénomènes culturels. Elle est composée des chapitres 4 à 7.

La partie IV est dédiée à la seconde problématique pour laquelle nous avons défini l'objectif de favoriser le raisonnement spatial de l'anthropologue. Elle est constituée des chapitres 8 à 10.

Nous concluons au chapitre 11 par une synthèse du rôle de la science de l'information géographique pour les études en anthropologie culturelle. Cette synthèse correspond à la mise en évidence des apports et des limites de l'intégration des deux disciplines. Elle débouche sur l'identification des synergies susceptibles de se dégager des projets pluridisciplinaires et la proposition de voies de prospection future.

Deuxième partie

*Deux disciplines,
deux épistémologies*

Introduction

L'anthropologie culturelle et la science de l'information géographique sont deux disciplines qui reposent sur des connaissances, une méthodologie et une perception propres de la réalité.

Au premier abord, le recours au système d'information géographique (SIG) pour un anthropologue apparaît comme l'utilisation d'un nouvel outil. Pour le spécialiste en science de l'information géographique, la transposition de la connaissance anthropologique en base de données spatiales semble être un problème commun de structuration des données et de représentation cartographique.

“L'outil est une expression culturelle...”

Si cette affirmation de Pierre Bungener est avérée, l'interaction des deux disciplines fait surgir divers problèmes dont certains sont complexes comme cette étude le révèle. Une première étape consiste donc à mettre en lumière les spécificités de la démarche d'acquisition de connaissances propres à chacune. En d'autres termes, de formuler quelques repères de leur épistémologie respective.

2

Repères épistémologiques de la science de l'information géographique

L'évolution de la cartographie vers les systèmes d'information géographique par son couplage à la base de données a fait émerger une reconnaissance progressive des spécificités propres à la modélisation spatiale. Cette dernière a permis au domaine d'acquérir peu à peu le statut de science pour finalement donner naissance à la science de l'information géographique. Nous présentons dans ce chapitre les repères épistémologiques de cette science.

2.1 INTRODUCTION

La science de l'information géographique (ScIG) paraît être la mieux placée pour favoriser l'intégration de la dimension spatiale au raisonnement anthropologique. Elle se situe à l'articulation de l'espace géographique et des disciplines d'étude de la communauté. De fait, la science de l'information géographique est proposée comme cadre de réflexion pour l'intégration de la dimension spatiale en anthropologie culturelle.

Nous présentons ci-dessous les concepts fondamentaux de la science de l'information géographique. Les phases du cycle de vie de l'information géographique importantes pour notre démarche sont détaillées. Il s'agit notamment de la modélisation et de la représentation spatiale.

2.2 DU SYSTÈME À LA SCIENCE DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

L'avènement des technologies numériques ont amené la cartographie traditionnelle à passer dans une première étape à l'outil informatique de cartographie. Cette évolution a été suivie de l'apparition des systèmes d'information géographique, dont la caractéristique première est de coupler la représentation cartographique et la base de données au sein d'un même système. Peu à peu, la modélisation spatiale qui dé-

coule de ce couplage a démontré occuper une place centrale. Celle-ci s'accompagne d'une perception de la réalité et de méthodes propres.

C'est sur la base de ces observations que les méthodes jusque-là associées au système d'information géographique, comme outil, ont acquis peu à peu le statut de science, comme discipline d'acquisition de connaissances qui repose sur des perceptions, des démarches et des méthodes propres. L'utilisation du terme de "science" de l'information géographique qui englobe tous les aspects de recherche associé à cette information a été sujet à controverse à la fin des années 1990 (Wright et al., 1997; Pickles, 1997).

science de
l'information
géographique

La science de l'information géographique est introduite en 1992 par Michael Goodchild (Goodchild, 1992), dans le cadre du National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), qui propose une revue de ses principales composantes. La ScIG tire son origine dans l'évolution de la cartographie numérique puis des systèmes d'information géographique (Wright et al., 1997). Ce n'est que quelques années plus tard que plusieurs auteurs se risqueront à en proposer une définition (Mark, 2000; Mark, 2002; Goodchild et Haining, 2004). La définition de David Mark (2002), donnée ci-dessous, semble transmettre le plus fidèlement les concepts associés à la ScIG et reconnus d'importance pour notre travail.

"Geographic Information Science (GIScience) is the basic research field that seeks to redefine geographic concepts and their use in the context of Geographic Information Systems (GIS). GIScience also examines the impacts of GIS on individuals and society, and the influences of society on GIS. GIScience re-examines some of the most fundamental themes in traditional spatially oriented fields such as geography, cartography, and geodesy, while incorporating more recent developments in cognitive and information science.

It also overlaps with and draws from more specialized research fields such as computer science, statistics, mathematics, and psychology, and contributes to progress in those fields. It supports research in political science and anthropology, and draws on those fields in studies of geographic information and society."

La démarche classique en ScIG s'insère dans le cycle de vie de l'information (figure 2.1) (Worboys et Duckham, 2004). Celui-ci correspond à une suite ouverte de moments (étapes) de la "vie" de l'information géographique. Le cycle de vie n'impose pas un enchaînement temporel strict de processus. Nous conservons toutefois le terme de "moments" du fait du séquençage des processus. Ce cycle correspond à l'enchaînement logique de traitements choisis dans un but précis. En effet, il est possible que certains moments soient écartés et d'autres récurrents dans la composition d'un processus global en sciences de l'information géographique.

La dimension spatiale (voir section 2.3) est évidemment une notion centrale en science de l'information géographique. Elle représente le corps de l'information spatiale et est ainsi sa raison d'être. Nous la détaillons à la section suivante.

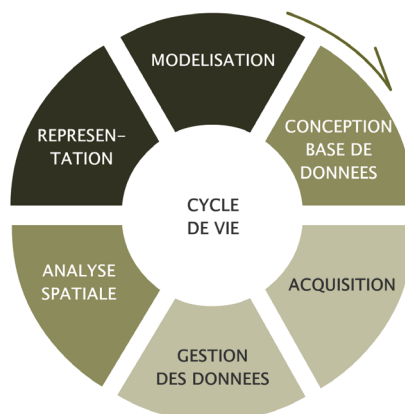


FIG. 2.1 Cycle de vie de l'information. Les étapes d'importance particulière pour la recherche (voir section 2.7) sont dans les tons foncés, celles d'importance limitée sont dans les tons moyens. Les tons clairs représentent les étapes de moindre importance pour ce travail.

2.3 LA DIMENSION SPATIALE

Dès lors que l'on parle de l'emplacement et/ou de l'étendue, par exemple d'une communauté, une référence à l'espace est faite. Tout projet ayant trait au territoire de manière directe ou indirecte présente une composante spatiale (Aldenderfer et Mashner, 1996). Celle-ci peut se présenter sous des formes diverses, allant de la simple localisation à des analyses complexes de zones d'influence ou de relations spatiales. La notion de dimension spatiale fait référence à la localisation d'éléments dans l'espace géographique et aux propriétés associées. La localisation et la caractérisation d'un élément dans l'espace, ici défini par le contexte géographique d'une ou de plusieurs communautés, reposent sur la définition de l'espace géographique (Brunet et al., 2005).

L'espace géographique peut être décomposé en deux champs : le champ de la mesure¹ et celui de l'analyse² (Miller et Wentz, 2003). Cette distinction est primordiale en cela qu'elle guide le processus de modélisation de la connaissance culturelle détaillé au chapitre 5.

Le premier champ mentionné correspond à la mesure de la position dans l'espace. Cette notion est reprise en détail à la section 4.5 relative à l'ancrage spatial des éléments de la connaissance. Elle repose sur le choix d'un cadre de référence (Bennardo, 2002) et sur celui d'une métrique de mesure de la position au sein de celui-ci. Il est important de noter qu'il n'existe pas de cadre géographique unique en raison de la grande diversité des cadres de référence (absolu/relatif, plan/sphérique, etc.) et des métriques associées (mètre, pied, etc.).

¹Le champ de la mesure correspond à ce que Bernard Walliser (1977) nomme les caractéristiques de définition d'un objet.

²Le champ de l'analyse correspond aux propriétés déductibles des caractéristiques de définition, qui permettent de préciser la nature de l'objet (Walliser, 1977).

Le deuxième champ permet la détermination d'attributs géographiques issus de la mesure. Ceux-ci caractérisent la géométrie des éléments dans l'espace. C'est à ce niveau qu'apparaissent les propriétés de forme, d'arrangement et de proximité des éléments. La figure 2.2 offre un aperçu des attributs géographiques sur lesquels s'appuie l'analyse spatiale (voir section 2.5).

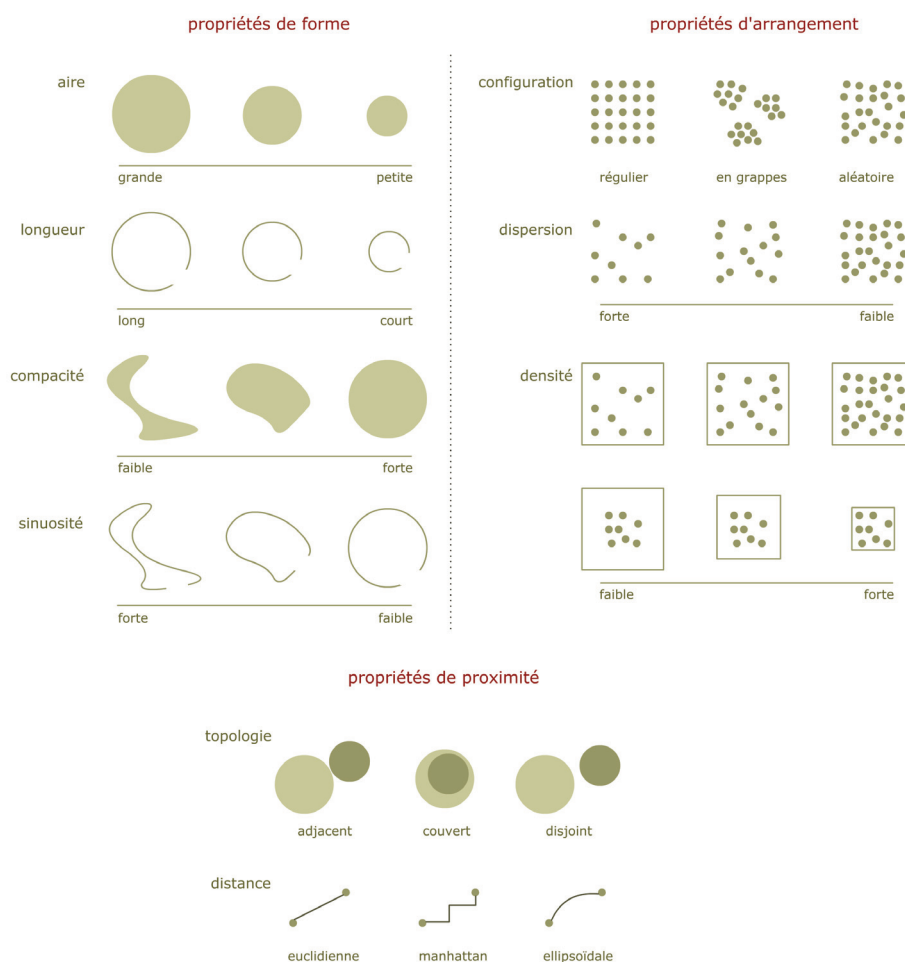


FIG. 2.2 Caractérisation géographique : la forme, l'arrangement et la proximité.

A l'espace géographique est adjoint l'espace thématique³. Celui-ci comprend l'ensemble des propriétés associées aux objets⁴. A cela vient s'ajouter l'espace relationnel, composé des interactions sociales qui prennent place dans l'espace géogra-

³La géographie traditionnelle inclut les dimensions spatiale et thématique dans les objets spatiaux. Nous prenons le parti de les considérer séparément en raison de la place que la dernière occupe en anthropologie culturelle, souvent considérée seule.

⁴La notion d'objet est distinguée de celle d'élément dans l'espace. L'objet qui peut ou non être lié à un élément géométrique, correspond à une entité identifiée du modèle de la réalité. Ainsi l'élément géométrique qui est associé à un objet correspond à son ancrage dans l'espace géographique. La notion d'ancrage spatial est discutée à la section 4.5.

phique. Ces deux espaces supplémentaires (voir figure 2.3) se composent chacun de leurs champs de mesure et de caractérisation propres. Ils sont décrits en détail au chapitre 6.

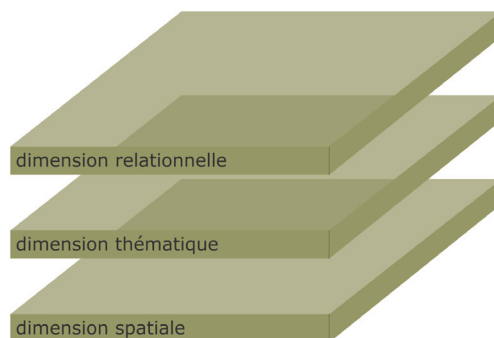


FIG. 2.3 Dimensions géographique, thématique et relationnelle.

Les systèmes d'information géographique

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont définis comme un ensemble intégré de théories, de méthodes et de technologies informatiques, dédié à la structuration, à la gestion, à la manipulation (Goodchild, 1996) et, dans une moindre mesure, à la représentation de l'information géographique (MacEachren et Taylor, 1994). Ils sont une des composantes de la ScIG (Goodchild, 1992).

système
d'information
géographique

2.4 LA MODÉLISATION SPATIALE

La modélisation, et conséquemment les SIG, sont caractérisés, notamment, par les aspects suivants.

- Ils permettent de concilier, au sein d'une même structure, les données émanant de différentes disciplines en relation, directe ou non, avec l'espace géographique (Prelaz-Droux, 1995). Cette aptitude des SIG à intégrer des informations de natures et d'origines diverses, par la considération de leur dimension spatiale, leur confère un **rôle fédérateur**, reconnu dans les études interdisciplinaires (Aldenderfer et Mashner, 1996). Ce rôle découle directement de la considération d'un espace géographique unique.
- Leur rôle fédérateur implique la reconnaissance de la caractéristique de **multidimensionnalité**, ou d'interdisciplinarité, des systèmes en question (Goodchild, 1996). La dimension spatiale permet de fédérer au sein d'un même système des thèmes aussi variés que les sciences naturelles, les sciences de la terre, les sciences sociales, etc.
- Ils ont un **effet structurant** sur les données qui leur est conféré par le caractère unique de l'espace géographique. Le passage de la connaissance, ou d'une réalité, à un modèle de cette connaissance implique que l'on hiérarchise et structure les données et leurs relations. Associées à la détermination d'une

structure se posent les questions de la généralisation et de la normalisation des données. Chacun de ces deux processus est développé plus bas.

- Le passage au modèle conceptuel de données en SIG impose que l'**ancrage spatial** de certaines entités soit déterminé. Cette étape de concrétisation de la reconnaissance de la dimension spatiale implique le choix du modèle spatial⁵ le plus approprié. Ce choix est dicté notamment par la nature de la donnée et par la perception de son utilisation ultérieure.
- L'espace géographique, ainsi que les processus et les relations communautaires dont il est le théâtre, impliquent la prise en compte du contexte. Cette notion de contexte soulève la question de ses limites et celle du niveau de détail pertinent pour répondre à une problématique donnée. Nous nous retrouvons là face au problème de l'échelle, ou plutôt des échelles, étant donné que les relations sociales, par exemple, se jouent à différents échelons de l'espace. Dès lors, les SIG doivent prendre en compte, dans le modèle de la connaissance culturelle, les différentes échelles d'observation des marques de la communauté. Une approche **multi-échelle**⁶ est justifiée ainsi.

Ces éléments contribuent de manière essentielle à la démarche entreprise. Il convient encore de développer certains points importants du processus de modélisation de la connaissance anthropologique.

unification des items La normalisation des données est à ce stade considérée comme un processus d'unification de la sémantique utilisée. Elle est constituée d'un jeu de méthodes utilisées pour imposer un degré élevé, mais nécessaire, de rigueur et d'uniformité des données. L'objectif premier de la normalisation est de rendre comparables les données, principalement au niveau des attributs, afin d'assurer la mise en oeuvre de l'analyse. Elle pourra prendre des formes diverses en fonction, notamment, du type de données en présence et du degré de contrainte adopté. La plus-value qu'apporte la normalisation s'accompagne de restrictions sur la richesse sémantique que le système sera à même d'intégrer. Les incidences de la normalisation sont traitées plus en détail au chapitre 5. La normalisation nous confronte au compromis entre une richesse de contenu suffisante et un bon potentiel d'analyse.

généralisation La généralisation de l'information, processus qui prend place au niveau spatial et/ou thématique, est ici justifiée par les caractéristiques multi-échelles et multi-variées de l'analyse. La généralisation a deux objectifs distincts. Soit il s'agit de faire correspondre les niveaux d'abstraction des différentes disciplines dans le but de rendre les modèles comparables. Soit il s'agit de procéder à une synthèse des données en vue d'obtenir un éclairage supplémentaire (Handwerker et Borgutti, 1998) dans le but d'enrichir l'interprétation.

formalisme Le recours à une représentation formalisée du modèle de données permet une diffusion aisée de celui-ci et soutient sa compréhension par les différents acteurs. La simplicité du formalisme adopté favorisera la lecture. Elle permettra en plus aux acteurs de se concentrer sur le contenu du message et non sur sa forme. Plusieurs

⁵La notion de modèle spatial, centrale à la question de la structuration des données spatiales, est développé plus loin.

⁶Notons que le concept d'utilisation d'échelles multiples n'est pas propre aux systèmes d'information géographique, mais est héritée de la géographie (McMaster et Sheppard, 2004).

formalismes existent, par exemple UML. Ils présentent chacun des avantages et des inconvénients spécifiques (Bloch, 2005).

Les échelles de mesure de l'information

La définition de toute propriété repose sur le choix d'une échelle de mesure. La forme que peut prendre la mesure d'une variable ainsi que les opérateurs qu'elle autorise sont fonction de cette échelle. Malgré la controverse existante autour de la définition des types d'échelles de mesure⁷ (Velleman et Wilkinson, 1993; Chrisman, 1997), nous nous référons à leur description conventionnelle, faite par Stevens (Stevens, 1946) puis reprise par bon nombre d'auteurs dans des disciplines diverses (Bernard, 2001; Chrisman, 1997). Les trois échelles de mesure considérées⁸ sont décrites ci-dessous.

- L'échelle nominale correspond à la mesure de valeurs qui permettent de définir et de décrire des éléments de la connaissance, leurs états et leurs relations. Elle implique un simple groupement des observations en catégories qualitatives identifiées par un symbole. Les symboles utilisés pour différencier les valeurs peuvent prendre des formes aussi variées que du texte [santeños, chiricanos, kuna], des chiffres⁹ [1, 7, 18] ou encore des icônes [★, ●, ⊙]. La seule opération mathématique possible avec cette échelle est de compter le nombre d'éléments dans chacune des catégories. échelle nominale
- L'échelle ordinale correspond à la mesure de valeurs d'ordre hiérarchique. Elle est de fait similaire à l'échelle nominale exceptée qu'elle permet d'établir une relation d'ordre entre les éléments d'un ensemble, sans toutefois être capable d'évaluer de façon quantitative la distance qui les sépare. Les symboles qui lui sont associés sont similaires à ceux de l'échelle nominale. Cependant l'ordre qui leur est associé les différencie à l'exemple du texte [petit, moyen, grand], des chiffres [1, 2, 3] ou encore des icônes [·, ○, ⊙]. échelle ordinale
- L'échelle cardinale correspond à la mesure de valeurs numériques¹⁰. Elle permet l'identification, le rangement et la signification des intervalles entre valeurs. échelle cardinale

⁷La critique de la typologie des échelles de mesure proposée par Stevens (1946) porte principalement sur l'association parfois peu pertinente d'opérateurs mathématiques à une échelle de mesure. Force est de constater que dans certains cas particuliers, les valeurs pourtant bien associées à une échelle de mesure donnée n'autorisent pas, de par leur nature, l'utilisation d'un opérateur. L'exemple de l'orientation du terrain illustre bien cette limite de la typologie de Stevens (voir section 10.3). Il apparaît clairement que l'échelle de mesure dicte uniquement l'utilisation potentielle d'un opérateur et pas sa pertinence en regard de la nature de la variable. Cet aspect d'usage aveugle des opérateurs amène certains auteurs à repenser la typologie des échelles de mesure. Cependant, il paraît plus judicieux de conserver une telle typologie qui a le mérite d'être simple et conventionnelle pour la modélisation de l'information et de s'en remettre au savoir-faire des professionnels.

⁸Nous évitons volontairement la distinction de mesure basée sur l'opposition qualitatif versus quantitatif en raison de la charge sémantique différente que celle-ci présente en SciG et en anthropologie culturelle.

⁹Malgré l'utilisation de chiffres au sein d'une mesure nominale, aucune notion d'ordre n'est considérée.

¹⁰La notion de "valeur numérique" est ici définie comme une valeur représentée par un nombre.

Notions d'échelle, de précision et d'exactitude

La considération de l'information spatiale fait appel à plusieurs notions telles que le niveau de détail, la précision de la localisation, l'étendue que l'on considère ainsi que l'échelle d'observation des éléments de l'espace géographique. Ces notions sont développées en détail dans la section suivante afin de clarifier les termes correspondants utilisés par la suite.

Les développements qui suivent ont pour but premier de lever plusieurs ambiguïtés rencontrées dans la littérature et la pratique. Les principales sont

- échelle cartographique *versus* échelle géographique ;
- échelle d'observation *versus* échelle de représentation ;
- détail *versus* exactitude et qualité.

Les données géographiques peuvent être caractérisées par leur niveau de détail et par l'étendue qu'elles couvrent (Quattrochi et Goodchild, 1997). Le niveau de détail, aussi appelé "grain géométrique", considère la finesse avec laquelle les informations ont été acquises ou sont représentées. Dans le cas de l'image, le niveau de détail est appelé la résolution. L'"étendue" détermine l'espace contenu par les limites correspondant aux données. Notons que l'utilisation de médias numériques fait passer la notion d'étendue des limites du support de représentation, laquelle est remplacée par le champ de vision, à celles du jeu de données lui-même.

échelles cartographiques et géographiques

La caractérisation de l'échelle de représentation par les adjectifs "grande" ou "petite" peut prêter à confusion. Ceci provient de ce qu'il est fait référence parfois à l'échelle dite "cartographique"¹¹, et parfois à celle dite "géographique"¹² sans préciser de laquelle il s'agit. Pour plus de clarté, nous nous tiendrons à la définition de l'échelle cartographique dans la suite du discours lorsqu'il sera fait mention du concept d'échelle liée à la dimension spatiale¹³.

échelles d'observation et de représentation

L'acquisition de données géographiques sous une forme numérique permet la création de cartes à des échelles variées. Cependant, il est important de noter que les données sont acquises à un niveau de détail déterminé, lequel définit l'"échelle d'observation" des données. La représentation - ou restitution - des données à un niveau de détail différent de celui de l'acquisition est effectuée à l'"échelle de représentation". Cette dernière doit être en adéquation avec l'échelle d'observation, moyennant une certaine marge de manoeuvre. Le niveau de détail du support utilisé pour la restitution, appelé la "définition" du média, lie ces deux concepts d'échelle.

grain, exactitude et qualité

La notion de "grain" est souvent confondue avec celle d'"exactitude". La première caractérise le niveau de détail avec lequel une information est acquise. La seconde

¹¹L'échelle cartographique fait référence au rapport entre la mesure d'une longueur sur la carte et sa correspondante dans la réalité, soit une grande échelle pour un niveau de détail élevé.

¹²L'échelle géographique correspond à l'étendue considérée, soit une grande échelle pour une large étendue, et inversement.

¹³Nous utilisons donc l'expression "à grande échelle cartographique" pour un niveau de détail élevé et une étendue restreinte, ou à l'inverse "à petite échelle". Notons que le concept d'échelle au sens large s'applique également à la notion d'échelle de mesure (voir ci-dessus).

définit le caractère précis de sa localisation¹⁴ dans l'espace géographique. La "qualité" est une notion complexe qui est plus large que la simple précision de localisation (Guptill et Morrison, 1995). En effet, elle considère à la fois les notions de précision, de localisation, de caractérisation thématique, d'état de mise à jour, de méthode d'acquisition, de documentation, etc.

2.5 L'ANALYSE SPATIALE

L'analyse spatiale (AS) sous sa forme quantitative apparaît dans la seconde moitié du XX^e siècle comme le prolongement logique de l'analyse statistique et de la considération de l'environnement géographique (Goodchild et Haining, 2004; Cressie, 1991; Haining, 2003; Ripley, 1981). Elle donne suite à l'analyse qualitative de l'espace géographique qui reposait jusqu'alors sur l'interprétation de cartes et l'observation *in situ*. L'analyse spatiale utilise des opérateurs géométriques et statistiques, ainsi que leur combinaison dans le but de mettre en évidence et de conforter des hypothèses sur l'articulation des phénomènes dans l'espace géographique. Elle participe à une nouvelle valorisation de l'information par le soutien à la compréhension des phénomènes modélisés. L'étude des relations entre unités spatiales constitue le coeur de l'analyse spatiale. Plusieurs concepts régissent l'analyse spatiale, faisant simultanément appel aux dimensions spatiale et thématique (Goodchild, 1996). Nous présentons ci-dessous ceux qui paraissent détenir un intérêt particulier pour ce travail.

- La coïncidence spatiale correspond à l'observation de plusieurs variables en un même lieu et à un même moment¹⁵. coïncidence spatiale
- La proximité spatiale correspond aux notions de topologie, de relations causales et de corrélation observées entre les phénomènes dans l'espace géographique et en fonction de la distance qui les sépare. proximité spatiale
- La considération de phénomènes aléatoires dans l'espace géographique nous conduit à considérer l'hypothèse d'une distribution uniforme des éléments dans l'espace. Toutefois, rares sont les phénomènes qui présentent réellement une telle distribution sur le territoire. Une interprétation visuelle permet de dégager de manière efficace les anomalies locales dans la distribution spatiale des éléments géographiques. anomalie spatiale

L'analyse statistique est une des méthodes de l'analyse spatiale (Cressie, 1991). La théorie des graphes, autre discipline des mathématiques, occupe également une place importante dans l'analyse spatiale, dont la partie la plus visible est l'analyse de proximité et de connectivité au sein de réseaux (Ruggles et Armstrong, 1997).

Plusieurs approches sont reconnues en analyse spatiale, comme en analyse sta- approches d'analyse

¹⁴L'exactitude ne s'applique pas uniquement à la dimension spatiale de l'information géographique. Cependant la confrontation de cette notion à celle de niveau de détail se limite à la localisation.

¹⁵Les notions d'étendue et de résolution, spatiales ou temporelles, d'une variable prennent ici toute leur importance. En effet, elles détermineront la pertinence d'utilisation des données dans l'analyse de la coïncidence spatiale.

tistique. Une première famille d'approches met l'accent sur l'évaluation et le test d'hypothèses. Cette famille est parfois référencée sous le terme d'analyse confirmatoire - ou robuste - des données, que l'on distingue de l'analyse exploratoire des données (Tukey, 1977). Cette deuxième famille met l'accent sur l'interprétation de représentations des données dans le but de mettre en évidence de nouvelles hypothèses. L'analyse exploratoire repose ainsi sur un processus itératif de ⁽¹⁾ mise en oeuvre de méthodes de synthèse et de ⁽²⁾ visualisation des données.

approche
exploratoire

Les approches exploratoires en analyse spatiale, dérivées des travaux de John Tukey (1977), prennent une grande place dans l'appréhension des données spatiales et la compréhension des phénomènes qu'elles décrivent (MacEachren et Taylor, 1994). La visualisation cartographique apporte un éclairage supplémentaire et permet de joindre la dimension spatiale aux analyses statistiques et de réseau. Le raisonnement spatial, par l'interprétation de la distribution géographique de l'information, en est renforcée (Dykes et al., 2005; Rey et Anselin, 2006).

Limites et capacités de l'analyse spatiale

Le recours aux méthodes d'analyse spatiale et de statistique est une étape nécessaire pour la compréhension des phénomènes étudiés. De plus, il permet de concrétiser la volonté d'objectiver au maximum la démarche d'analyse, et de la rendre transparente. Il est important de noter que l'objectivité associée à la démarche ne s'étend pas à l'interprétation des résultats. Le produit de l'analyse constitue un indicateur entaché d'incertitude qui ouvre la voie à un détournement interprétatif du résultat. La citation suivante, extraite d'un ouvrage de Jean-Louis Besson (Besson, 1992) traitant des statistiques en sciences sociales, résume cette idée :

"Les statistiques sont innocentes, la conception qu'on en a ne l'est pas."

Notons encore que le recours à l'analyse spatiale et statistique des données permet de procéder à des analyses multivariées, qui dépassent les capacités humaines de synthèse (Miller, 1956). L'objectif est de réserver à la machine cette synthèse pour laquelle l'homme est limité, et de laisser à ce dernier l'interprétation des résultats d'analyse (Couclelis, 2003).

2.6 LA REPRÉSENTATION

La communication d'un message, entre un émetteur et un récepteur, est définie comme un vecteur de transmission d'une information. Elle trouve sa concrétisation en science de l'information géographique dans la représentation des données et des analyses. Le concept de message est présenté dans le détail à la section 8.2. Le système d'information géographique joue le rôle d'émetteur, son utilisateur celui de récepteur. Elle est un élément vital du système pour permettre d'interagir avec lui.

La représentation (visualisation¹⁶) est un élément central de la science de l'information géographique (Dykes et al., 2005). La cartographie (numérique ou non) est là pour en attester. Le langage visuel qu'elle constitue enrichit le dialogue entre les différents acteurs d'une démarche pluridisciplinaire, notamment dans les projets

¹⁶Les termes de représentation et de visualisation sont considérés comme synonymes dans ce travail.

d'aide au développement. La représentation est tour à tour utilisée afin de décrire, d'expliquer, de comprendre ou encore de transmettre une vision ou une idée. Plusieurs définitions de la notion de visualisation existent selon la discipline que l'on considère. Ainsi, il est important d'en cerner le contenu pour notre recherche.

Dans sa définition la plus générale, la visualisation correspond à l'action de rendre un élément "visuel", utilisant quelque support que ce soit (Robert, 2003). Ceci indifféremment pour une illustration artistique, une photographie, une carte ou encore un graphique mathématique. Dans le cadre de ce travail, la définition de la visualisation est restreinte à la représentation de données scientifiques, en particulier la cartographie thématique et le graphique statistique.

Plusieurs disciplines (mathématique, médecine, géographie, etc.) sont à l'origine de la visualisation de données¹⁷. Elles ont chacune participé à son développement par des apports ponctuels. L'histoire de la visualisation de données est ponctuée d'événements isolés. Une lecture des travaux de Scott Oxford (Oxford et al., 1998) ainsi que de Michael Friendly et de Daniel Denis (2005) offre une vue synthétique de cette évolution. Nous en retraçons ici les éléments clés à nos yeux.

évolution de la
représentation

- La représentation de données quantitatives et spatialement continues sous la forme d'isoplèthes¹⁸, notamment l'altitude et la température, fait son apparition sur les cartes dès le XVIII^e siècle.
- La création des premières cartes choroplèthes¹⁹ à la fin du XVIII^e et au début du XIX^e siècle va de pair avec l'apparition des principales formes actuelles du graphique statistique (histogramme, diagramme circulaire, etc.).
- L'appropriation des techniques de visualisation par diverses disciplines telles que l'ethnologie, la biologie, ou encore l'économie constitue l'élément majeur de la fin du XIX^e siècle. Cette appropriation est couronnée par la publication de travaux de synthèse qui traitent des modes de représentation (Schwabe, 1872; Lefebvre, 1885).
- Le début du XX^e siècle est marqué par une période d'utilisation et de valorisation des représentations existantes plutôt que d'innovation. Une telle période peut être perçue comme peu intéressante car peu de formes nouvelles de représentation voient le jour. Pourtant, les utilisations se diversifient, et font évoluer les finalités de la représentation. De l'illustration ou la description, la visualisation passe peu à peu à l'explication²⁰ (support d'apprentissage) et à la communication (support de raisonnement).

¹⁷Nous distinguons la visualisation de données scientifiques qui a pour objectif de créer une représentation synthétique d'un phénomène, et dont font partie la cartographie thématique, le graphique statistique, le graphe de réseau ou encore le tableau, de la visualisation scientifique qui se focalise sur la création d'un rendu visuel réaliste d'un phénomène (Friendly et Denis, 2005).

¹⁸Un isoplèthe est une ligne qui joint des points d'égale valeur sur une carte. La courbe de niveau est un exemple.

¹⁹La carte choroplèthe correspond à une représentation de quantités *plethos* relatives à des aires géographiques *choré* par le moyen de tons gradués.

²⁰L'explication visuelle fait ici référence à la méthode illustrée ou au mode d'emploi composé d'une série chronologique de figures.

- Trois événements majeurs ont lieu durant la seconde moitié du XX^e : ⁽¹⁾ la définition de l'analyse exploratoire par John Tukey (Tukey, 1977), ⁽²⁾ le travail de synthèse sur la sémiologie graphique de Jacques Bertin (Bertin, 1967) et ⁽³⁾ le développement des outils informatiques qui facilitent la production de modes de représentation existants et autorise la création de nouvelles formes de visualisation, par exemple la représentation tridimensionnelle.
- La fin du XX^e siècle est caractérisée par la démocratisation des médias numériques et distribués, phénomène qui ouvre les portes à de nouvelles utilisations et formes de visualisation des données (Cartwright, 1999).

De ce bref aperçu de l'évolution de la visualisation des données, nous retenons la richesse des finalités attribuées à la visualisation des données. Cette présentation rapide de l'évolution de la représentation est complétée par un état de l'art des concepts et méthodes actuels de représentation en science de l'information géographique au chapitre 8.

Bien que certains auteurs s'accordent à intégrer sans réserve la représentation et l'analyse spatiale à cette définition (Goodchild et Haining, 2004; Mark, 2002), nous nous gardons de le faire ici. Ce choix est motivé par les observations suivantes.

1. Une telle restriction de la définition permet de concentrer le concept de Système d'Information Géographique à sa dimension de structure d'accueil et de gestion de l'information géographique.
2. La capacité d'analyse et de représentation qu'offrent les systèmes d'information géographique actuels n'est pas représentative de l'apport potentiel qui leur est associé aujourd'hui, ceci en terme de théories et de méthodes autant qu'en terme de technologies (MacEachren et Taylor, 1994).

Ainsi, il nous paraît justifié de considérer les concepts d'analyse spatiale (Haining, 2003) et de communication du message (MacEachren et Taylor, 1994) comme composantes à part entière de la Science de l'Information Géographique.

2.7 CHOIX DE LA SCIENCE DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE COMME CADRE DE RÉFLEXION

Ce tour d'horizon de la science de l'information géographique en dresse un portrait. Sur cette base, nous choisissons la ScIG comme cadre exploratoire pour la problématique qui nous occupe, à savoir de renforcer la place de la dimension spatiale au sein de l'anthropologie culturelle.

Deux phases du cycle de vie (voir figure 2.1) présentent un intérêt particulier pour ce travail :

1. la modélisation du système de connaissance culturelle qui correspond à la modélisation de ses éléments et à la conception de la base de données;

2. la représentation des données à des fins d'analyse exploratoire ou de communication de l'information.

Nous poursuivons au chapitre suivant par une description de la perception spatiale en anthropologie culturelle.

3

La dimension spatiale en anthropologie culturelle

L'analyse de l'évolution de l'anthropologie culturelle sous l'éclairage de la place donnée à la dimension géographique aboutit à l'observation suivante : l'intégration de cette dimension par les anthropologues reste faible dans les études des communautés indigènes. Ce chapitre présente les fondements apparents de la faible utilisation de la dimension spatiale en anthropologie culturelle.

3.1 INTRODUCTION

L'anthropologie culturelle, comme branche de l'anthropologie au sens large, se concentre sur l'étude des communautés, dans leur composition et leur fonctionnement (Barnard et Spencer, 2002). Cette discipline a subi plusieurs modifications, parfois radicales, de ses concepts. L'évolution des courants de pensée en anthropologie culturelle, et des méthodes associées, a très certainement eu des répercussions sur la place accordée à la dimension spatiale dans les études, et sur le rôle qui a pu lui être attribué dans le fonctionnement observé des communautés (Aldenderfer et Mashner, 1996).

L'anthropologie culturelle et ses fonctions sont présentées de manière succincte, avant que soit proposé un compte rendu de l'intégration de la dimension spatiale dans les courants anthropologiques des XIX^e et XX^e siècles. Nous poursuivons par la présentation d'une typologie des tendances et des applications actuelles en anthropologie culturelle, dans lesquelles la dimension spatiale occupe une place centrale.

3.2 L'ANTHROPOLOGIE CULTURELLE

définition

Selon Barnard (2002)¹, l'anthropologie culturelle est une des quatre disciplines de l'anthropologie nord américaine². De manière générale, elle présente des préoccupations similaires à celles de l'anthropologie sociale en Europe, bien que leurs origines et leurs évolutions respectives soient distinctes. L'anthropologie culturelle se concentre sur l'étude de communautés indigènes par leur description (Fischer, 2005), l'étude des visions qui leurs sont propres et l'analyse de leur fonctionnement. L'approche descriptive lui est centrale. Elle touche à divers aspects de la communauté, comme les éléments et les relations qui la caractérisent ainsi que l'environnement dans lequel elle s'insère. La description de la communauté ainsi que la compréhension de son fonctionnement constituent une grande part de la connaissance anthropologique.

La connaissance acquise par l'anthropologue, observateur-participant³, est formalisée par un rendu affectif et très personnel des observations et de leur interprétation, admettant une large place à sa subjectivité (Sillitoe et al., 2005). Elle est transmise le plus souvent sous la forme textuelle et monographique, bien que d'autres formes puissent également être utilisées telles que l'image ou le son.

thèmes

L'étude en anthropologie culturelle couvre trois thèmes centraux (Handwerker et Borgutti, 1998). Ceux-ci interviennent de manière récurrente, notamment dans les projets d'aide au développement. Ces thèmes sont

- le contexte géographique (milieu) dans lequel évolue la communauté⁴ (voir section 3.4) ;
- les modes de subsistance, les pratiques culturelles ainsi que le fonctionnement de la communauté à des niveaux divers (individu, foyer, groupe, communauté) ;
- les relations socio-culturelles et socio-économiques qui prennent place au sein et entre les communautés ;
- les visions propres à la communauté de son environnement et d'elle-même.

objets

Dans le cadre de ces thèmes, les études anthropologiques se concentrent sur les objets suivants.

- La description démographique et structurale de la communauté basée sur les réalités propres à la communauté ;
- La caractérisation et la catégorisation des éléments qui composent la communauté et d'elle-même dans sa globalité ;

¹La description faite de l'anthropologie culturelle dans les quelques paragraphes qui suivent s'inspire en majorité de cette référence.

²L'anthropologie nord-américaine reconnaît quatre disciplines que sont l'anthropologie culturelle, l'anthropologie biologique ou physique, la linguistique anthropologique et l'archéologie.

³L'anthropologie culturelle exige de l'anthropologue qu'il vive parmi les membres du groupe social étudié. L'anthropologue ainsi "immergé" pour une période pouvant aller jusqu'à plusieurs années partage la vie quotidienne et les échanges entre membres de la communauté. Il est ainsi qualifié d'observateur-participant. Malgré les meilleures intentions dont il peut faire preuve, l'anthropologue ne reste jamais neutre du fait de sa participation à la vie de la communauté. Par sa présence, il influence les comportements communautaires (Barnard et Spencer, 2002; Sillitoe et al., 2005). Par analogie à la mécanique quantique, nous pouvons dire que dans le cas de l'observateur participant, le fait d'observer perturbe le système.

⁴Le contexte géographique relève d'un domaine de connaissance en marge de l'anthropologie culturelle. Pourtant sa considération est nécessaire à celle-ci (Fischer, 2005).

- L'analyse du fonctionnement interne de la communauté;
- L'étude des concepts qui dirigent ce fonctionnement.

Dans le cadre de projets d'aide au développement, ces objets revêtent un rôle spécifique. L'anthropologue agit à l'interface de la communauté et d'autres disciplines impliquées (Sillitoe et al., 2002; Fischer et al., 2005). Cette position reprend l'idée d'un continuum des connaissances entre la communauté et l'anthropologue d'une part, entre l'anthropologue et les "scientifiques" d'autre part (Sillitoe et al., 2005). Ce rôle se justifie par le fait qu'il dispose des méthodes nécessaires à l'étude et à l'appréhension de la dimension culturelle de la communauté. Il est donc le plus à même de comprendre et d'interpréter les perceptions différentes de la réalité et des pratiques propres à chacun. Dans cette position médiane, l'anthropologue "représente" la communauté auprès d'autres scientifiques. Ainsi, le modèle de la réalité fourni par l'anthropologue devient le modèle de référence pour les autres disciplines. L'anthropologue assume ainsi une responsabilité très lourde qui exige une capacité d'adéquation d'une part avec la perception du monde propre à la communauté et d'autre part avec les méthodes, quantitatives ou du moins explicites, des scientifiques (Sillitoe et al., 2005). rôle de relais

La science de l'information géographique se basant sur la détermination et la structuration d'informations, c'est-à-dire sur un processus d'élémentarisation des connaissances, il est nécessaire maintenant de cerner ce qu'est la connaissance culturelle.

3.3 LA CONNAISSANCE CULTURELLE

La connaissance culturelle a donné lieu à un nombre important de définitions différentes (Alexander et al., 2004; Sillitoe et al., 2005). Toutes partagent pourtant un même fond sémantique, à savoir une connaissance tenue de manière collective par une population, qui est le reflet de sa perception du monde (Sillitoe et al., 2005). La définition donnée par Paul Sillitoe (2002) est représentative à nos yeux. connaissance culturelle

"...a unique formulation of knowledge coming from a range of sources rooted in local cultures, a dynamic and ever changing pastiche of past "tradition" and present invention with a view of the future..."

Celle-ci implique que le terme de connaissance culturelle est pris au sens large (Alexander et al., 2004). Il ne se restreint pas à la connaissance traditionnelle dans ce qu'elle implique de figé, mais englobe les acquis de savoirs et de pratiques du passé, ainsi que leur évolution (Roth, 2004; Berkes, 1999). Cette connaissance est indissociable de la communauté qui est à son origine (Berkes, 1999).

L'intégration⁵ de la connaissance culturelle dans les projets de développement soulève des problèmes de méthode et de mise en oeuvre. Cette connaissance reste souvent peu structurée et difficile à formaliser (Sillitoe et al., 2005). Cette faiblesse et la nature qualitative des faits associés révèlent la difficulté d'intégrer la dimension culturelle aux actions de développement usuelles (Sillitoe et al., 2005). Des limites des approches actuelles

⁵Le terme d'intégration est justifié par le fait que les deux types de connaissances que sont les connaissances culturelle et scientifique se complètent (Sillitoe et al., 2005). Le couplage des deux a comme effet reconnu de renforcer la prise en compte du contexte de la communauté (Cinderby, 1999; Alexander et al., 2004).

solutions méritent d'être proposées. Notre propos se restreint évidemment à la part dévolue à la science de l'information géographique. Au chapitre précédent, nous avons relevé le caractère normalisé des informations traitées, indépendamment du fait qu'elles soient de nature qualitative ou quantitative. Quelle part de la connaissance produite par l'anthropologue est compatible avec les hypothèses de la science de l'information géographique ? Les réponses que nous pouvons apporter sont susceptibles de renforcer les échanges entre les anthropologues et les acteurs d'autres disciplines scientifiques qui exigent d'avantage de connaissances quantitatives.

Ces observations doivent participer à lever le premier élément de la problématique traitée par ce travail, qui est, pour rappel

comment faciliter l'intégration de la connaissance culturelle au raisonnement d'autres disciplines, telles que la science de l'information géographique ?

Sous cet éclairage, nous examinons la relation fondamentale entre la culture et l'espace, pour, par la suite, présenter la place accordée à la dimension spatiale en anthropologie culturelle.

3.4 LE MILIEU

espace de la
communauté

La notion de communauté est intimement liée à celle d'espace géographique (Blaikie et al., 1997; Roth, 2004). Autrement dit, qu'il soit délimité ou non, qu'il implique la mixité des cultures, ou encore qu'il soit reconnu comme territoire⁶ d'une communauté, l'espace revêt de l'importance pour comprendre son fonctionnement (Pumain et Saint-Julien, 2001; Schensul et al., 1999). La communauté est localisée et évolue en son sein. L'espace se présente alors comme le cadre géographique, qui est caractérisé par sa morphologie, par son environnement, et par le milieu que leur combinaison définit (voir illustration 3.1) (Droz et Mieville-Ott, 2005). Le cadre géographique fait référence en premier lieu au contexte morphologique, caractérisé par le relief. Le contexte environnemental vient se superposer au relief pour établir un lien direct avec lui (Farina, 1998). L'évolution du relief a une incidence sur la flore et la faune qui composent l'environnement. En retour, un changement de végétation a des répercussions sur le relief. Le terrain, l'environnement et le milieu composent donc les premiers éléments du système (voir figure 3.2).

cadre
géographique

L'emplacement de toute communauté est conditionné par le milieu (Tricart, 1994) et ses ressources. Le cas des communautés indigènes Emberá et Wounaan au Darien (Panama) qui s'étendent le long des cours d'eau, ou encore, celui des villages du Val d'Hérens (Alpes, Suisse) situés sur les replats en fond de vallée ou surplombant cette dernière, en sont des exemples.

⁶La notion de territoire correspond à celle de milieu à laquelle est ajoutée une connotation identitaire (Droz et Mieville-Ott, 2005). Le territoire est perçu alors comme la marque spatiale, ou l'extension identitaire d'une communauté. Il s'en dégage les notions d'appropriation de l'espace (Brunet et al., 2005) et de frontière (Schensul et al., 1999). Cette définition est celle associée dans la suite de notre propos au terme "territoire". Lorsque celui-ci sera entendu comme synonyme de l'espace géographique, c'est-à-dire dénué de connotation identitaire, mention en sera faite.

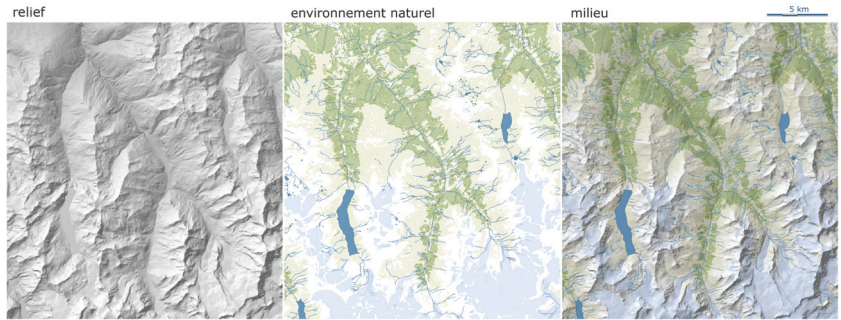


FIG. 3.1 Cadre géographique composé du relief, de l'environnement et de leur combinaison, le milieu. La couleur met bien en évidence ces deux composantes du milieu et leur combinaison dans cet exemple du Val d'Hérens, Suisse.

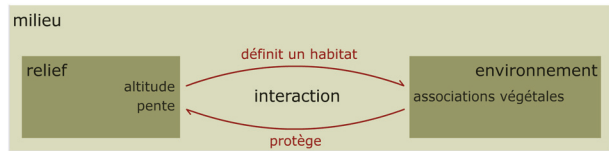


FIG. 3.2 Lien mutuel entre le relief et l'environnement au sein du cadre géographique.

3.5 LE LIEN ENTRE LA CULTURE ET L'ESPACE

L'importance de l'espace géographique et du milieu qui lui est associé ne se restreint pas à l'influence sur la localisation d'une communauté, mais détermine les traits structurants de la culture (Berkes, 1999; Kuznar et Werner, 2001; Werner et Kuznar, 2001; Aldenderfer et Mashner, 1996). Une communauté localisée en un lieu voit l'évolution de son savoir, des pratiques qui l'accompagnent et donc de sa culture conditionnée par ce lieu (Roth, 2004). Le relief influence, voire contraint le choix de l'utilisation faite du sol et celui des pratiques culturelles (Tricart, 1994). Le travail des cultures en terrasses, imposé par les fortes pentes et la lutte contre l'érosion, est un exemple révélateur. Le climat échelonne les travaux en saisons, à l'image de la pratique du pâturage en été. La richesse des sols en conditionne l'intensité de l'exploitation. Nous parlerons de l'influence de l'espace géographique sur la culture.

influence de l'espace

L'influence mentionnée entre l'espace et la culture est réciproque (Lefebvre, 1991; Roth, 2004). Elle est renforcée par le façonnage de l'espace par les pratiques culturelles (Tricart, 1994). La figure 3.3 illustre cette réciprocity des influences entre l'espace et la culture. Ces interactions conduisent à une symbiose telle qu'il devient difficile de distinguer l'action du résultat. A l'inverse, l'adaptation peut porter atteinte à l'équilibre environnemental. Les modifications portées au milieu, qu'elles soient en adéquation ou non avec son équilibre, sont perçues comme une manifestation de la culture. Les marques visuelles du changement sont autant d'empreintes identitaires sur le territoire, comme le relève Carlos Perafan (2004a). Nous parlerons de manifestation spatiale de la culture.

influence de la culture

empreintes culturelles dans l'espace

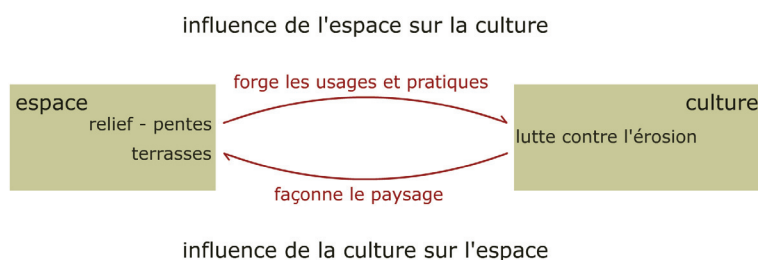


FIG. 3.3 Relations mutuelles entre l'espace et la culture.

Le système de la communauté (voir figure 3.4) se voit ainsi défini par la culture, le relief et l'environnement, ainsi que leurs interactions mutuelles. Dans les initiatives qui visent à atténuer les déstabilisations lors d'une intervention externe, les trois composantes doivent nécessairement être intégrées afin de prendre en compte globalement la communauté (Roth, 2004).

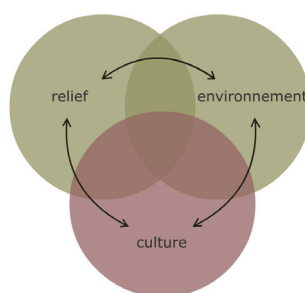


FIG. 3.4 Système de la communauté.

A la lumière des relations évoquées ci-dessus, nous ne pouvons que souscrire à l'affirmation selon laquelle les projets de développement doivent comprendre à la fois les dimensions culturelle, spatiale⁷ et environnementale des communautés concernées (Deruyttere, 1997). Un tel besoin ne peut être satisfait sans qu'une approche interdisciplinaire de la problématique soit adoptée (Sillitoe et al., 2002).

3.6 LA PERCEPTION SPATIALE EN ANTHROPOLOGIE CULTURELLE

Une communauté organise sa vie dans un espace géographique. Tout élément de son fonctionnement, habitat, ressources, échanges, etc. sont autant de lieux ayant des liens entre eux. Pourtant, la perception des relations sociales prédomine en anthropologie culturelle sur celle de l'espace. Ce point de vue de l'anthropologie culturelle se distingue donc de celui de la science de l'information géographique.

⁷La dimension spatiale n'aura lieu d'être que dans les projets ayant un rapport marqué (direct ou indirect) au territoire.

La reconnaissance d'une composante spatiale associée à la connaissance culturelle n'a pas toujours fait l'unanimité en anthropologie culturelle (Aldenderfer et Mashner, 1996). Elle a été considérée et intégrée de diverses façons au cours du temps. Nous consacrons quelques développements succincts à l'évolution de la perception spatiale dans les sciences sociales en général (Thrift, 1996), et en anthropologie culturelle en particulier (Aldenderfer et Mashner, 1996), au cours des siècles passés. La prise en compte de cette dimension dans la discipline et son insertion dans l'étude des communautés sont présentées.

La perception spatiale est depuis longtemps reconnue comme un élément important de la recherche anthropologique (Schensul et al., 1999). Les concepts d'aire⁸ (Kroeber, 1939) et de cercle de culture⁹ (Graebner, 1924), ainsi que celui de diffusion de la culture à l'échelle des continents, figurent parmi les premiers exemples (Barnard et Spencer, 2002). Les travaux en anthropologie culturelle de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle sont là pour en attester comme le rapporte Mark Aldenderfer (Aldenderfer et Mashner, 1996).

aires et cercles
de culture

Cette reconnaissance précoce de l'importance de la dimension spatiale en anthropologie est suivie d'une période de rejet de celle-ci. L'abandon à la fin de la première moitié du XX^e siècle s'explique par le rejet des théories diffusionnistes, alors reconnues comme inadaptées à l'explication de la différenciation des cultures. Dès lors, la dimension spatiale se voit écartée de la recherche anthropologique au profit de la dimension historique du lieu, élément explicatif de la diversité culturelle. Ceci révèle que la prise en compte même de l'espace géographique, par nature indépendante de toute théorie (voir section 2.3), est contestée. Notons que le rejet de la dimension spatiale n'est pas le fait d'une opposition entre celle-ci et les théories en vigueur, mais de son association à d'autres théories, qui sont rejetées en anthropologie. Un élément supplémentaire impliqué dans la mise à l'écart de la dimension spatiale est l'inadéquation d'échelles entre l'observation des communautés et les données spatiales disponibles. Les études en anthropologie culturelle s'orientent vers une analyse à l'échelle locale¹⁰, correspondant à celle de la communauté. A ce niveau de détail, les éléments cartographiques nécessaires et leurs méthodes d'insertion à l'étude anthropologique font défaut.

rejet du
diffusionnismeinadéquation
d'échelles

L'apparition de l'imagerie aérienne après la première guerre mondiale et son utilisation systématique par certains anthropologues a fortement contribué à la reconsidération de la dimension spatiale dans les études en anthropologie culturelle. L'échelle d'observation locale offerte par l'imagerie aérienne est en adéquation avec l'échelle de détail requise pour l'étude des communautés. De plus, la consolidation progressive des théories de l'anthropologie environnementale place la communauté au sein de son environnement géographique et naturel (Steward, 1955; Moran et Gillett-Netting, 2000). Cette vision contribue à la réintroduction de la dimension spatiale en anthropologie culturelle. Cependant, le manque de cadre théorique et de

adéquation
d'échellesanthropologie
environne-
mentale

⁸Le concept d'aire de culture se réfère à la détermination de régions - ou zones - comme délimitation d'une culture et reconnaissance d'un centre de diffusion de celle-ci. Une telle délimitation est basée sur un ou plusieurs critères d'homogénéité tels que, par exemple, le partage de valeurs, de pratiques ou encore de règles.

⁹Propre à l'école d'anthropo-géographie allemande, le concept de cercle de culture (Kulturkreis) fait référence à la reconnaissance de traits culturels communs à diverses communautés, dispersées dans l'espace.

¹⁰Le concept d'échelle est développé dans le chapitre 2 à la section 2.4.

méthodes associées à la mesure et à l'analyse de la dimension spatiale restreignent l'utilisation de la cartographie et de l'imagerie à la simple description et interprétation du contexte géographique de la communauté (Aldenderfer et Mashner, 1996; Goodchild, 1996). La prise en compte du contexte spatial, sous une forme qui permet son intégration à l'analyse, tarde à se faire.

complexité
d'analyse

La reconnaissance progressive de l'intérêt de la dimension géographique pour d'autres disciplines, a pris place par l'adoption d'approches quantitatives concrétisées par l'établissement de méthodes d'analyse statistique et spatiale¹¹, et de l'apparition de nouvelles sources de données géographiques (Walford, 2002). L'appropriation par l'anthropologue de la dimension spatiale pour son analyse, dans la deuxième moitié du XX^e siècle, relève de cette même reconnaissance (Conklin et al., 1980). Cependant, au delà de l'importance reconnue de l'espace géographique pour la compréhension des communautés et de la volonté de l'intégrer à l'analyse, une réelle mise en oeuvre reste rarement observée. Cette lenteur ou cette résistance s'expliquent en partie par la faible disponibilité de données aux échelles d'observation de l'anthropologie culturelle, couplée à la complexité et à la lourdeur des méthodes d'analyse spatiale comme le relève John Campbell (Sillitoe et al., 2002).

diversité et
richesse des
données

Le développement, à la fin du XX^e siècle, de nouveaux modes d'acquisition¹² de données spatiales, élargit la palette des sources d'informations géographiques (Pointet et al., 2004; Morain, 1998; Chen, 1998). Une diversification des thèmes, un accroissement des niveaux de détail, tant spatiaux que thématiques, et une augmentation des fréquences d'acquisition sont les caractéristiques majeures de ces nouveaux développements. L'enrichissement des sources, leur accès facilité, ainsi que l'apparition de nouvelles technologies d'analyse et de visualisation (Goodchild et Janelle, 2004) permettent, en partie¹³, de surmonter les obstacles à l'adoption et à l'intégration de la dimension spatiale. Dès lors, une augmentation des initiatives faisant intervenir la dimension spatiale est observée (Aldenderfer et Mashner, 1996; Goodchild et Janelle, 2004; Schensul et al., 1999). Des lignes de conduite qui concernent la prise en compte de l'espace et sa mesure et des méthodes de terrain voient le jour (Schensul et al., 1999; Bernard, 2001). Plusieurs approches spécifiques se distinguent aujourd'hui. Nous les présentons brièvement à la section 3.7.

3.7 LES APPROCHES SPATIALES EN ANTHROPOLOGIE CULTURELLE

Les projets et les études actuels en anthropologie culturelle qui intègrent la dimension spatiale des communautés peuvent être classés dans les catégories mentionnées ci-dessous. Seules les démarches les plus abouties, c'est-à-dire pour lesquelles des méthodes sont établies, sont mentionnées.

¹¹ Apparue durant la révolution quantitative en géographie dans la seconde moitié du XX^e siècle, l'analyse spatiale est aujourd'hui reconnue comme un des domaines de la science de l'information géographique (Goodchild et Haining, 2004; Mark, 2002). Une description détaillée de l'analyse spatiale est offerte à la section 2.5.

¹² L'apparition de nouveaux satellites imageurs, la démocratisation de l'imagerie aérienne et la disponibilité d'appareils de positionnement tels que les GPS (Global Positioning System) complètent et diversifient la gamme de données.

¹³ Il serait faux de mettre en avant la plus-value que représente l'apparition de nouvelles données en science de l'information spatiale, sans mentionner les problèmes et les défis qu'elle soulève. Certains d'entre-eux seront développés au chapitre 2.

- La cartographie communautaire ;
- La cartographie de la pauvreté ;
- La cartographie des ressources naturelles ;
- Le système d'information communautaire.

Cartographie communautaire

La cartographie communautaire, apparue à la fin du XX^e siècle, a pour objectif d'identifier et de localiser les éléments constitutifs de la communauté (Fox et al., 2005; Chapin et Threlkeld, 2001; Chapin et al., 2005). Cette localisation est nécessaire afin de pouvoir délimiter le territoire et comprendre la distribution spatiale de la communauté. La cartographie communautaire permet de représenter la réalité de la communauté, au travers de la perception qu'en a l'anthropologue (Chapin et Threlkeld, 2001). Les méthodes mises en oeuvre, principalement basées sur des approches participatives et un travail de terrain, ainsi que la finalité associée à chaque démarche de cartographie communautaire, varient selon les cas d'application. Ceci a pour effet de produire une grande diversité d'approches (Fox et al., 2005).

identification
et localisation



FIG. 3.5 Carte d'une communauté Kuna au Panama (reproduite avec l'autorisation de Mac Chapin - Native Lands).

La dimension spatiale est représentée par la place qu'occupent la carte et l'image satellite ou aérienne dans les projets, comme support à la localisation. Ainsi, la démarche de cartographie communautaire prend place principalement au niveau de la localisation des éléments de l'espace.

La dimension culturelle apparaît, premièrement, au travers du choix des objets identifiés comme étant importants pour la communauté. Deuxièmement, l'usage

de noms spécifiques à la communauté pour chaque élément identifié permet de conserver la richesse de perception et de réalité de la communauté. Troisièmement, les valeurs et propriétés affectées aux objets par rapport aux usages qui en sont faits se basent sur la perception de la communauté.

Le recours non systématique aux nouvelles technologies (SIG, GPS, etc.) et l'intégration de la dimension culturelle de la communauté à des degrés divers sont des exemples supplémentaires de variabilité des démarches observées (Chapin et al., 2005). Les apports, les limites ainsi que les effets secondaires des approches participatives de cartographie pour la communauté sont largement discutés dans la littérature actuelle. Nous faisons notamment référence aux contributions majeures de Jefferson Fox (2005), de Mac Chapin (2001; 2005) ou encore de Alix Flavelle (2002).

Cartographie de la pauvreté

mesure et
représentation

La cartographie de la pauvreté est un thème qui prend une place grandissante dans plusieurs organisations internationales. Elle s'attache à analyser et à représenter des indicateurs de pauvreté dans l'espace (Henninger, 1998; Henninger et Snel, 2002). Son but est de mettre en évidence des trames de distribution de la pauvreté par la spatialisation de variables indicatrices, en particulier à l'échelle régionale.

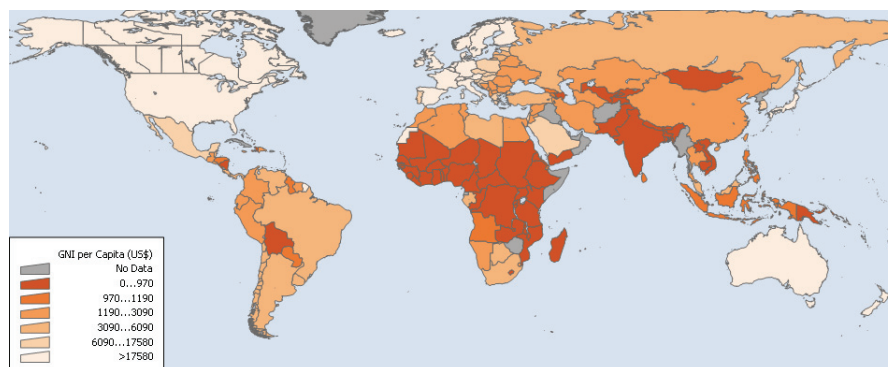


FIG. 3.6 Exemple de carte de représentation spatiale de la pauvreté : produit national brut par habitant 2005 (source de données : Banque Mondiale).

Une telle démarche de cartographie s'appuie sur quatre concepts de base (Davis, 2003) que sont

mesure de la
pauvreté

- la **mesure de la pauvreté**. Celle-ci s'exprime par la méthode mise en oeuvre dans le but de qualifier, voire quantifier le niveau de pauvreté d'une population (foyer, communauté, groupe de communautés). L'évolution de la notion de pauvreté, passant de la seule considération du revenu et des biens à la définition d'une pauvreté multidimensionnelle, implique que chaque dimension puisse être qualifiée et combinée aux autres dimensions (Ravallion, 1996; Henninger, 1998). Les indicateurs proposés sont nombreux et divers. La banque mondiale en dresse une liste de plus de 600 (World Development Indicators

WDI¹⁴).

- le **seuil de pauvreté**. Celui-ci correspond à la valeur ou à l'appréciation de la pauvreté à partir de laquelle la population observée est considérée pauvre. seuil de pauvreté
- l'**unité d'observation de la pauvreté**. Celle-ci correspond à une portion de l'espace géographique pour laquelle la pauvreté est mesurée. La zone élémentaire à laquelle se réfère les indicateurs de pauvreté définit l'échelle d'observation (globale, régionale ou locale) à laquelle la pauvreté est exprimée. Ce choix n'est pas neutre et a pour effet de mettre en évidence, ou à l'inverse de masquer, certaines manifestations spatiales de la pauvreté. Un exemple de ce phénomène est proposé par Norbert Henninger (2002, p.7). unité d'observation
- la **représentation thématique**. Celle-ci correspond à la visualisation d'une variable thématique (indicateur de pauvreté) en utilisant un support cartographique pour représenter les unités d'observation. représentation

La cartographie de la pauvreté est un domaine d'étude en pleine expansion en raison du potentiel de soutien à la décision et du suivi pour les projets d'aide au développement (Henninger et Snel, 2002). Cependant, plusieurs grandes questions subsistent.

- La mesure de la pauvreté n'est pas unique. Ceci s'explique par la multidimensionnalité mentionnée ci-dessus et par la diversité des méthodes de mesure existantes (Henninger et Snel, 2002). Quelle en est la plus pertinente ?
- La notion de pauvreté est difficile à appréhender du fait du caractère qualitatif¹⁵ de certains facteurs pris en compte, tel que le sentiment de bien-être.
- La dimension culturelle reste peu représentée dans les variables indicatrices sélectionnées. Cette absence traduit d'une part la vision occidentale de la pauvreté et d'autre part la difficulté d'intégrer d'autres variables difficiles à manipuler.
- Les échelles d'observation d'une population ne sont souvent pas en adéquation avec les échelles de représentation spatiale produites. Il apparaît nécessaire de disposer d'informations compatibles entre plusieurs échelles. Ceci démontre l'importance des méthodes de la science de l'information géographique, notamment les mécanismes de passage d'une échelle à l'autre.

Cartographie des ressources naturelles

L'étude et la cartographie des ressources naturelles sont des étapes primordiales pour la compréhension du fonctionnement d'une communauté (Ellanna et al., 1985; Sillitoe et al., 2002; Sillitoe et al., 2005). Elles permettent d'identifier les éléments importants pour la subsistance de la communauté. Julian Steward (1955) présente description et analyse

¹⁴World Bank, 2005, World Development Indicators 2005. Retrieved November, 2005, from <http://devdata.worldbank.org/wdi2005/>.

¹⁵Qui relève de la perception et non de la quantification.

le concept de noyau de culture¹⁶ pour lequel les ressources naturelles sont un élément déterminant. Il évoque les étapes nécessaires à l'étude d'une communauté sous l'oeil de l'écologie culturelle¹⁷. Ces étapes consistent à

- décrire les ressources naturelles et les techniques utilisées par la communauté pour les exploiter ;
- souligner l'organisation sociale des activités liées à cette exploitation ;
- mettre en évidence les influences de l'exploitation des ressources et de l'organisation sociale sur la culture étudiée.

Par la suite, l'écologie culturelle a laissé place à l'écologie anthropologique¹⁸ (Salzman et Attwood, 2002). Cette évolution de point de vue et d'approche n'affecte cependant pas la place occupée par les ressources naturelles. Leur identification, leur description et leur localisation restent des éléments centraux.

La cartographie des ressources naturelles repose à la fois sur des enquêtes ou des mesures de terrain et sur l'interprétation et l'analyse de données géographiques telles que les images satellites. Une composante importante est l'étude de l'évolution de la couverture du sol, notamment par l'analyse diachronique d'images du territoire. La démarche fait appel à la localisation des éléments d'occupation et d'utilisation du sol.

La description des ressources naturelles doit être le produit d'une approche participative afin de véritablement identifier et prendre en compte la réalité de la communauté. A ce stade, le processus de cartographie des ressources naturelles rejoint celui de cartographie communautaire. La figure 3.7, extrait de la figure 3.5, illustre un exemple de classification et d'appellation indigène des usages faits des ressources naturelles.

Système d'information communautaire

description et
documenta-
tion

Le système d'information communautaire (Alexander et al., 2004), nommé en anglais "Community Information System" (CIS), est un système d'information basé sur la collecte participative d'éléments de la connaissance traditionnelle d'une communauté. Un tel système repose sur la mise en oeuvre d'une base de données, comme structure d'accueil et de centralisation des données numériques acquises, et de technologies multimédia dédiées à l'acquisition, à la visualisation et à l'interrogation de l'information. De fait, le système d'information communautaire peut

¹⁶Le noyau de culture correspond à un ensemble d'éléments qui sont associés aux activités de subsistance et aux structures économiques d'une communauté.

¹⁷L'écologie culturelle se base sur une analyse écosystémique et fonctionnelle du système de subsistance d'une communauté (Sillitoe, 1998b). Cette analyse formalisée par les modèles de flux correspond à la qualification et la quantification des efforts et des énergies entrant dans les processus de subsistance.

¹⁸Tirant son origine du déterminisme environnemental, l'écologie culturelle est apparue dans les années 1950 (Steward, 1955). Elle correspond à l'étude de l'adaptation des sociétés à leur milieu en mettant l'accent sur les techniques et l'organisation sociale ou économique qu'elles développent dans le but de gérer leur relation à l'environnement. Cette vision de contrainte unidirectionnelle du milieu sur la culture a peu à peu perdu la faveur des acteurs de l'anthropologie. Elle est remplacée, dans les années 1960, par une nouvelle idée d'influence mutuelle entre les populations et leur environnement naturel (Barnard et Spencer, 2002). Cette nouvelle mouvance dans l'étude des communautés constitue l'anthropologie écologique (Salzman et Attwood, 2002).



FIG. 3.7 Cartographie des ressources naturelles liées à une communauté Kuna au Panama (reproduite avec l'autorisation de Mac Chapin - Native Lands).

être perçu comme une version numérique du compte rendu (Sillitoe et al., 2005), structurée ou non.

Les motivations de mise en oeuvre d'un système d'information communautaire sont multiples. Elles reposent cependant toutes sur les objectifs communs suivants : l'identification, la description et la mise en lumière de la connaissance traditionnelle. Les motivations principales, pour l'anthropologue et la communauté, sont la documentation de la connaissance à des fins de

- transmission entre générations, laquelle sous-tend l'idée d'héritage culturel (Corbett et Keller, 2003) ;
- protection des biens culturels (Alexander et al., 2004) ;
- mise en lumière d'une culture, ou d'une communauté existante (Chapin et al., 2005) ;
- mémoire d'une culture disparue ou en passe de l'être (Weinstein, 1998).

Le système d'information communautaire n'est pas spatial par nature. Cependant, certaines informations contenues le sont. Il nous paraît nécessaire de présenter cette application pour les raisons suivantes.

- La démarche de structuration et de formalisation de la connaissance culturelle, nécessaire à la constitution du système est similaire à celle qu'implique la mise en oeuvre d'un système d'information géographique.
- Certains systèmes d'information communautaires intègrent la dimension spatiale, notamment pour la localisation dans l'espace des éléments structurels documentés.

3.8 SYNTHÈSE DE LA PERCEPTION SPATIALE EN ANTHROPOLOGIE CULTURELLE

Si l'imbrication de la culture et de l'espace est aujourd'hui reconnue, il n'en a pas toujours été de même. L'intégration mutuelle des dimensions culturelle et spatiale par leur interprétation simultanée reste peu exploitée.

Malgré plusieurs initiatives d'intégration, les champs d'application des méthodes spatiales en anthropologie culturelle restent ténus. Les raisons de cet état de fait

sont discutées comme conclusion de la présentation des épistémologies propres à la science de l'information géographique et à l'anthropologie culturelle.

Conclusion intermédiaire

Les applications de la dimension spatiale en anthropologie culturelle sont présentées et discutées au chapitre qui précède. Leurs limites s'en dégagent. Celles-ci ne présenteraient pas un grand intérêt sans une réflexion sur leurs fondements potentiels. Une attention particulière est accordée à une situation que nous avons dénommé le *paradoxe de complexité versus la simplicité* (voir section 1.2).

Limites des approches actuelles

A la lumière des quatre approches présentées (voir section 3.7), il est possible de définir le champ que recouvrent l'appropriation et l'intégration de l'espace géographique aux études anthropologiques, et d'identifier les obstacles rencontrés.

Malgré un contexte technologique et méthodologique favorable, ainsi qu'un nombre élevé de tentatives d'intégration de l'espace à l'analyse culturelle, une adoption réelle¹⁹ de la dimension spatiale reste rare (Rindfuss et Stern, 1998; Aldenderfer et Mashner, 1996). Elle tend à se concentrer sur la seule considération de la localisation des éléments et la description du lieu (Goodchild, 1996; Goodchild et Janelle, 2004; Livermann et al., 1998; Aldenderfer et Mashner, 1996). La caractérisation géographique de ceux-ci au travers d'analyses spatiales complexes reste rarement mise en oeuvre. Pourtant, une telle démarche participerait à une réelle valorisation des données et offrirait une richesse supplémentaire à l'étude (Goodchild et Janelle, 2004).

Les raisons pour lesquelles l'appropriation de la dimension spatiale dans les études anthropologiques et les projets d'aide au développement reste rare sont multiples

¹⁹Par adoption réelle, nous entendons l'appropriation de la dimension spatiale qui dépasse la simple localisation et description du lieu. Ceci présuppose la considération de relations spatiales entre éléments, participant ainsi d'une valorisation des données acquises au travers de leur analyse.

et souvent imbriquées. Nous formulons cinq causes spécifiques qui nous paraissent jouer un rôle prépondérant.

méthode et
savoir-faire

1. L'**inadéquation** ou l'**absence de méthodes théoriques** d'analyse spécifique (Goodchild et Janelle, 2004; Fischer, 2004). De plus, la complexité des méthodes d'analyse spatiale ou relationnelle²⁰ et le savoir-faire nécessaire à leur mise en oeuvre constituent un obstacle à une adoption et à une intégration "spontanée" (Dunn et al., 1997). La maîtrise des méthodes et du savoir-faire (McNoleg, 1998), acquise par l'apprentissage et l'expérience, oriente les choix auxquels est confronté l'utilisateur et assure l'adéquation entre ceux-ci et l'analyse. Les systèmes d'information, de par leur nature numérique, technologique et ubiqué dans les faits²¹, donnent une fausse image de facilité des traitements et d'universalité de l'analyse (Dunn et al., 1997). La méconnaissance des règles de mise en oeuvre de l'analyse et le manque de remise en question de leur pertinence sont source d'un grand nombre de résultats incohérents et/ou simplistes (Fischer, 2004; McNoleg, 1998). Ce qui est ici défini comme un manque de connaissance et de savoir-faire est ainsi à l'origine du peu d'intérêt accordé aux approches spatiales en anthropologie culturelle, ces dernières paraissant alors non adaptées et/ou simplistes (Aldenderfer et Mashner, 1996).

modèle de
connaissance

2. La nécessité de créer un modèle²² de la connaissance culturelle est perçu, à raison, comme un élément réducteur, de par les processus de choix, de généralisation et de normalisation qu'il implique²³ (Fischer, 2004). La **sensation de perte de richesse** induite constitue probablement une des raisons majeures du rejet par l'anthropologue de la conception d'un système d'information. Or, un tel modèle se pose en complément et non en substitut de la connaissance culturelle (Roth, 2004; Bernard, 2001). Il constitue le cadre structurant nécessaire à l'analyse et à sa représentation (Goodchild, 1996). La force du système réside dans les éclairages et la synthèse qui résultent de l'analyse et de l'interprétation des données.

sources de
données

3. Une **méconnaissance des sources de données** et de leur cadre d'utilisation est observée, malgré leur enrichissement (imagerie satellite et aérienne, cartographie numérique, etc.) et leur adéquation d'échelles et de nature pour l'anthropologie culturelle. Ceci constitue un obstacle à l'intégration de la dimension spatiale dans la recherche en anthropologie culturelle.

4. La visualisation offerte par les systèmes actuels est **inadaptée aux données culturelles**, et réduit ainsi la compréhension, l'interprétation et la communication du message. L'interprétation de l'anthropologue passe par la représentation au préalable des données culturelles sous leurs dimensions thématique, spatiale et relationnelle²⁴. Or, les systèmes actuels peinent à offrir un cadre de

²⁰L'analyse relationnelle considère les relations sociales intra- et inter- communautés. Son intégration au raisonnement anthropologique n'est pas nouvelle et a fait l'objet d'un nombre important d'études (Hanneman, 2001; Harris, 1998).

²¹L'ubiquité des systèmes fait référence à leur extension à des thèmes très divers. Ils n'évaluent et n'assurent pas forcément la pertinence des manipulations effectuées au moyen de filtres de bonne pratique. Le système offre une série de fonctions d'analyse mais celle-ci ne sont que trop rarement accompagnées de recommandations de mise en oeuvre.

²²Le modèle est ici défini comme élément de représentation de la structure du système.

²³Les processus qui accompagnent la conception d'un système d'information, géographique dans notre cas, sont développés dans la section dédiée, au chapitre 2.

²⁴Les dimensions thématique et relationnelle de l'information sont détaillées dans une section du chapitre 5.

représentation spécifique aux problématiques de l'anthropologie culturelle. Le savoir-faire (McNoleg, 1998; Dunn et al., 1997) déjà mentionné s'applique également à la représentation des données. L'observation des règles de sémiologie graphique, largement discutées à ce jour (Bertin, 1967; Tufte, 1998; Tufte, 1999; Tufte, 2000), fait souvent défaut. Cette tendance aboutit au choix de représentations guidé plus par un souci d'esthétique que par celui de l'efficacité de la transmission du contenu du message (Tufte, 1998).

5. Le **caractère informatisé de l'analyse** des données numériques et des outils associés contribue à la résistance à l'appropriation (Lieber et al., 2003; Fischer, 2004; Bloch, 2005). Ces outils requièrent un apprentissage poussé afin d'atteindre le niveau de maîtrise nécessaire à la mise en oeuvre de méthodes d'analyse. La culture informatique reste l'apanage de certains au sein des acteurs du développement (Bernard, 2001; Dyke, 1981; Fischer, 1994; Boone et Wood, 1992). Ceci conduit à une réticence doublée de méfiance par rapport à leur utilisation (Bloch, 2005). Cette tendance, plus ou moins accusée selon les acteurs de l'anthropologie culturelle, ne peut être ignorée. Elle affecte directement leur adhésion aux méthodes d'analyse et de représentation numériques. technologie et
savoir-faire

L'ensemble des raisons potentielles exposées ci-dessus renforcent le caractère paradoxal de la situation à laquelle nous sommes confrontés (voir section 1.2).

Ce tour d'horizon des épistémologies propres à chaque discipline constitue la base nécessaire de compréhension des différentes logiques pour notre recherche. Nous poursuivons à la partie III avec la présentation d'une méthode de modélisation de la connaissance anthropologique.

Troisième partie

*Modélisation de la
connaissance
anthropologique*

Introduction

La connaissance anthropologique est constituée d'informations de types quantitatif et qualitatif, distribuées sur une large gamme de dimensions (thématique, spatiale, temporelle et relationnelle). Une part importante de cette connaissance ne se laisse pas réduire aux informations élémentaires définies par Claude Shannon (1948). Elle reste des domaines de la perception et de l'expérience, moteurs de l'intuition qui permet à l'anthropologue de généraliser ses observations.

L'intégration et l'exploitation d'une telle connaissance constituent un réel défi pour la science de l'information géographique. Le premier objectif de ce travail, présenté à la section 1.3, entend le relever. Cet objectif qui est rappelé ci-dessous constitue le coeur de la partie III.

Proposer une solution de mesure et de structuration des phénomènes culturels dans le but de les intégrer à la démarche et au raisonnement de l'acteur en science de l'information géographique.

objectif

Il découle du besoin d'intégrer des éléments de la connaissance anthropologique à notre démarche en science d'information géographique (voir section 1.2). Cette intégration a deux motivations, à savoir ⁽¹⁾ de permettre la prise en compte de la connaissance culturelle dans l'analyse de l'espace géographique, et ainsi reconnaître son apport à la démarche de l'ingénieur, et ⁽²⁾ d'offrir des projections nouvelles de la connaissance anthropologique dans l'espace géographique pour l'anthropologue. La modélisation, comme processus de structuration formelle de la connaissance, se pose en préambule à toute valorisation de la connaissance anthropologique en science de l'information géographique (Lindholm et Sajarkoski, 1994).

motivations

La réflexion de ce travail autour de la modélisation de la connaissance prend place au sein d'un corpus théorique riche (Golay, 1992; Bédard et al., 2001; Bédard et al., 2004). Nous en présentons les traits principaux au chapitre 4. Cette présentation

des aspects théoriques et méthodologiques de la modélisation en science de l'information géographique est suivie, au chapitre 5, d'un portrait de la connaissance anthropologique, matériau de base pour notre réflexion.

questions de
recherche

Le coeur de cette partie III consiste à mettre en évidence les apports des méthodes actuelles de modélisation en science de l'information géographique et à définir leur capacité à être étendues à la connaissance anthropologique. Ceci nous permet de formuler les questions fondamentales suivantes.

1. **Comment accéder aux éléments de la connaissance anthropologique ?**
2. **Quelle part de cette connaissance sommes-nous capables d'intégrer au système d'information ?**
3. **Les champs de structuration conceptuelle dont nous disposons sont-ils adaptés à la modélisation des phénomènes culturels observés ?**

distance épis-
témologique

La distance qui sépare les épistémologies des deux disciplines concernées laisse présupposer que les perceptions, et donc les structures conceptuelles mises en oeuvre par chacune pour synthétiser les dimensions propres à son mode de pensée (Kronenfeld et Hedrick, 2005), sont différentes (Sillitoe et al., 2005). Il est dès lors important de mettre en évidence les articulations communes aux deux pour faire émerger le champ des synergies possibles. Notre position d'acteur en science de l'information géographique nous pousse à considérer l'extension de nos structures conceptuelles à la connaissance anthropologique et non l'inverse.

démarche de
recherche

La démarche adoptée pour tenter de répondre aux questions émises ci-dessus repose sur un séquençage du processus de modélisation en trois étapes, démarche à première vue "classique". Notre discours adopte la forme d'un compte rendu de son application, des apports constatés et des limites observées.

- La première étape (voir section 6.2) consiste à appréhender et à mesurer les éléments qui composent l'univers conceptuel de l'anthropologue. Une approche de décomposition des concepts formant sa connaissance est adoptée. Celle-ci, proche du concept de carte heuristique de Tony Buzan (1996), conduit à l'identification des éléments constitutifs de la connaissance et de leur interaction. Ce résultat correspond à l'articulation du système de connaissance. Nous présentons les principes de la décomposition au travers de son application pratique au cas Wola. Cette étape entend répondre à la première question formulée ci-dessus.
- La deuxième étape (voir section 6.4) correspond à la formulation d'un modèle de la connaissance. Celui-ci a pour objectif d'exprimer de manière formelle le résultat de la décomposition préalable. Nous présentons une synthèse de ces deux étapes initiales en les confrontant au processus "classique" d'analyse des besoins. Cette étape doit apporter un élément de réponse à la deuxième question émise.

- La troisième étape (voir chapitre 7) correspond à l'établissement du modèle conceptuel de données associé au modèle de connaissance. Cette dernière étape s'attache à répondre à la troisième question formulée.

Nous concluons cette partie du travail sur une synthèse (voir la conclusion intermédiaire à la page 91) de l'extension de la modélisation en science de l'information géographique à la connaissance anthropologique. Cette synthèse repose sur l'observation rétrospective des apports et des limites associés à la démarche.

4

Eléments de modélisation

La modélisation en science de l'information géographique est présentée au travers de son évolution et des éléments qui la constitue. Ses traits caractéristiques sont décrits. Ils serviront par la suite de points de repère pour la modélisation de la connaissance anthropologique.

4.1 DU BESOIN DE MODÉLISER

Le premier objectif de ce travail est de favoriser l'intégration des perceptions d'une réalité propres à l'anthropologie culturelle et à la science de l'information géographique (voir section 1.3). Ceci implique que les logiques de chaque discipline soient décrites et confrontées à l'autre (Heemskerk et al., 2003; Sillitoe, 1998a). La recherche d'une adéquation repose sur la modélisation descriptive des phénomènes culturels étudiés et tels qu'ils apparaissent dans la connaissance anthropologique.

La modélisation de cette connaissance est motivée par la reconnaissance des deux buts particuliers suivants.

- La conception du modèle exige que l'expert du domaine étudié, dans ce cas l'anthropologue, décrive sa vision des phénomènes concernés (Reeve et Petch, 1999). Autrement dit, il doit expliciter les concepts qui constituent son univers de connaissance et les différents champs d'abstraction qui le composent (Saint-Gérand, 2005) dans le but d'en dégager les éléments constitutifs et leur interaction. Dans ce cas, la modélisation des phénomènes culturels peut être perçue comme une fin en soi : la description formelle d'une réalité anthropologique. modélisation
comme
fin en soi
- L'expression formelle des éléments constitutifs de la connaissance anthropologique est un pré-requis à toute analyse et représentation de ceux-ci en science de l'information géographique (Josselin et Fabrikant, 2003). La valorisation modélisation
comme
passage obligé

d'une connaissance anthropologique par de nouveaux éclairages profite de la structuration préalable de cette connaissance (Lindholm et Sajarkoski, 1994; Saint-Gérand, 2005). En ce sens, la modélisation s'impose comme un passage "obligé".

4.2 LA MODÉLISATION EN SCIENCE DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

La notion de modélisation couvre une large palette de définitions allant du modèle systématique et descriptif au modèle itératif et prédictif d'un phénomène (Walliser, 1977; Golay, 1992; Mathieu, 2005). Dans le cadre de ce travail, nous adoptons la définition rapportée par Nicole Mathieu (2005) selon laquelle le "modèle" est une représentation abstraite mais néanmoins formalisée et structurée d'une réalité. Le modèle ainsi défini est principalement orienté vers la description systématique des phénomènes qui composent le système. La notion d'ontologies a fait son apparition depuis la fin des années 1990 (Guarino, 1998; Smith, 1999; Winter, 2001). Elle donne naissance à l'approche ontologique. Celle-ci prend aujourd'hui son essor en science de l'information géographique et remplace peu à peu le terme de modélisation (Winter, 2001; Vangenot, 2004). Une définition générale des ontologies au sens de la science de l'information géographique est donnée par Smith (1999), à savoir

"une conceptualisation humaine et partagée de la réalité"

William Pike (2006) met en évidence le caractère à la fois descendant (*top-down*) et faisant autorité (*authoritative*) de l'approche ontologique. Ces observations ressortent à la citation suivante, extraite d'une de ses contributions (Pike et Gahegan, 2006).

"Usually, it is the experts in ontology who determine how to represent a domain, not communities of practionners."

Cette caractéristique est conférée aux ontologies par la volonté de produire des concepts partagés et partageables, en d'autres termes proches de l'universel. Ceci nous paraît aller à l'encontre de la démarche de modélisation de la connaissance anthropologique, celle-ci n'étant pas unique. Ce constat de William Pike rejoint la vision de Nicholas Chrisman (2000) quant à l'approche ontologique. Celui-ci pose la question du bien fondé de la recherche d'universalité au travers de la modélisation en science de l'information géographique. En réponse, il se pose en défenseur du droit d'avoir une perception alternative et non unifiée (Chrisman, 2000).

repères
temporels

Afin de situer la modélisation dans son évolution depuis les années 1970, nous donnons quelques repères temporels. Cette évolution est conditionnée par celle de l'informatique en termes de génie logiciel et d'infrastructure (Shamkant, 1992; Worboys et Duckham, 2004; Saint-Gérand, 2005; Pike et Gahegan, 2006).

- L'informatique du début des années 1970 impose une "structuration" des données en fichiers séparés (Worboys et Duckham, 2004).
- A la fin des années 1970, les premières règles de structuration de l'information et les formalismes associés voient le jour, tels que le modèle hiérarchique, en réseau ou encore relationnel (Worboys et Duckham, 2004). Ces approches partagent un point commun qui est le découpage du processus de modélisation en différents niveaux (conceptuel, logique et physique) (Prelaz-Droux, 1995;

Worboys et Duckham, 2004).

- Les années 1980 et 1990 sont le théâtre d’une évolution rapide des technologies informatiques relatives à la gestion des données numériques (Worboys et Duckham, 2004). Plusieurs modèles voient le jour à l’image du modèle orienté objet. Ceux-ci donnent naissance à de nouveaux formalismes, par exemple le formalisme Unified Modeling Language (UML) (Worboys et Duckham, 2004). L’extension des modèles aux données spatiales prend place à cette même période avec les travaux de Frank, Egenhofer, Caron ou encore Bédard (Golay, 1992).
- L’approche ontologique (voir ci-dessus) fait son apparition en science de l’information géographique à la fin des années 1990 pour devenir une thème de recherche très actif dès le début des années 2000 (Winter, 2001; Vangenot, 2004).

Ce rapide aperçu de la modélisation des données spatiales permet de mettre en évidence le lien étroit entre le processus de modélisation et la technologie qui le soutient.

4.3 ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES DE LA MODÉLISATION

De manière générale, concevoir le modèle d’un système de connaissance revient à identifier, mesurer et structurer les éléments constitutifs et leurs interactions (Walliser, 1977; Saint-Gérard, 2005). Le passage au modèle correspond à un processus de conception et non de fabrication (Langlois et Reguer, 2005; Bloch, 2005). Cette distinction se justifie par le fait que le processus est progressif, itératif, et que les contours du modèle ne sont *a priori* pas connus (Saint-Gérard, 2005).

conception du système

Le recours à la méthode est déterminant car il permet de garantir un niveau de qualité du modèle (Saint-Gérard, 2005). De plus, il assure la reproductibilité et l’objectivité ¹ de la démarche de conception grâce à la description claire de celle-ci (Pointet et al., 2004).

reproductibilité et objectivité

Toute la difficulté de la démarche d’organisation de la connaissance réside dans l’opposition entre la volonté de conserver une part raisonnable de sa complexité, et le besoin de la simplifier. Ceci pour permettre de la manipuler et de la comprendre (Lucchini, 2005). Une simplification à outrance aurait pour effet de produire une perception artificielle, biaisée, voire antithétique de la réalité culturelle (Mathieu, 2005; Sillitoe, 1998b).

Les principes fondamentaux énumérés ci-dessous conduisent le processus de modélisation de la connaissance.

- Le va-et-vient entre une réalité et son modèle constitue le cœur de la méthode (Mathieu, 2005). Cet aspect itératif du processus permet d’appréhender

approche itérative

¹Par objectivité, nous entendons la transparence de la démarche.

un objet aussi complexe² que la connaissance d'un domaine (Mathieu, 2005; Saint-Gérand, 2005). De plus, il assure une appropriation progressive de la réalité d'une discipline par les autres (Lucchini, 2005). Une critique récurrente des éléments de la conception renforce la pertinence et la cohérence du produit final (Heemskerk et al., 2003).

- | | |
|--------------------------|--|
| approche
systématique | – L'approche de description systématique d'une réalité passe par l'identification progressive d'éléments de la connaissance, partant d'un niveau d'abstraction élevé, pour peu à peu l'abaisser et atteindre un niveau de concrétisation forte (Prelaz-Droux, 1995). Cette approche descendante permet de passer du concept à l'objet concret et à la mesure de ses propriétés (voir échelles de mesure à la section 2.4). |
| approche
sélective | – Les éléments de la connaissance qui sortent de l'objet d'étude sont écartés (Langlois et Reguer, 2005). Ceci est généralement justifié par la disponibilité des ressources qui limite l'exhaustivité de l'étude. Dès lors, un choix des éléments à prendre en compte s'impose. Il peut être considéré comme une part de subjectivité supplémentaire (Sillitoe, 1983). |

L'approche adoptée dans ce travail reprend dans les grandes lignes les étapes principales du passage au modèle. Nous la détaillons ci-dessous.

Approche “classique”

Sur le plan méthodologique, la conception du modèle est découpée en séquences successives allant de l'analyse initiale des besoins à l'implémentation technologique du système d'information (Golay, 1992; Thériault, 1996; Reeve et Petch, 1999; Worboys et Duckham, 2004). Un tel séquençage est illustré à la figure 4.1. Nous décrivons brièvement chaque étape ci-dessous.

1. La première étape correspond au recensement et à l'analyse des besoins. Celle-ci débouche sur l'identification des éléments constitutifs et la détermination des rôles du système.
2. La deuxième étape permet de structurer sur le plan du concept les éléments mis en évidence. De cette première structuration résulte la conception du modèle conceptuel.
3. La troisième étape correspond à la transposition des concepts identifiés au modèle logique.
4. La quatrième étape considère l'implémentation du modèle logique dans le système informatique. Le produit de cette dernière étape est appelé modèle physique.

Limites de l'approche “classique” pour ce travail

Le caractère exploratoire de notre recherche et l'orientation “tâches d'une organisation” de la modélisation en ScIG s'opposent. Cette observation rend difficile et peu pertinent le recours à une approche “classique” pour ce travail.

²L'objet complexe est défini par le fait qu'il ne peut être décomposé et rendu simple sans que les réductions appliquées n'en modifient la nature (Mathieu, 2005).

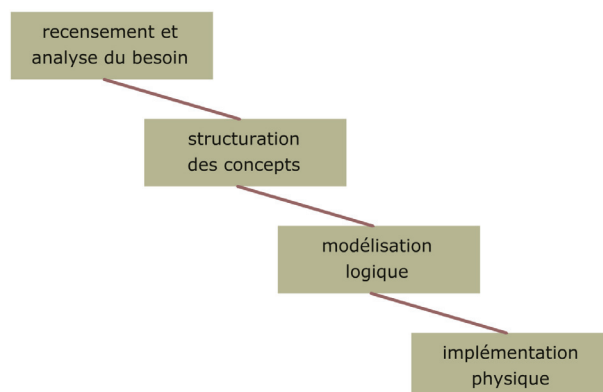


FIG. 4.1 Etapes de modélisation en science de l'information géographique.

La recherche présentée comporte un aspect exploratoire fort (voir section 1.4). Cet aspect implique que nous partions d'une réalité obscure du point de vue de la science de l'information géographique. Notre travail s'engage donc vers l'inconnu. Cette observation nous contraint à ne pas adopter une démarche d'identification et d'analyse des besoins au sens classique du terme (Saint-Gérard, 2005). Notre objectif est différent de celui de modéliser un système de connaissance en vue de remplir certaines tâches établies, qui donc peuvent être circonscrites. Nous tentons de modéliser une réalité abstraite et complexe aux contours indistincts (voir section 1.3).

Thierry St-Gérard (2005) confronte les avancées de deux facettes de la modélisation en science de l'information géographique, à savoir l'identification des éléments du système, leur détermination par la mesure et leur structuration. Si la deuxième a fait l'objet de nombreuses contributions de recherche qui ont donné lieu à des propositions de méthodologies aujourd'hui établies, la première reste mal connue et accompagnée de quelques règles éparses de bonne pratique. Ceci peut s'expliquer par le constat suivant. Pour de nombreux cas d'application en ingénierie du territoire (par exemple l'hydrologie, le cadastre, etc.), l'identification des éléments est un processus naturel et direct. Cette observation peut être liée à la proximité épistémologique des disciplines mentionnées. Il n'en va pas de même, nous le démontrons dans les chapitres qui suivent, pour l'anthropologie culturelle qui détient des structures conceptuelles distantes des nôtres.

La différence de nature du travail et le défaut de méthode pour l'identification des éléments du système mis en évidence ci-dessus induisent le besoin d'établir une démarche novatrice qui nous permette d'accéder aux éléments constitutifs de cette réalité (Saint-Gérard, 2005). Nous présentons la procédure développée au chapitre 6.

4.4 LE FORMALISME

Le recours à un formalisme pour représenter le modèle conceptuel de données en science de l'information géographique est dirigé par le besoin de fournir une passerelle de communication entre les différents acteurs d'un projet (voir section 2.4). Le

langage graphique adopté doit permettre de simplifier la compréhension du modèle par les utilisateurs de la structure de données.

Dans le cadre de ce travail, nous avons adopté le formalisme UML. Celui-ci, qui tire son origine des systèmes informatiques, est de plus en plus répandu en science de l'information géographique (Worboys et Duckham, 2004). Dans un but de rappel théorique, nous en présentons les aspects d'intérêt pour ce travail.

langage UML Le langage UML est un formalisme établi pour la description, l'analyse et la documentation des systèmes informatiques (Pilone et Pitman, 2005). Par extension, il est utilisé pour la modélisation orientée objet. Sa définition se veut proche de l'implémentation et donc très concrète. Ce langage est constitué d'une large palette de diagrammes aux rôles divers dans la modélisation des systèmes. L'ouvrage de référence de Dan Pilone (2005) en offre une vue synthétique.

diagramme de classes Dans le cas de ce travail, seul le diagramme de classes est impliqué. Pour cette raison, nous limitons la présentation³ des éléments de syntaxe UML à ceux qui constituent le diagramme de classe. Ce diagramme a pour objectif de permettre la description de la structure statique, faisant ainsi abstraction des aspects dynamiques et temporels, du modèle conceptuel de données. Ces éléments sont la "classe", "l'attribut", l'"association" et la "classe-association", ainsi que le "paquetage". La figure 4.2 illustre le formalisme graphique utilisé pour représenter les éléments du langage UML présentés.

classes La **classe** est un ensemble abstrait et structuré d'objets caractérisés par le partage de traits et d'une identité communs. Elle est identifiée par son "nom" et déterminée par ses "attributs". L'attribut porte la valeur descriptive d'une propriété de l'objet auquel il est attaché. Il est déterminé par son "nom" et le type de valeur associée.

association L'**association** correspond à une relation entre deux classes. Elle est la relation la plus courante et la plus riche en UML. Plusieurs associations peuvent lier les mêmes classes. La "cardinalité" d'une association définit le nombre d'instances qui participent à la relation. La table 4.1 propose une vue synthétique des cardinalités reconnues et leur syntaxe. Une cardinalité est associée à chaque extrémité de l'association.

TAB. 4.1 Jeu des cardinalités reconnues.

<i>Cardinalité</i>	<i>Description</i>
1	une et une seule instance
*	plusieurs instances
0..1	aucune ou une instance
0..*	de aucune à plusieurs instances
n..m	de n à m instances
1..*	un ou plusieurs instances

³Cette présentation s'inspire du "Manuel de modélisation standardisée des géodonnées" (Golay et al., 2005).

La **classe-association** est une structure de relations qui permet de caractériser l'association en lui jouxtant une classe. classe-association

Le **paquetage** représente un moyen de regrouper des éléments de la structure de données selon leur nature ou un trait fonctionnel commun. Les paquetages relèvent d'un champ d'abstraction plus élevée et peuvent s'emboîter. Leur rôle est uniquement de soutenir la lecture et l'appréhension du modèle conceptuel. Ils ne donnent lieu à aucune "implémentation". paquetage

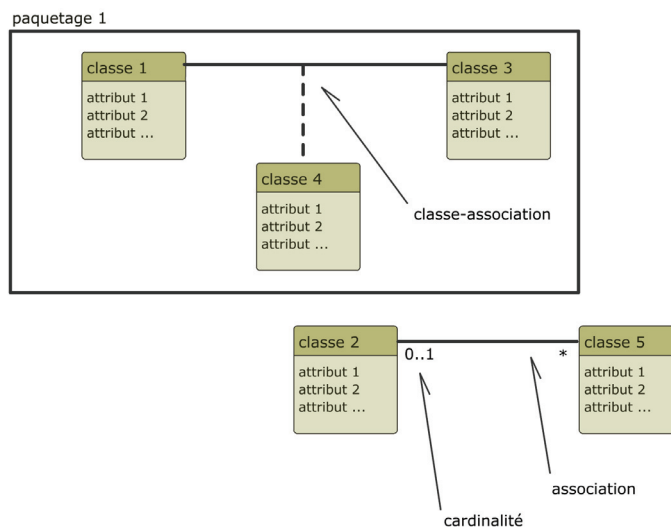


FIG. 4.2 Eléments du diagramme de classe UML.

En résumé, le formalisme joue, en science de l'information géographique, le rôle d'objet du dialogue entre les disciplines. Cette observation est par la suite confrontée au cas particulier de l'anthropologie culturelle afin de mettre en évidence les limites du formalisme à jouer ce rôle.

4.5 ANCRAGE SPATIAL

La notion d'ancrage⁴ spatial correspond à la spatialisation des phénomènes dans l'espace géographique. Cette étape de la conception du modèle conceptuel de données a pour objectif premier de déterminer si une entité présente une dimension spatiale, et, dans l'affirmative, de lui attribuer un modèle spatial adapté (Caloz et Collet, 1997). Il est nécessaire de distinguer les phénomènes dont la dimension spatiale est continue (par exemple l'altitude qui est définie en tout point de l'espace géographique), ou à l'inverse discrète (par exemple une rivière). Cette distinction impose que nous considérions des modèles spatiaux différents de l'espace géogra- spatialisation
modèle spatial

⁴Le terme de représentation est fréquemment rencontré dans la littérature pour faire référence à la notion d'ancrage (Chrisman, 1997). En raison de la place qu'occupe la représentation, au sens de l'action de rendre visuel des données, dans ce travail, nous adoptons le terme d'ancrage pour faire référence au modèle spatial attribué à un objet dans l'espace géographique.

phique : une maille régulière dans le premier cas et un objet géométrique arbitraire⁵ dans le second (Caloz et Collet, 1997; Chrisman, 1997)⁶ (voir figure 4.3).

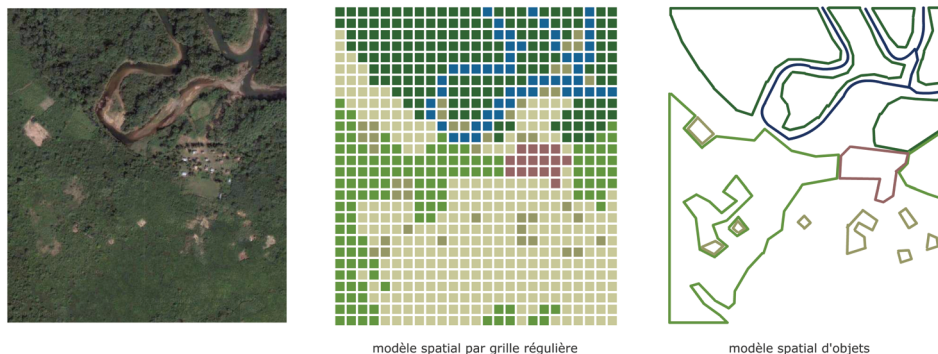


FIG. 4.3 Modèles spatiaux d'une réalité (à gauche) : régulier (à droite) et irrégulier (au centre).

Dans le cas du modèle discret de l'espace, l'ancrage spatial peut être constitué (1) d'une ou plusieurs primitives géométriques et (2) de leur localisation dans l'espace (Thériault, 1996). Ces primitives correspondent au point, à la polyligne et au polygone. La nature de l'ancrage peut être de type ponctuel, linéaire ou encore surfacique (Thériault, 1996; Worboys et Duckham, 2004). Ces types d'ancrages sont représentés dans le modèle conceptuel à l'aide de pictogrammes spécifiques (voir figure 4.4). Notons que l'ancrage correspond à la "forme" qu'adopte le modèle spatial de l'élément (Chrisman, 1997). La position de celui-ci correspond à la notion de géoréférence (Longley et al., 2001).



FIG. 4.4 Pictogrammes spatiaux.

entité réelle et virtuelle

Deux types d'entité spatiale⁷ sont distingués (Prelaz-Droux, 1995). Les entités réelles possèdent une empreinte géographique, à l'exemple d'une maison ou d'une rivière, et sont aisément identifiables, voire mesurables. De même, leurs limites peuvent être déterminées de manière relativement univoque. A l'inverse, les entités virtuelles ne présentent pas de marque visible dans l'espace géographique. Elles existent par la reconnaissance commune qui en est faite, que cette dernière soit officielle et référencée, à l'exemple des limites administratives, ou alors documentée comme le serait un lieu sacré en forêt ou encore le territoire d'une communauté. Ce dernier exemple nous amène à mentionner la difficulté de définir les limites des

⁵Nous opposons arbitraire à régulier.

⁶Mentionnons au passage la description romancée par Oleg McNoleg (McNoleg, 2003) de l'origine de ces deux modèles spatiaux.

⁷L'adjectif "spatial" est utilisé comme forme raccourcie de "qui comporte une dimension spatiale".

entités qui ont une dimension spatiale évidente, mais dont l'enveloppe n'est pas directement déterminable.

La reconnaissance de la dimension spatiale d'une entité ne suffit pas à lui attribuer un ancrage spatial (Prelaz-Droux, 1995; Caloz et Collet, 1997). Le choix de celui-ci est guidé par ⁽¹⁾ la nature du phénomène observé, ⁽²⁾ la perception que nous avons de l'objet géographique et par ⁽³⁾ l'échelle d'observation à laquelle nous l'identifions et par ⁽⁴⁾ l'échelle de mesure utilisée pour le déterminer (voir section 2.4). Ces quatre contraintes ont les conséquences suivantes sur le choix d'un ancrage.

- La nature de l'objet observé détermine pour une part l'ancrage qui peut lui être associé (Saint-Gérand, 2005). Nous prenons l'exemple de quelques éléments qui composent le thème de l'hydrologie, à savoir une source, un cours d'eau et un plan d'eau. La nature de chacun de ces éléments permet d'écarter certaines primitives géométriques. Ainsi, nous ne retiendrons que le point pour la source, la polyligne ou le polygone pour le cours d'eau et le polygone pour le plan d'eau. Sans forcément nous permettre d'aboutir à un choix de primitive unique, la nature du phénomène le restreint (Thériault, 1996). ancrage
 $f(\text{nature})$

- La conception que l'on se fait d'un objet géographique dans un cadre théorique spécifique dirige le choix d'une primitive géométrique (Lucchini, 2005; Prelaz-Droux, 1995). Cette perception que l'on a d'une entité est le produit à la fois du fond théorique associé à une discipline et des préoccupations particulières liées au projet. Reprenons l'exemple des éléments hydrologiques pour l'illustrer. Les acteurs de disciplines diverses (hydrologie, biologie, etc.) auront certainement une perception différente des mêmes éléments. L'hydrologue a une vision linéaire de celui-ci, favorisant la notion de réseau. A l'inverse, le naturaliste met l'accent sur les surfaces associées aux berges et au lit du cours d'eau. ancrage
 $f(\text{perception})$

- L'échelle d'observation d'un phénomène est également déterminante dans le choix d'un ancrage spatial (Dollfus, 1970; Saint-Gérand, 2005). Le niveau de détail associé à celle-ci peut contraindre l'adoption d'une primitive plutôt qu'une autre. Dans notre exemple, le cours d'eau observé à grande échelle pourra aussi bien être matérialisé par une polyligne qu'un polygone. Cependant, observé à petite échelle, seule la polyligne nous est possible, le niveau de détail ne nous permettant pas d'en distinguer les contours. L'échelle d'observation du phénomène impose un niveau de généralisation spatiale. Dès lors, l'objet géographique n'a de sens qu'à l'échelle à laquelle il est identifié et déterminé (Dollfus, 1970) et devient l'unité d'observation. ancrage
 $f(\text{échelle})$

La description des éléments qui cadrent le choix d'un ancrage spatial a amené aux observations suivantes (Prelaz-Droux, 1995). La géométrie associée à l'ancrage peut ne pas correspondre à l'empreinte du phénomène dans l'espace géographique. L'empreinte d'un objet relève d'un champ d'abstraction proche de la réalité, car elle est mesurable. L'ancrage appartient à un champ d'abstraction supérieur à celui de l'empreinte, la distance qui les sépare pouvant être plus ou moins importante. Cette nuance entre les notions d'empreinte et d'ancrage n'est pourtant pas reconnue par certains auteurs à l'image de Thierry St-Gérand (2005). Le choix d'un ancrage répond à un objectif d'analyse et pas uniquement de représentation "à l'échelle" d'une réalité. Cette observation a une incidence directe sur les mesures de la géométrie impliquée et donc sur les attributs géographiques qu'elles renseignent (Prelaz-Droux, empreinte
vs ancrage

caractérisation
géographique
 $f(\text{ancrage})$

1995). Le choix d'un ancrage de nature linéaire pour un cours d'eau permet d'en déterminer la longueur, or seul le choix d'un ancrage surfacique donne accès à des attributs tels que la surface et le périmètre de l'objet.

Il apparaît important d'inclure la perception qu'ont les divers acteurs lors du choix d'un ancrage spatial (Prelaz-Droux, 1995). Cependant, la pratique est éloignée de cette dernière observation (Saint-Gérand, 2005). Le choix d'un ancrage et d'une échelle d'observation sont guidés par l'existence de données et s'appuient sur des concepts de représentation (infographie) au lieu de reposer sur une réflexion liée au modèle de perception.

attributs
intrinsèques

Les attributs géographiques (voir section 2.3) sont dits intrinsèques car ils sont déduits numériquement de la géométrie des objets. Ce caractère motive notre choix de ne pas les faire figurer dans le modèle conceptuel de données.

ancrage
vs symbole

L'ancrage d'une entité dans l'espace géographique est une notion distincte du symbolisme utilisé pour la représenter visuellement. Cette distinction est justifiée avant tout par la nature différente de l'ancrage et du symbole. Elle relève de la modélisation pour le premier et de la figuration pour le second. L'association à une échelle spécifique, à savoir l'échelle d'observation dans le premier cas et l'échelle de représentation dans le deuxième, permet également de justifier cette distinction. Pour reprendre l'exemple du cours d'eau, malgré le choix d'un ancrage de type linéaire, il est possible de lui appliquer une épaisseur au trait, lui donnant une apparence de surface. Cette dernière ne relève pourtant que de la représentation visuelle.

consistance
spatiale

En sus de la réflexion sur le choix d'un ancrage spatial à donner aux entités de la connaissance anthropologique, il est important de définir les caractéristiques de consistance spatiale des entités. Trois caractéristiques sont associées à la notion de consistance, à savoir ⁽¹⁾ la superposition, ⁽²⁾ la validité attributaire et ⁽³⁾ la validité topologique (Prelaz-Droux, 1995).

4.6 LA MODÉLISATION EN SCIG : SYNTHÈSE

Cette présentation sommaire de la modélisation en science de l'information géographique met en évidence les éléments constitutifs du processus de structuration de l'information dont nous entendons faire usage par la suite.

Certains de ces éléments s'avéreront limités, voire limitants par rapport à la problématique particulière de modélisation de la connaissance anthropologique. Ces aspects sont discutés en conclusion des chapitres suivants.

Nous continuons notre propos par la présentation de la connaissance anthropologique, qui est la réalité à laquelle nous avons accès et qui constitue l'objet de notre démarche de modélisation.

5

La connaissance anthropologique

La connaissance anthropologique est perçue par ses détenteurs comme une réduction de la connaissance culturelle. Elle constitue la réalité sur laquelle se base ce travail. Le bref portrait qui en est proposé doit nous permettre de cerner les traits principaux de ce matériau de base pour notre réflexion.

5.1 INTRODUCTION

La connaissance anthropologique correspond à la réalité culturelle à laquelle nous avons accès. Elle constitue le matériau de base pour notre recherche. Nous formulons ici ses traits caractéristiques afin d'en cerner la spécificité. Ce portrait est issu du point de vue de l'anthropologie culturelle sur les limites de son modèle de connaissances.

La connaissance anthropologique est définie comme la part de la connaissance culturelle que l'anthropologue a pu extraire d'une communauté (Barnard et Spencer, 2002). C'est celle-ci qu'il documente et transmet, surtout par ses écrits. Notons que cette transmission de la connaissance anthropologique correspond à une double réduction de la connaissance culturelle. La première réduction est associée à l'accès limité de l'anthropologue à la connaissance culturelle (Barnard et Spencer, 2002). La deuxième est liée à la retranscription¹ partielle par l'anthropologue de cette connaissance acquise au sein de la communauté (Sillitoe et al., 2005).

¹A l'image du cartographe, l'anthropologue fait le choix d'omettre et de généraliser certains éléments de sa connaissance lors de leur transmission.

5.2 ACCÈS À LA CONNAISSANCE CULTURELLE

limite d'accès L'accès à la connaissance culturelle, objet de l'anthropologie culturelle, est limité par plusieurs facteurs souvent indépendants de la volonté de l'anthropologue (Sillitoe, 1983). Ceux-ci sont liés à la nature de la connaissance culturelle. Nous en mentionnons ici quelques-uns dans le but d'illustrer ce premier processus de réduction.

- La connaissance culturelle n'est en principe pas codifiée au sein de la communauté. Sa détention est diffuse, partagée entre les membres de la communauté. De plus, sa transmission est fragmentaire, et tissée dans la vie de tous les jours. Ainsi, son accès est rendu difficile pour l'anthropologue. Il doit affronter simultanément une distribution de la connaissance dans le temps et au sein de la communauté (Sillitoe, 1983; Sillitoe et al., 2005).
- A cela vient s'ajouter un caractère propre aux communautés "sans écriture"², à savoir que la connaissance est pour une grande part non verbale et vécue sans être formalisée. Ceci a pour effet de freiner voire d'interdire l'accès à certains éléments de la connaissance pour l'anthropologue (Sillitoe, 1983).
- Finalement, le statut de l'anthropologue au sein de la communauté peut limiter son accès à certaines facettes de la connaissance culturelle (Barnard et Spencer, 2002). Les pratiques réservées à quelques membres "initiés" de la communauté en sont un exemple.

D'autres facteurs peuvent être imputés à la nature du travail de l'anthropologue (Sillitoe, 1983; Sillitoe et al., 2005), notamment le fait que :

- Les préoccupations de l'anthropologue sont souvent spécifiques. Elles ne lui permettent pas de passer en revue l'ensemble des aspects d'une communauté. La diversité de la connaissance anthropologique en est restreinte. Ainsi, elle est qualifiée de lacunaire (Sillitoe et al., 2005) (voir illustration 5.1).
- Les ressources à disposition du travail de l'anthropologue sont souvent limitées. Il n'est dès lors pas possible d'approfondir l'ensemble des thèmes étudiés. La connaissance anthropologique est qualifiée de globalement superficielle mais sectoriellement exhaustive (voir illustration 5.1) (Sillitoe et al., 2005, et ses références).

En résumé, ces restrictions grèvent l'accès de l'anthropologue à la connaissance culturelle. Elles ont pour conséquence de produire une connaissance lacunaire et superficielle à l'exception de certains aspects traités plus en profondeur et donc pour lesquels la connaissance est exhaustive (Sillitoe et al., 2005) .

²L'expression "sans écriture" définit une société qui ne possède pas de langue écrite (Detienne, 2000). Elle fait référence au terme anglais "pre-literate". Cette notion rejoint le concept d'"oralité" décrit par l'anthropologue Jean Lohisse (1998).

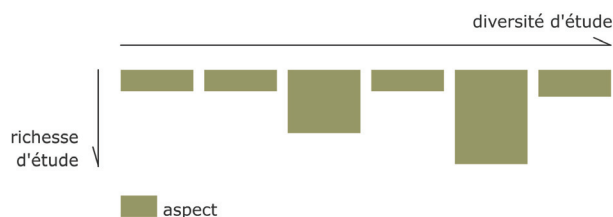


FIG. 5.1 Richesse et diversité de la connaissance anthropologique.

5.3 LA DOCUMENTATION DE LA CONNAISSANCE ANTHROPOLOGIQUE

La documentation que fournit l'anthropologue ne peut comprendre toute la complexité et la richesse de la connaissance acquise au sein de la communauté. L'anthropologue doit limiter son contenu pour sa transmission. A cela vient s'ajouter l'observation suivante. Plus les aspects réducteur et fragmentaire de la connaissance anthropologique sont marqués, plus le discours anthropologique s'éloigne d'une vision globale de la communauté. Les éléments présentés doivent être contextualisés (Sillitoe, 1983; Sillitoe, 1998b). Ceci est nécessaire afin d'éviter un biais excessif dans l'interprétation qu'ils soutiennent et par rapport à la véritable signification des éléments au sens de la communauté. De plus, la transmission d'éléments d'une culture utilisant une langue étrangère n'autorise souvent pas de conserver la finesse originelle des concepts (Sillitoe, 1983). Ces caractères fragmentaire et réducteur de la documentation anthropologique s'ajoutent à celui lacunaire de l'étude anthropologique évoqué précédemment.

formalisation
partielle

mise en
contexte

La connaissance acquise par l'anthropologue, observateur-participant (voir section 3.2) au sein de la communauté présente un caractère subjectif réel (Sillitoe et al., 2002; Sillitoe et al., 2005). Autrement dit, l'interprétation faite des observations est conditionnée par la culture et la pratique professionnelle de l'anthropologue et par le contexte ethnographique dans lequel elle prend place. Cette subjectivité est répercutée sur son compte rendu.

5.4 LE STATUT DE LA CONNAISSANCE ANTHROPOLOGIQUE

Le matériau riche mais néanmoins lacunaire, fragmentaire et subjectif qui découle de l'étude anthropologique correspond à la connaissance dite "culturelle" à laquelle nous avons accès. C'est elle qu'il s'agit de transmettre aux intéressés afin d'être intégrée. Notre position d'acteurs de la ScIG ne nous autorise pas à émettre un doute sur la validité des méthodes mises en oeuvre par l'anthropologue et encore moins sur la pertinence et la qualité des éléments qui constituent sa connaissance. Nous considérons dès lors la connaissance anthropologique qui nous est transmise comme référence vraisemblable et représentative de la connaissance culturelle d'une communauté. Elle constitue la base de notre observation.

référence
vraisemblable

Dans le cas de la société Wola, cette base d'observation est composée des éléments suivants.

- La littérature disponible relative à cette société sous forme d’ouvrages ; (Sillitoe, 1979; Sillitoe, 1983; Sillitoe, 1996; Sillitoe, 1998b) ou encore d’articles (Sillitoe, 2002) ;
- Les notes et fiches de terrain de l’anthropologue ;
- Les échanges et discussions directs avec l’anthropologue.

5.5 INTÉGRATION DE LA CONNAISSANCE ANTHROPOLOGIQUE

forme mono-
graphique

Pour être intégrée, aux projets d’aide au développement par exemple, la connaissance anthropologique doit être transmise aux autres disciplines impliquées. Pour cela, cette connaissance doit être rendue intelligible et utilisable pour les divers intervenants scientifiques. La forme courante du rendu de la connaissance anthropologique que constituent le récit ou la monographie (voir section 3.2) n’autorise pas une exploitation directe de ce matériau par les autres disciplines (Pottier et al., 2003; Sillitoe et al., 2005). De plus, son contenu contient un jargon lié à l’anthropologie qui ne facilite pas son appropriation.

Il apparaît nécessaire de mesurer et structurer cette connaissance afin de lui faire atteindre un niveau supérieur de formalisation et ainsi peut-être la rendre ⁽¹⁾ mieux intelligible et ⁽²⁾ mieux exploitable. Les passages successifs qui amènent de la connaissance culturelle à la réalité anthropologique à laquelle nous avons accès sont résumés par l’illustration 5.2.

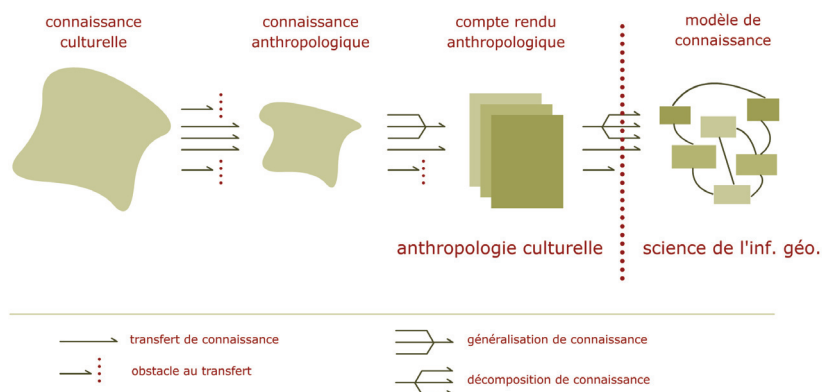


FIG. 5.2 Passage de la connaissance culturelle au modèle de connaissance.

Nous poursuivons notre propos par une description détaillée de la procédure de modélisation développée dans le but d’établir le modèle de la connaissance anthropologique.

6

De la connaissance anthropologique à son modèle

L'objectif principal de cette partie du travail est de permettre d'accéder à l'information qui constitue la connaissance anthropologique. Ce chapitre entre dans le vif du sujet en proposant une procédure novatrice de décomposition de la connaissance abstraite de l'anthropologue pour en extraire et par la suite structurer les faits observables qui la composent.

6.1 INTRODUCTION

L'objectif général de ce chapitre est de définir une démarche opérationnelle pour identifier¹ et déterminer² des phénomènes culturels constitutifs de la connaissance anthropologique et leurs interactions. Le but de la démarche adoptée est de mettre en évidence les faits qui seront mesurés et structurés par la suite.

Le contexte dans lequel s'insère l'application de la démarche la contraint d'un côté par la nature des systèmes d'information et de l'autre par celle de la connaissance anthropologique. Du point de vue des systèmes d'information, leur nature et leur caractère numérique impliquent que les données à intégrer soient "élémentaires"³ (Shannon, 1948), c'est-à-dire d'un niveau d'abstraction suffisamment bas pour pouvoir être encodées. Du point de vue de l'anthropologie culturelle, les structures conceptuelles qui lui sont associées sont ⁽¹⁾ d'un niveau d'abstraction élevé et

nature
numérique

abstraction
élevée

¹Nous adoptons la définition de l'identification proposée par Roland Prélaz-Droux (1995), à savoir que l'identification "...a pour objet de reconnaître précisément les phénomènes...".

²La détermination correspond à "...une délimitation précise des caractères essentiels d'un phénomène..." (Prélaz-Droux, 1995).

³Au sens de la base de donnée, une information est élémentaire lorsqu'elle peut être réduite à un mot ou un nombre. Elle est élémentaire soit par nature, c'est à dire qu'elle détient une identité propre, soit qu'elle constitue une unité en regard du problème étudié (Shannon, 1948).

(2) distinctes de celles propres à la science de l'information géographique (Fischer, 2004).

du phénomène
aux faits

Le besoin est ici de définir une démarche qui permette de passer du phénomène culturel, qui correspond à un champ d'abstraction élevée, aux faits tangibles qui le constituent. En d'autres termes, une démarche qui nous permette d'accéder aux éléments de la connaissance anthropologique. Nous présentons ci-dessous l'insertion théorique et les caractéristiques principales de la démarche de "décomposition" adoptée.

6.2 DU PHÉNOMÈNE CULTUREL AUX FAITS ANTHROPOLOGIQUES

La démarche de décomposition de la connaissance anthropologique adoptée pour les cas d'étude présentés (voir section 1.5) s'inspire des travaux de Tony Buzan (1996) en cartographie heuristique (Wikipedia, 2006c) et de Peter Checkland (1999) en "Soft Systems Methodology" (Wikipedia, 2006d).

identification
systématique
et progressive

La logique de cette démarche repose en premier lieu sur une identification et une détermination systématiques et progressives des concepts constitutifs du phénomène observé, allant du plus abstrait pour se rapprocher du concret (Checkland et Scholes, 1999). Itérative par nature, elle est concrétisée par un mouvement de va-et-vient entre le discours de l'anthropologue, détenteur de la connaissance culturelle et de la structure conceptuelle analysée (Sillitoe et al., 2005), et le "modélisateur" en science de l'information géographique. A ce dernier, nous attribuons le rôle de susciter la décomposition des concepts et d'identifier les informations.

schéma de
décomposition

Un premier processus de décomposition de la connaissance doit conduire à un éclatement de la connaissance anthropologique en concepts imbriqués et en interactions pour atteindre les faits anthropologiques⁴. Le schéma de décomposition⁵ s'en dégage progressivement.

modèle de
connaissance

Un deuxième processus de décomposition a pour objectif de transposer un fait, qui relève d'une perception anthropologique, en informations élémentaires, au sens de la ScIG : les entités, les propriétés et les relations. Ce processus produit un jeu d'informations qu'il s'agit, par la suite, d'organiser au sein d'un modèle de connaissance. Ce modèle présenté dans le détail par la suite correspond au noyau explicite de la connaissance anthropologique, part que la science de l'information géographique est à même de manipuler.

Cette approche a été appliquée aux cas d'étude ⁽¹⁾ des communautés indigènes du Darien et ⁽²⁾ de la société Wola. Afin d'illustrer la logique de notre démarche, nous utilisons le deuxième cas de décomposition de la connaissance anthropologique. Celui-ci est basé sur l'étude du matériel présenté à la section 5.4. Les choix sont motivés au fur et à mesure de la description. Cette présentation est suivie d'une

⁴Qui est du domaine du réel : le fait anthropologique correspond à une observation vérifiable ou mesurable, d'un champ d'abstraction faible.

⁵La terminologie associée au domaine de la cartographie heuristique voudrait que nous utilisions la dénomination "carte de décomposition" pour définir le produit de ce processus. En raison de l'ambiguïté qu'implique l'utilisation de cette métaphore à la carte géographique, nous prenons le parti d'utiliser le terme "schéma" à la place de "carte".

synthèse critique de notre démarche, laquelle soutient la définition des concepts de “modèle de connaissance” et de “noyau explicite”.

6.3 PROCESSUS DE DÉCOMPOSITION : CAS DE LA SOCIÉTÉ WOLA

Le processus de décomposition initié a débuté par l'identification des phénomènes culturels qui constituent les préoccupations principales de l'anthropologue vis-à-vis de la société Wola (voir figure 6.1). Cette première décomposition en thèmes centraux pourrait reprendre par défaut la division traditionnelle de l'objet de l'anthropologie culturelle⁶. Cependant, les thèmes adoptés ont été choisis par rapport à la culture en présence et aux préoccupations de l'anthropologue (Sillitoe, 1979; Sillitoe, 1998b).

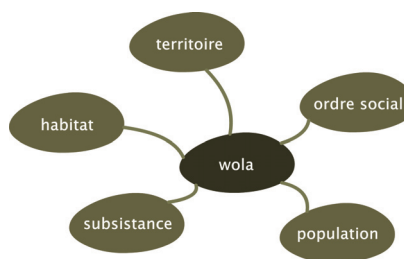


FIG. 6.1 Premier pas de décomposition de la connaissance en phénomènes culturels centraux.

Du concept au fait anthropologique

Nous poursuivons la présentation du processus de décomposition par l'illustration des pas qui nous amènent du phénomène culturel de la “subsistance” aux faits anthropologiques du “plantage” cultivé par un membre de la communauté (voir figure 6.2). La notion de “plantage” est empruntée au vocabulaire vaudois pour traduire au plus près le terme anglais “garden” utilisée par Paul Sillitoe (1979) dans sa documentation de la communauté Wola. Le plantage correspond à une surface de terre cultivée de petite taille et caractérisée par une culture vivrière diversifiée. Il définit un jardin potager qui n'est pas situé aux abords des habitations ou du village (Itten et Bastian, 1970).

L'éclatement progressif de la connaissance nous a permis d'atteindre un champ d'abstraction suffisamment faible pour laisser émerger des faits, tels que la caractérisation du plantage. Cette observation est mise en évidence à la figure 6.3, construite sur les faits suivants : “Un plantage présente une certaine surface. Il est associé à un groupe social et se trouve à une distance donnée du village (temps de marche)”. Les faits exprimés par cet exemple mettent en évidence l'existence de plusieurs types d'éléments qui les composent, à savoir des entités, des propriétés et des relations. Nous détaillons le processus d'élémentarisation des faits pour en extraire d'abord

⁶Nous faisons référence à la notion de quadrivium anthropologique qui divise la culture entre économie, politique, parenté et religion (Sillitoe, 1998b).

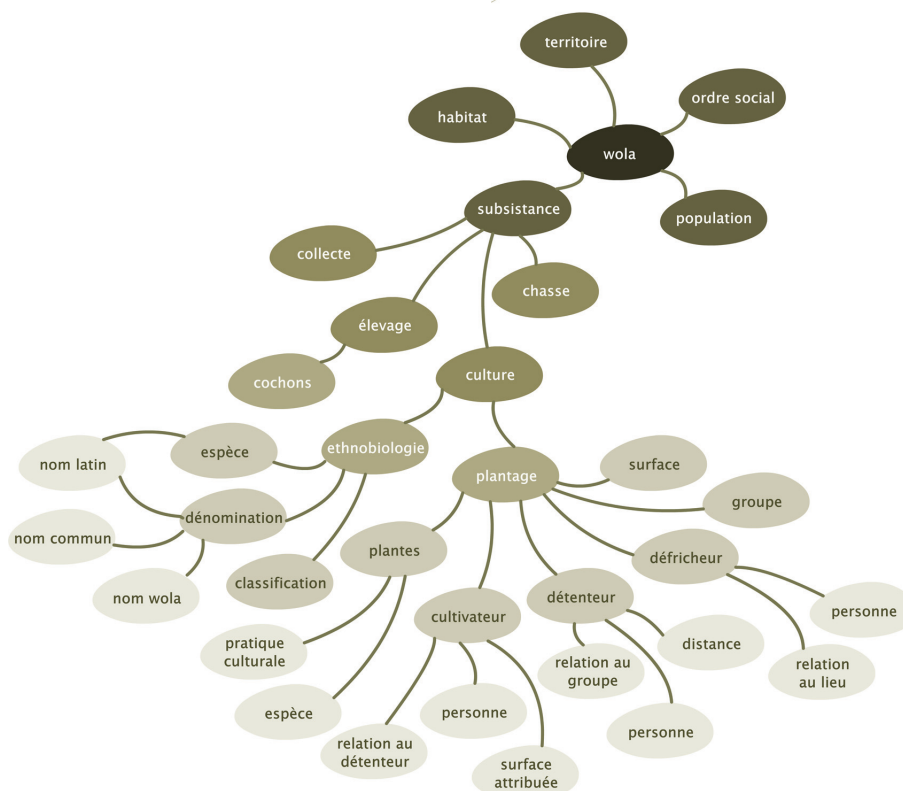


FIG. 6.2 Du premier au cinquième pas de décomposition du phénomène culturel de la “subsistance” au fait anthropologique “un plantage est détenu par une personne de la communauté. Cette illustration a pour objectif de symboliser les premiers pas de la démarche de décomposition. Elle joue un rôle de représentation symbolique et ne reflète par conséquent pas la richesse et les nuances propres à un schéma de décomposition complet.”

des entités, puis des relations. La détermination des éléments du plus bas niveau de la connaissance anthropologique constitue le premier aboutissement du processus de décomposition. L'ordre de décomposition correspond à une hiérarchisation des concepts dont les niveaux d'abstraction ne sont pas forcément constants entre les différentes “branches”.

Du fait anthropologique à l'entité

extraction des entités

L'étape qui suit nous a permis d'extraire les entités et leurs propriétés des faits par leur désagrégation. C'est à ce moment que nous atteignons l'information élémentaire visée. Cette étape correspond en un sens à une décomposition. Elle se distingue toutefois de la précédente car elle n'est pas le produit de l'expertise anthropologique, mais de celle du modélisateur. Notons qu'une différence substantielle existe entre la hiérarchie du fait anthropologique, par exemple “le plantage X a une surface de Ym^2 ” et celle de l'information élémentaire qui le constitue, pour notre exemple

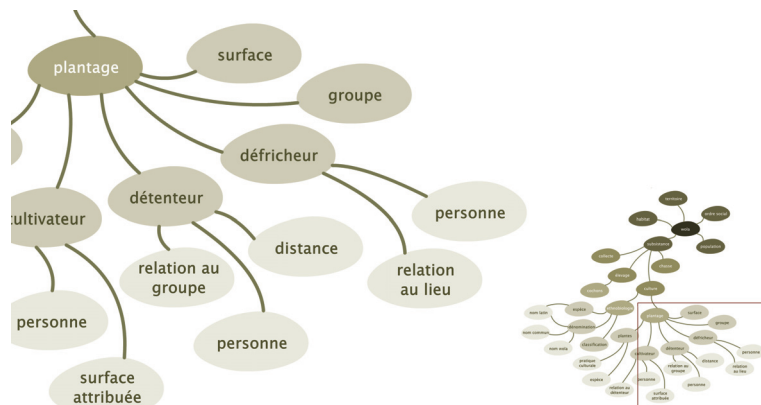


FIG. 6.3 Mise en évidence du concept de “plantation” dans les derniers pas de décomposition.

“entité : plantation”, “occurrence d’entité = X ”, “propriété : surface en m^2 ”, “valeur de propriété = Y ”. Cette différence est illustrée⁷ à la figure 6.4.

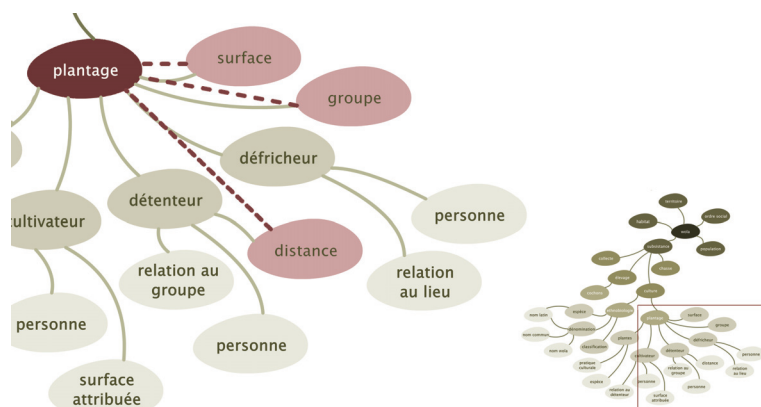


FIG. 6.4 Identification et détermination des entités dans les faits anthropologiques, exemple du “plantation”.

Les entités principales que nous avons mises en évidence sont les suivantes (voir figure 6.5).

- la **personne**, membre de la communauté ou individu externe à celle-ci ;
- le **plantation**, petit champ localisé dans l’espace de la communauté sur lequel sont pratiquées les cultures levées par l’anthropologue lors de campagnes de terrain ;
- la **maison**, habitat des membres de la communauté localisée lors du recensement de la population par l’anthropologue ;

⁷Les figures associées à la décomposition de la connaissance anthropologique sont présentées à titre illustratif. Dans un souci de conserver une lecture optimale, nous avons pris le parti de limiter l’information présentée. De fait, les concepts et faits mis en évidence sont loin d’être exhaustifs.

plusieurs relations qui lient les entités mises en évidence au préalable ont pu être identifiées. Les relations observées sur le cas d'étude Wola sont décrites ci-dessous. Elles découlent pour une majorité d'entre elles d'actes sociaux. Nous présentons d'abord les relations au caractère anthropologique fort, pour terminer par celles dénuées de toute composante anthropologique évidente. L'anthropologue verra dans la description de certaines d'entre elles une généralisation forte de sa perception du concept sous-jacent. Nous justifions cet aspect de la présentation par le besoin de concentrer notre propos sur le caractère méthodologique de notre approche.

- La relation de parenté correspond aux liens de descendance (relation verticale) et d'affinité (relation horizontale) entre membres d'une communauté (Barnard et Spencer, 2002; Read, 2000). Ceux-ci sont regroupés sous le terme de famille, *sem* en Wola (Sillitoe, 1979). Ce type de relation est une composante importante de la connaissance anthropologique car nombre de règles internes à la communauté sont régies par le lien de parenté. Nous pensons notamment au droit d'usage des terres déterminé par l'appartenance, à des degrés divers, à la famille (C. Perafan, commentaire personnel). Le lien de parenté est un lien explicite. La figure 6.6 positionne cette relation dans le schéma de décomposition.

relation de parenté

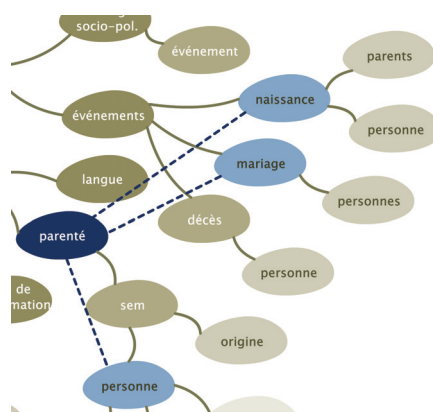


FIG. 6.6 Relation de parenté : l'affinité par mariage et la descendance par naissance qui en découlent.

- L'appartenance d'une personne à un groupe social, *semgeⁿk* en Wola ou une communauté, *semonda*, en dehors de celle à la famille mentionnée ci-dessus, constitue une relation entre les individus. Cette relation est implicite en ce sens qu'elle regroupe des personnes par la valeur d'une de leur propriété (processus connu sous le nom d'agrégation par valeur en ScIG (Golay, 1992)).
- Au sein de la société Wola, des échanges socio-politiques prennent place (Sillitoe, 1998b). L'ordre social au sein de sociétés dites acéphales telles que les Wola de Papouasie Nouvelle-Guinée est garanti par ces échanges (Sillitoe, 1979; Sillitoe, 1998b). Ils ont lieu lors d'événements particuliers au sein de la communauté (décès, mariage,...). Chez les Wola, ils se matérialisent principalement par des coquillages et des cochons. La qualité et la quantité des biens impliqués définissent l'intensité des relations. Ce jeu tisse des liens entre les membres de la communauté, assurant la stabilité sociale de celle-ci. Les échanges entre individus sont observés ou relatés. La relation d'échange comprend tous les liens entre personnes qui ne sont pas régis par la parenté et

relation d'appartenance

relation d'échange

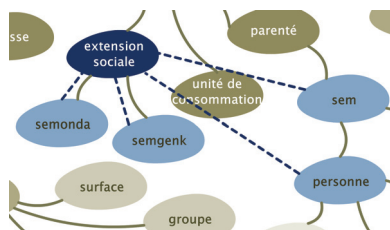


FIG. 6.7 Relations d'appartenance.

l'appartenance à un groupe social. Elle regroupe tout échange de biens quelle qu'en soit sa nature ou sa motivation. La position au sein du schéma de décomposition de ce type de lien entre personnes est illustrée à la figure 6.8).

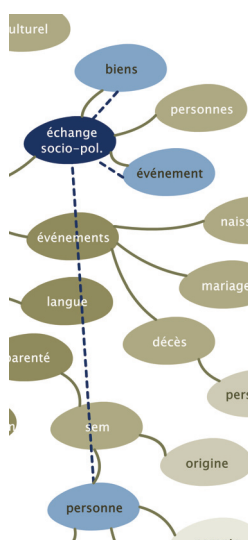


FIG. 6.8 Relations d'échange.

relation de jouissance

- Le droit d'usage des terres, l'accès aux ressources ou encore la possession d'un bien sont des exemples caractéristiques de relation entre un individu et une chose qui prennent place au sein de la société Wola. Nous les regroupons sous le terme de relation de jouissance. Ce type de relation s'insère dans le schéma de décomposition. Les différentes relations qui lient un individu au plantage ou à l'habitat dans la communauté Wola l'illustrent. Cinq relations de ce type sont identifiées : le droit d'exploitation d'un plantage accordé à un homme, le droit de le cultiver accordé à une ou plusieurs femmes, la relation historique au défricheur initial du terrain, ainsi que le droit de détenir ou d'habiter une maison. Ces relations sont représentées à la figure 6.9.

relation de classification

- Les plantages font partie d'un même groupe social (Sillitoe, 1979) ou encore présentent une pratique culturelle identique par exemple. Ce trait commun permet de les regrouper selon un processus d'agrégation par valeur, pour en déduire des caractéristiques globales telles que la surface totale dédiée à la

En résumé, cette démarche novatrice repose sur une décomposition préalable de la connaissance anthropologique, dissection des concepts abstraits opérée par l'anthropologue jusqu'aux faits. Le produit de cette première étape correspond au schéma de décomposition. Une deuxième phase correspond à un processus d'élémentarisation des faits identifiés par le modélisateur en ScIG. Elle aboutit à la formulation d'une liste d'entités, de propriétés et de relations élémentaires.

Le portrait de cette démarche novatrice est complété aux sections suivantes par une analyse de ses apports et de ses limites. Nous commençons par décrire son produit, le "modèle de connaissance", lequel correspond à une organisation des éléments identifiés. Par la suite, un aperçu des difficultés rencontrées lors de la décomposition de la connaissance anthropologique est donné. Pour terminer, les limites et l'apport de cette démarche par la définition de la notion de "noyau explicite" sont détaillées.

6.4 QUEL PRODUIT DE LA DÉCOMPOSITION ? LE MODÈLE DE CONNAISSANCE

modèle de
connaissance

L'identification et la détermination des éléments de la connaissance par sa décomposition nous permettent de présenter une vision synthétique des phénomènes. Cette dernière repose sur la définition d'un modèle des concepts issus de la connaissance anthropologique⁹.

Nous adoptons un formalisme simple afin de représenter les éléments identifiés que sont les entités, leurs propriétés et les relations qui les lient dans la connaissance anthropologique. Nous les complétons par l'ajout de la notion de "thème" dont le rôle est de classer (agrèger) les entités par nature. Ainsi, le thème n'a d'autre fonction que de reprendre les axes anthropologiques mentionnés très tôt dans le processus de décomposition et ainsi organiser le modèle. La figure 6.10 illustre la charte graphique appliquée au modèle de connaissance dans ce travail. Celle-ci s'inspire de la représentation schématique associée à la modélisation hypergraphique (Saint-Gérand, 2005), sans pour autant en reprendre les concepts.

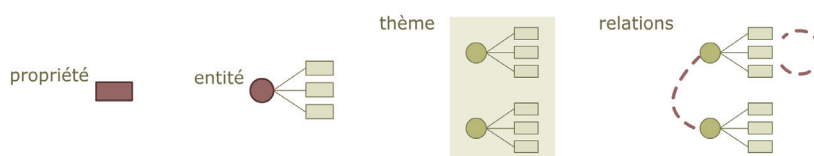


FIG. 6.10 Charte graphique appliquée au modèle de connaissance.

Le modèle de connaissance présenté à la figure 6.11 est une synthèse des faits anthropologiques extraits du cas d'étude Wola.

Celui-ci correspond au produit de la démarche de décomposition. Notons que l'intérêt réside dans la démarche novatrice proposée, plus que dans le modèle qui

⁹Pour des raisons de lisibilité, nous utiliserons par la suite la dénomination "modèle de connaissance" comme substitut de "modèle de concepts issus de la connaissance anthropologique".

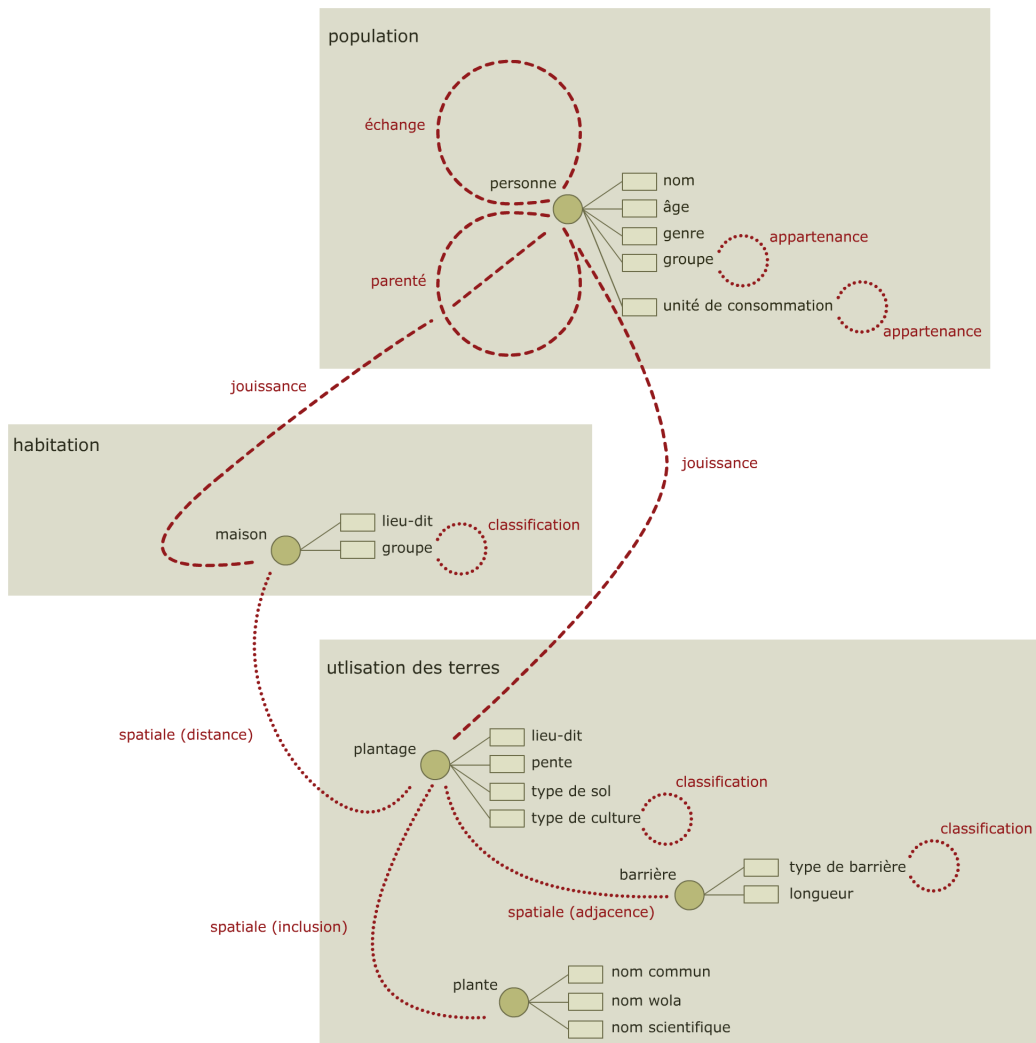


FIG. 6.11 Modèle de connaissance associé à la communauté Wola.

en résulte. Le choix de faire ressortir l'aspect méthodologique de celle-ci plutôt que de présenter un modèle type de connaissance anthropologique est guidé par les observations suivantes. Proposer un modèle "universel" nécessiterait la prise en considération de toute la diversité que composent les communautés indigènes étudiées. Un tel modèle reste inaccessible, pour reprendre les termes de Bernard Walliser (1977, p.123), et aurait pour effet de gommer les spécificités de chaque cas anthropologique étudié. Nous rejoignons en ce sens les critiques faites par Nicholas Chrisman (2000) et William Pike (2006) à l'encontre des approches ontologiques (voir page 52). intérêt méthodologique

6.5 QUELLES DIFFICULTÉS À DÉCOMPOSER LA CONNAISSANCE ?

Nous présentons ci-dessous deux difficultés observées lors de la décomposition de la connaissance anthropologique.

- | | |
|----------------------------|--|
| barrières
sémantiques | La première tient dans la richesse des concepts anthropologiques et dans le vocabulaire qui leur est associé. La démarche d'élémentarisation de la connaissance a rencontré un écueil majeur lié à la nature de cette connaissance. Les trois observations suivantes le mettent en évidence. Elles découlent de l'expérience acquise des cas de la société Wola et du Darien. |
| détermination
équivoque | – La définition univoque des phénomènes qui relèvent de la connaissance culturelle constitue une difficulté. Ceci est une conséquence directe de la nature de la culture dont les traits principaux sont qu'elle est peu formelle et ne dispose pas de référence matérialisée (voir section 5). Ainsi, seule la reconnaissance d'un phénomène commun à la majorité de la communauté est documentée par l'anthropologue. C'est cette part uniquement qui nous est accessible. |
| identification
ambiguë | – Le caractère polysémique de la connaissance culturelle est fort (Pottier et al., 2003) et se reporte à la connaissance anthropologique. Les pratiques culturelles en sont un exemple. Il est dès lors nécessaire de "désambiguïser" les éléments de connaissance. Cette opération se solde souvent dans la pratique par un lissage sémantique qui engendre une perte de richesse si aucune attention n'est portée à la méthode utilisée. Pour cela, toute notion ambiguë devra être désagrégée en autant d'éléments qu'elle renferme de significations. |
| nuance
imperceptible | – Le degré de nuance que peuvent receler certains éléments de la connaissance constitue une difficulté supplémentaire à gérer. Si ce degré est trop fin, alors il en découle des différences peu perceptibles pour les autres disciplines. Ceci a pour effet qu'elles ne sont pas prises en compte. Dès lors, il y a lieu de les rendre "visibles" sans quoi elles risquent d'être regroupées sous une notion unique : il s'agit d'un phénomène de fonte du signifié déjà relevé par Johan Pottier (2003). Les nombreux cultivars de la patate douce sont un exemple (Sillitoe, 1983). Dans le même temps, il s'agit de respecter le principe de parcimonie, connu également sous le nom de rasoir d'Occam (XIV ^e siècle), qui veut que la pluralité des notions ne soit pas posée sans nécessité réelle. |
| cohésion des
concepts | La deuxième difficulté tire son origine de la force de cohésion élevée des concepts anthropologiques. Cette caractéristique, observée lors de la mise en pratique du processus de décomposition, impose une résistance et restreint l'accès aux faits anthropologiques. Elle se manifeste par la difficulté pour l'anthropologue de détacher son discours d'un champ d'abstraction élevé. Le rôle du "modélisateur" est d'autant plus important pour forcer la décomposition de la connaissance jusqu'à l'identification des informations élémentaires. |

6.6 QUELLE PART DE LA CONNAISSANCE RETENIR ? LE NOYAU EXPLICITE

- | | |
|--------------------|--|
| noyau
explicite | Le modèle de connaissance correspond à la part explicite de la connaissance anthropologique : le noyau explicite. C'est-à-dire qu'il ne prend en considération que |
|--------------------|--|

l'information qu'il est possible d'extraire des faits anthropologiques. L'interprétation que fait l'anthropologue de ses observations, la perception qu'il gagne peu à peu de la réalité de la communauté, et la compréhension qu'il en a sont autant d'éléments qu'il n'est pas possible d'intégrer au modèle. Le ressenti et l'affectif sont d'autres facettes de la connaissance qui ne peuvent pas être intégrées. Ainsi, le modèle établi sur la base du "noyau explicite" offre une vision réduite de la connaissance anthropologique (voir figure 6.12). Ceci met en évidence la capacité et la limite des approches en sciences de l'information géographique à intégrer la connaissance anthropologique. Nous répondons ainsi à la deuxième question formulée en tête de partie (voir page 48), à savoir

quelle part de cette connaissance sommes-nous capable d'intégrer au système d'information ?

→ **Le noyau explicite de la connaissance anthropologique.**

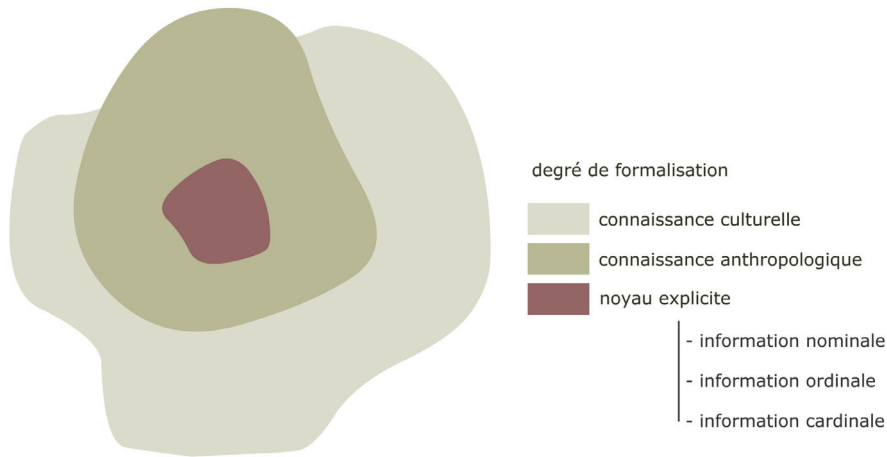


FIG. 6.12 Noyau explicite dans le modèle simplifié de la connaissance anthropologique. Ce schéma présente simultanément une notion ensembliste par la topologie, et une notion de formalisation par la sinuosité des formes.

La mesure des éléments de la connaissance anthropologique fait émerger plusieurs dimensions de celle-ci. Ces dimensions, nous le verrons, recouvrent en grande partie celles reconnues en science de l'information géographique. Nous les présentons ci-dessous.

- L'énumération des traits d'une communauté pour la décrire, à l'exemple de ceux du plantage (voir table 6.1), met en évidence le recours systématique de l'étude anthropologique aux attributs thématiques. Ces attributs définissent la **dimension thématique** de la connaissance anthropologique. Cette dimension considère la caractérisation de la communauté, de ses éléments (modes d'habitat et de subsistance, organisation sociale, etc.) et de son fonctionnement. Elle est centrale à l'étude anthropologique. Nous observons qu'elle constitue une part importante des éléments du modèle de connaissance.
- La reconnaissance et la détermination de l'emplacement des plantages et des **dimension spatiale**

habitations de la communauté font référence à la **dimension spatiale** de la connaissance. Cette dimension correspond à l’ancrage des éléments de la connaissance dans l’espace géographique. Elle est essentielle à la science de l’information géographique, et a fait l’objet d’une présentation détaillée à la section 2.3.

- dimension relationnelle
- La diversité des relations sociales qui prennent place au sein de la communauté (la jouissance, l’échange ou encore la parenté et l’appartenance) peut être contenue sous la notion générique de **dimension relationnelle**. Celle-ci considère l’ensemble des relations et interactions qui prennent place au sein de la communauté. Centrale à l’étude anthropologique d’une communauté, cette dimension n’est pas reconnue en tant que telle en science de l’information géographique, et se voit intégrée à la dimension thématique.
- dimension temporelle
- L’étude anthropologique repose sur l’observation d’événements particuliers, sur des recensements systématiques des populations ou encore sur des enquêtes de terrain. Tous prennent place à une date précise ou sur une période donnée. Ainsi, la **dimension temporelle** de la connaissance anthropologique est importante. Cette dernière correspond à l’ancrage des éléments de la connaissance dans le temps. Il est important d’observer que certaines entités de la connaissance anthropologique, telles que le “plantage”, peuvent être caractérisées par des propriétés statiques, telles que le lieu-dit, et par d’autres qui évoluent avec le temps, par exemple le type de culture pratiquée ou encore les cultivateurs (voir table 6.1).

TAB. 6.1 Jeu incomplet des propriétés de l’entité “plantage”.

<i>Propriété</i>	<i>Description</i>	<i>Caractère temporel</i>
Lieu-dit	Nom Wola du lieu	Statique
semg^enk	Communauté	Evolutif
Surface	Aire mesurée	Evolutif
Pente	Classe de pente	Statique
Plante	Culture principale	Evolutif

A la section 2.3, nous avons présenté les trois premières dimensions de la connaissance comme étant complémentaires et donc juxtaposables. Nous ajoutons à ce stade une quatrième dimension, la dimension temporelle. Celle-ci n’est pas perçue comme complémentaire aux autres, mais transversale (voir figure 6.13). Nous justifions ce choix du fait qu’elle n’est pas considérée pour elle-même dans ce travail, mais vient caractériser les autres, notamment en définissant l’aspect temporel des données acquises, par exemple, lors d’un recensement. Dans ce cas, le temps affecte directement la métadonnée.

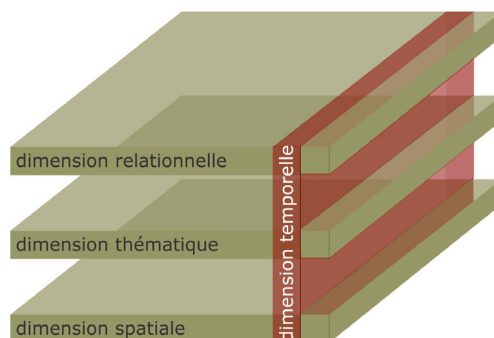


FIG. 6.13 Dimension temporelle ajoutée aux dimensions géographique, thématique et relationnelle.

De la considération seule du noyau explicite de la connaissance découle une perte de richesse. Celle-ci est souvent la cause du rejet des approches quantitatives et formelles par certains acteurs de l'anthropologie culturelle (voir section 3.8). Toutefois, nous formulons l'hypothèse selon laquelle la perte de richesse induite serait compensée par le gain de nouveaux éclairages apportés par l'analyse et la représentation des données. Cette hypothèse est à l'origine du deuxième objectif adopté (voir section 1.3), qui est traité en troisième partie de ce travail.

Nous continuons notre propos au chapitre suivant par la description du passage au modèle conceptuel de données propre à la science de l'information géographique.

7

La structuration des données culturelles

Le modèle de connaissance établi au chapitre précédent ne correspond pas à une structuration au sens de la science de l'information géographique. Nous détaillons maintenant le passage de ce modèle au modèle conceptuel de données. L'adéquation des structures offertes par la SciG pour organiser le noyau explicite de la connaissance anthropologique est évaluée.

7.1 PRINCIPE DE STRUCTURATION DES DONNÉES

Le modèle de connaissance anthropologique formulé, nous pouvons passer à la transposition de celui-ci au modèle conceptuel de données tel que nous le connaissons en science de l'information géographique. Celui-ci se base sur l'algèbre relationnelle définie par Edgar Codd en 1970. La démarche adoptée pour transposer les éléments d'un modèle à l'autre repose sur la reprise systématique des éléments mis en évidence par la phase préalable de décomposition. Celle-ci s'opère dans l'ordre d'identification des éléments, à savoir que nous commençons par les entités pour terminer par les relations. Nous prenons le parti de parler du "modèle conceptuel des données" sous la dénomination simplifiée de "modèle conceptuel".

7.2 TRANSPOSITION DES ENTITÉS AU MODÈLE CONCEPTUEL

La transposition des entités du modèle de connaissance au modèle conceptuel revient à définir des classes (voir formalisme UML à la section 4.4). Celle-ci est opérée de manière naturelle pour la dimension thématique des entités issues de la connaissance anthropologique (voir modèle conceptuel complet à la page 86). Les dimensions temporelle et spatiale ont, quant à elles, impliqué des choix particuliers que nous exposons ci-dessous.

Les entités “personne” et “plantation” présentent toutes deux certaines propriétés statiques et d’autres évolutives. Du point de vue des données, le caractère évolutif des attributs d’une classe implique que nous les considérons différemment des autres. Selon Yvan Bédard (2004) l’aspect temporel peut être associé à l’attribut ou à la classe. Dans notre cas, l’évolution des attributs se fait ⁽¹⁾ à intervalles irréguliers lors de recensements, et ⁽²⁾ pour tous les attributs en même temps. Ainsi, nous faisons le choix d’associer la dimension temporelle au niveau de la classe. Toutefois, tous les attributs de la classe ne sont pas temporels. En réponse à cette observation nous choisissons de traduire l’entité “personne” par deux classes “personne” et “biographie”. La première est statique, la deuxième évolutive. La notion de “version” vient caractériser la seconde. Une association les lie. De manière analogue, nous traduisons l’entité “plantation” par les classes “parcelle” (statique) et “plantation” (évolutive) et leur association. La figure 7.1 illustre les structures UML associées à ces deux entités. Nous ajoutons aux classes évolutives un pictogramme (t), symbole de leur dimension temporelle.

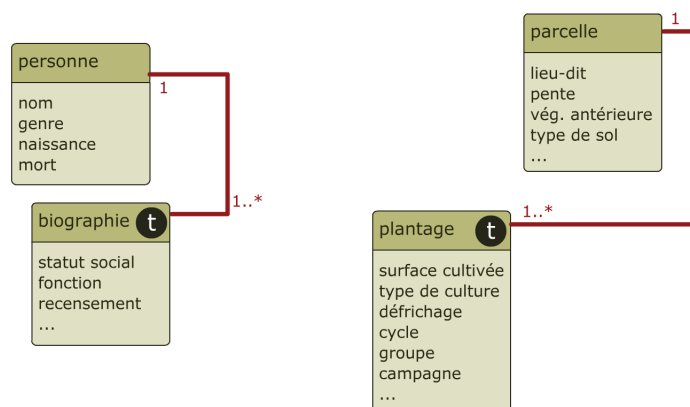


FIG. 7.1 Classes et associations représentatives des entités “personne” et “plantation” : gestion de la temporalité de certains attributs en classes distinctes.

Les entités “plantation”, “maison” et “barrière” présentent une dimension spatiale évidente. Leur localisation dans l’espace géographique est observable et mesurable. Le plantation correspond à une aire cultivée. La surface qu’elle représente a de l’importance pour la problématique de la gestion et de l’utilisation des terres. Nous choisissons de lui associer un ancrage surfacique qui correspond aux limites physiques du plantation dans la réalité. Au niveau du modèle conceptuel, nous rapportons cet ancrage spatial à la classe “parcelle” du fait de son caractère statique (voir figure 7.2). La maison correspond à un emplacement dans l’espace géographique. Dans la problématique qui nous occupe ; la géométrie de cet objet n’est pas importante. Nous adoptons un ancrage ponctuel pour cette entité, laquelle est rapportée directement à la classe correspondante (voir figure 7.2). Le cas de la barrière est particulier en ce sens que malgré sa dimension spatiale évidente, cette entité n’a pas donné lieu à un levé de sa géométrie dans le terrain. De fait, nous ne lui attribuons pas de dimension spatiale dans le cas présent, mais aurions pu le faire avec un ancrage linéaire.

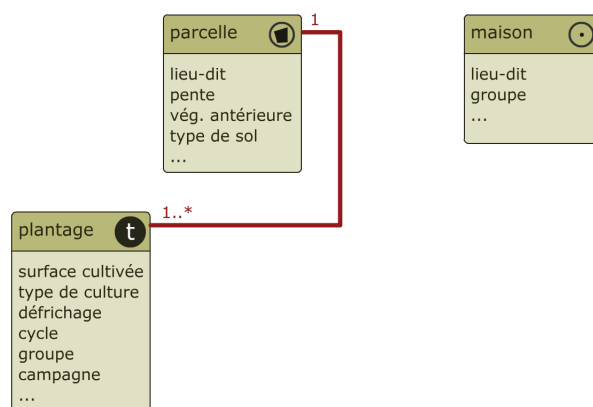


FIG. 7.2 Dimension spatiale des entités “plantation” et “maison” reportée sur leurs classes.

7.3 TRANSPOSITION DES RELATIONS AU MODÈLE CONCEPTUEL

Nous présentons ci-dessous les solutions de structure adoptées pour modéliser les relations identifiées lors de la décomposition des concepts anthropologiques. Nous conservons l’ordre dans lequel elles ont été introduites au chapitre précédent.

Relation de parenté

Nous choisissons de traduire la **relation de parenté** dans le modèle conceptuel par deux associations qui considèrent séparément les concepts d’affinité (relation horizontale) et de descendance (relation verticale). La relation d’affinité donne naissance à la classe “partenariat”. Des caractéristiques, telles que le type de partenariat en présence, lui sont associées. Elle est liée à la classe “biographie” par une association, considérant ainsi les individus impliqués dans le partenariat à un moment donné de leur existence. La relation de descendance donne naissance à la classe du même nom. Nous lions cette classe par une association ⁽¹⁾ à la classe “personne” (et non pas à la classe “biographie”, du fait de son atemporalité) et ⁽²⁾ à la classe “partenariat” définie plus haut. Remarquons que nous aurions pu intégrer les attributs de cette classe “descendant” directement à la classe “personne”. Cependant, nous ne le faisons pas pour des raisons de compréhension du concept de parenté dans sa globalité. Le schéma conceptuel des données est représenté à la figure 7.3.

Relations d’appartenance et de classification

La **relation d’appartenance**, comme la **relation de classification**, est implicite. Toutes deux correspondent à un processus d’agrégation par valeurs, et sont fondées sur la reconnaissance d’entités dont les attributs ont des valeurs identiques. Le fait d’appartenir à un groupe social pour des personnes, celui de présenter des cultures similaires pour des plantages sont des exemples.

Du point de vue de la modélisation des données, ceci ne constitue pas un élément en soi. Elle ne sera ainsi pas représentée dans le modèle conceptuel.

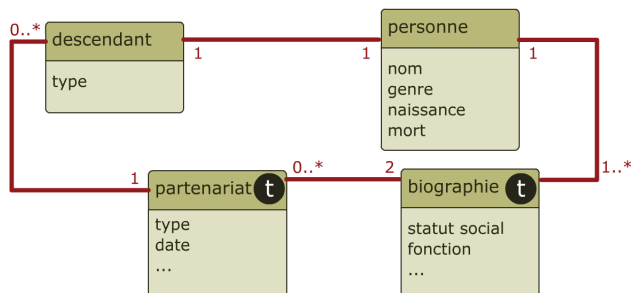


FIG. 7.3 Modèle conceptuel de la relation de parenté donnant naissance aux classes “partenariat” et “descendant”.

Relation d’échange

Pour la relation d’échange, la structure adoptée doit permettre de conserver toute la richesse de l’information relative à cet événement social. De fait, nous lui associons deux classes dans le modèle conceptuel. Celles-ci sont la classe “échange”, dont le rôle est de contenir l’information relative au contenu même de l’échange, et la classe “événement” qui permet de contextualiser l’échange en question. Ces deux classes sont liées entre-elles par une association (voir figure 7.4). La classe “échange” est également liée à la classe “personne” par une association. Cette dernière permet de faire la relation entre les individus impliqués dans l’échange.

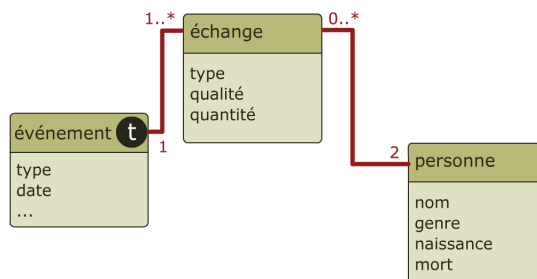


FIG. 7.4 Modèle conceptuel de la relation d’échange donnant naissance aux classes “échange” et “événement”.

Relation de jouissance

Le concept qui régit la relation de jouissance nous paraît correspondre à la classe-association en UML. En effet, cette dernière offre la particularité de pouvoir caractériser la relation entre deux classes en lui associant une nouvelle classe. Les relations de jouissance identifiées au chapitre précédant sont de cinq types, à savoir la détention, la culture ou le défrichage d’un plantage ainsi que la détention ou l’utilisation d’une maison. Nous attribuons à chacune une classe-association spécifique (voir figure 7.5), malgré le fait qu’elles soient très similaires et/ou lient les mêmes classes. Ce choix est justifié de deux manières différentes. Premièrement, nous observons que, dans la majorité des cas, les attributs portés par la classe-association

sont différents. Cela implique l'utilisation de classes spécifiques, dans un souci de minimiser les structures attributaires vides. Deuxièmement, des relations peuvent lier les mêmes entités dans le modèle de connaissance, mais lier des classes distinctes dans le modèle conceptuel. C'est le cas notamment pour le concept de défricheur qui est lié à la classe statique de l'entité "plantage" et pour le concept de cultivateur qui lui est lié à la classe évolutive (voir figure 7.5).

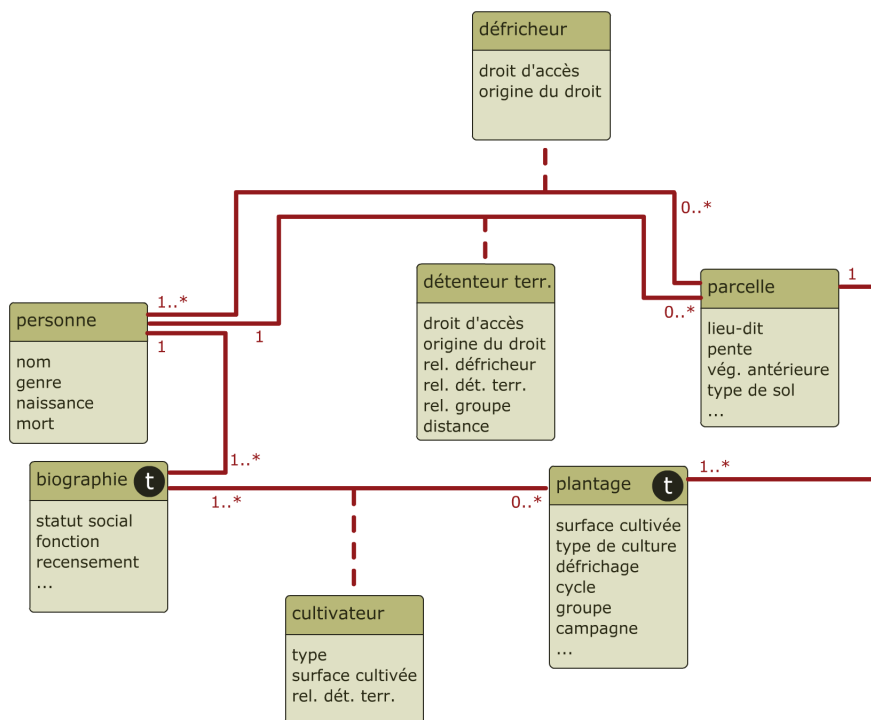


FIG. 7.5 Modèle conceptuel de la relation de jouissance donnant naissance aux classes "défricheur", "cultivateur" et "détenteur".

Relation spatiale

Les relations spatiales qui s'établissent entre les objets de la connaissance anthropologique sont implicites. Elles relèvent de la géométrie et de la position dans l'espace géographique de ces objets. La pratique en science de l'information géographique veut que celles-ci ne soient pas représentées dans le modèle conceptuel. Leur existence relève de l'analyse spatiale ultérieure.

7.4 SYNTHÈSE DU PASSAGE AU MODÈLE CONCEPTUEL

Le modèle conceptuel associé au modèle de connaissance établi au chapitre 6 pour le cas d'étude de la société Wola est présenté dans son entier à la figure 7.6. Nous présentons ci-dessous une synthèse critique du passage d'un modèle à l'autre.

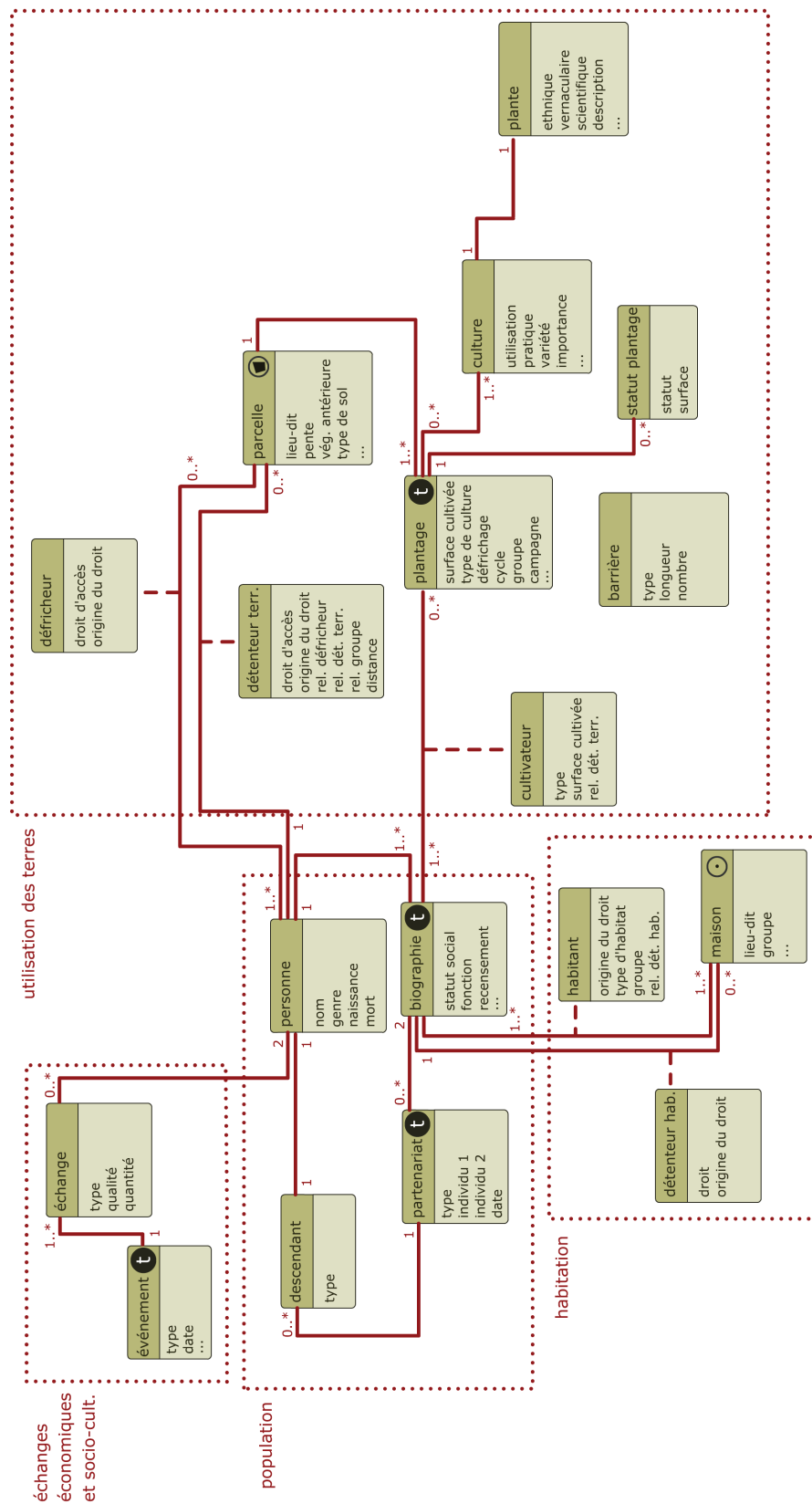


FIG. 7.6 Modèle conceptuel associé à la communauté Wola.

Adéquation des structures conceptuelles

La transposition du modèle de connaissance au modèle conceptuel est pour nous un moyen d'identifier le potentiel et les limites de nos structures conceptuelles pour recevoir les éléments de la connaissance anthropologique. En ce sens, le processus de transposition nous permet de répondre à la troisième question de recherche posée à la page 48, à savoir

les champs de structuration conceptuelle dont nous disposons sont-ils adaptés à la modélisation des phénomènes culturels observés ?

→ **Oui, mais de façon partielle.**

L'adéquation de nos structures conceptuelles pour modéliser l'entier des éléments explicites de la connaissance anthropologique reste partielle. Cette affirmation tire sa justification de l'observation de certaines structures relationnelles qui ne font pas l'objet d'une transposition au modèle conceptuel. Il s'agit des relations dites implicites, au sens de la ScIG. Nous ne remettons pas en cause ce choix méthodologique. Notons toutefois qu'il a pour effet de rendre invisibles des concepts pourtant importants aux yeux de l'anthropologue. Ces observations justifient que nous nuancions notre propos. Le processus de modélisation conceptuelle considéré seul ne permet pas de considérer le noyau explicite dans sa globalité. La part de ce dernier qui n'est pas transposée au modèle conceptuel réapparaît ultérieurement, au niveau de l'analyse des données. Ainsi, seule l'association de la modélisation et de l'analyse permet de considérer l'entier du noyau explicite.

Cette observation est renforcée par un constat de décalage entre les perceptions propres à chaque discipline. L'anthropologue a une vision de la dimension spatiale de sa connaissance différente de celle du modélisateur en science de l'information géographique. Nous illustrons cette dernière affirmation par l'exemple suivant. La personne est une entité auquel l'anthropologue attribue une dimension spatiale du fait qu'il peut la localiser. Pourtant, notre perception de modélisateur est que cette dimension spatiale est indirecte. C'est au travers de sa relation à l'habitat que la localisation s'établit. Elle n'est de fait pas intégrée comme telle au modèle conceptuel.

En résumé, le passage au modèle conceptuel est une réduction de la part du noyau explicite qu'il est possible d'intégrer à la structure de données. Il constitue vraisemblablement une limite à son adoption du point de vue anthropologique. Cependant, il faut voir cette première étape comme le moyen d'établir un catalogue de pièces détachées (les classes) accompagnées d'une esquisse de montage (les associations) dont l'analyse ultérieure tirera profit.

Entorses aux règles de modélisation

Tout processus de modélisation d'une réalité se distancie en partie du modèle idéal au sens de la base de données (Parent et al., 2006). Cet idéal est contenu dans une série de règles de modélisation dont les buts principaux sont ⁽¹⁾ d'observer le principe d'élémentarité de l'information et ⁽²⁾ de limiter les incohérences et redondances dans les données. La normalisation de la structure de données est progressive. Elle est constituée de paliers successifs, les formes normales. Évaluer le modèle revient pour

pendants, la communauté pouvant être déduite du groupe. Cette entorse aux règles de normalisation peut aisément être évitée en introduisant une classe relative aux groupes sociaux et communautés.

En résumé, le modèle conceptuel proposé pour le cas d'étude de la société Wola répond de manière satisfaisante aux contraintes de la modélisation des données. Cette observation sera reprise en conclusion de la partie III dans le but de cerner la validité des modèles présentés.

Conclusion intermédiaire

Nous concluons cette partie III par une synthèse de la démarche de traduction et de structuration de la connaissance anthropologique proposée dans le contexte de la science de l'information géographique.

La démarche exploratoire adoptée répond aux questions formulées en introduction, dans la mesure où elle associe étroitement l'anthropologue, respecte sa logique dans une première étape, et établit un modèle conceptuel par l'intermédiaire du modèle de connaissance. La figure C.I.1 illustre toute la démarche, et complète ainsi la figure 5.2. Elle met bien en évidence le rôle des étapes intermédiaires qui permettent une transition progressive de la connaissance anthropologique au modèle conceptuel propre à la science de l'information géographique.

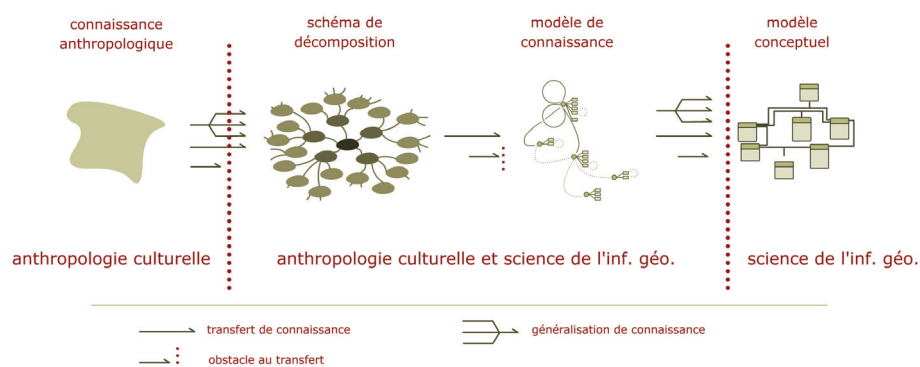


FIG. C.I.1 Passage de la connaissance anthropologique au modèle conceptuel de données.

Notre procédure confirme le rôle essentiel joué par le modèle, comme l'ont formulé Nicole Mathieu (2005) et Nadine Schuurman (2002). Il offre une procédure de rôle des modèles

simplification progressive et maîtrisée d'un ensemble complexe de connaissances. De surcroît, elle le rend mieux intelligible pour les autres disciplines. Il favorise ainsi leur rapprochement à l'anthropologie culturelle en établissant un lien *quasi* continu entre elles. Ceci contribue à une meilleure compréhension mutuelle. A cet effet positif, il convient d'opposer l'effet inévitablement réducteur de la modélisation conceptuelle de la connaissance anthropologique, si diverse et nuancée.

Rôles spécifiques des modèles de connaissance et conceptuel

Il ressort de la synthèse du passage au modèle conceptuel que les deux modèles établis ont des rôles différents et complémentaires. Un regard rétrospectif sur leur mise en oeuvre nous permet de faire les constats suivants.

- Le modèle de connaissance joue le rôle clé d'interface entre l'anthropologue et le modélisateur en ScIG. Ce modèle analogique intermédiaire est sémantiquement plus riche que le modèle conceptuel. En effet, il contient la totalité des éléments du noyau explicite (voir section 7.4). De plus, son caractère abstrait (voir section 6.4) le rend proche de la logique de l'anthropologue, et donc "saisissable" par ce dernier. Notons que ce rôle lui revient également par la faible capacité du modèle conceptuel à servir cet objectif de créer un pont entre les deux disciplines.
- Le modèle conceptuel correspond à une conceptualisation trop distante de la perception de l'anthropologue pour servir de support de discussion entre les deux disciplines. Il peut par conséquent difficilement constituer un objet de dialogue entre elles. Il reste toutefois l'outil de base de l'analyste en science de l'information géographique.

Ces éclairages des rôles explicités de chaque étape nous paraissent constituer un apport déterminant pour établir le dialogue entre le spécialiste en ScIG et l'anthropologue.

Caractère itératif de la modélisation

Ce processus en trois étapes ne se fait pas en un seul passage. Il est de nature itérative, comme nous l'avons mentionné. Ce n'est que par un dialogue fréquent entre les deux disciplines que les résultats sont obtenus. Formellement, trois itérations ont été mises en évidence. Nous les énumérons ci-dessous. La figure C.I.2 illustre leur insertion dans le schéma du processus de modélisation de la connaissance anthropologique.

1. La première est interne au processus de décomposition de la connaissance anthropologique. Elle est concrétisée par le va-et-vient entre une réalité et le schéma de décomposition ;
2. La deuxième consiste à traduire progressivement le modèle de connaissance en modèle conceptuel ;
3. La troisième consiste à laisser ouvert le processus complet de modélisation. Elle révèle le caractère progressif de la constitution d'un modèle d'une réalité qui s'étale sur la durée de vie de l'étude : rien n'est figé mais tout évolue. Ceci

renforce l'idée selon laquelle le modèle est une perception parmi d'autre. Il n'est pas une référence unique et universelle.

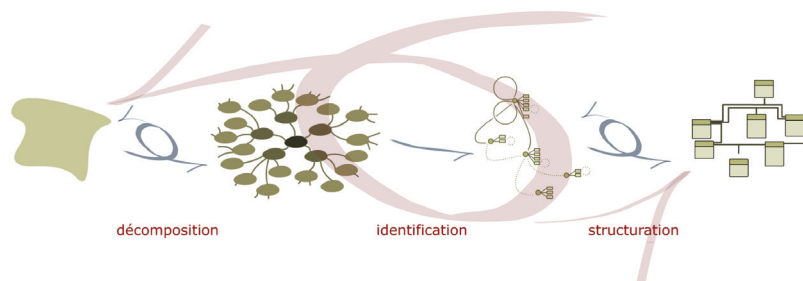


FIG. C.1.2 Processus itératifs (boucles) observés lors du passage de la connaissance anthropologique au modèle conceptuel de données.

Quelle validité pour le passage au modèle conceptuel

Le passage au modèle conceptuel de données de la connaissance anthropologique a été motivé en tête de partie ⁽¹⁾ comme fin en soi et ⁽²⁾ comme passage obligé. La validité du modèle est un concept complexe. Elle réside à la fois dans la pertinence de la part de la connaissance modélisée (voir section 6.6), et dans le respect des règles de modélisation (voir section 7.4).

Cette double notion de validité considère pourtant la modélisation comme une fin en soi. Elle est de fait incomplète car elle n'intègre pas l'aspect de la modélisation comme passage obligé pour une valorisation ultérieure. Cette observation relève l'importance de valider le modèle également sur ce qu'il permet d'analyse et de représentation. Ce constat rejoint l'observation de Nicole Mathieu (2005) selon laquelle l'important n'est pas de savoir si un modèle est vrai ou faux, mais de définir ses qualités de correspondance avec le réel. Celle-ci découle de la pertinence et du degré de correspondance des analyses que le modèle soutient par rapport à la problématique traitée. Cette observation constitue le coeur de la partie IV. Nous observons ainsi que la valorisation des éléments de la connaissance anthropologique participe à la validation globale des modèles de connaissance et conceptuel présentés dans cette partie.

C'est sur cette critique de la modélisation en science de l'information géographique pour l'étendre à l'anthropologie culturelle que se termine cette partie III.

Quatrième partie

*Renforcement du
raisonnement
anthropologique*

Introduction

Dans le raisonnement anthropologique, la dimension spatiale s'intègre généralement à la description et à l'interprétation des comportements de la communauté étudiée. Cette dimension n'est, de ce fait, pas reconnue pour elle-même. Il en découle que sa nature est rarement décrite de manière explicite. La science de l'information géographique, en revanche, lui accorde une place centrale. Elle est rendue explicite par l'identification d'objets spatiaux.

Une première intégration de ces deux logiques a été réalisée par l'établissement des modèles de connaissance et conceptuel dans la partie précédente. Il est nécessaire de faire un pas supplémentaire, à savoir d'étendre la part d'analyse et de représentation de l'espace géographique intégrée au raisonnement anthropologique. Fournir des moyens méthodologiques à cette fin constitue un défi pour la ScIG.

Le second objectif de ce travail (voir section 1.3) entend le relever. Il constitue le coeur de la partie IV. Pour rappel, cet objectif est

proposer une solution de communication susceptible de produire une synergie entre l'anthropologie culturelle et la science de l'information géographique. objectif

Cet objectif découle du besoin de renforcer et de simplifier l'accès pour l'anthropologue aux analyses et représentations spatiales des éléments explicites de sa connaissance. Cela revient, en fait, à offrir une solution qui permette d'inverser le *paradoxe de la complexité versus la simplicité* (voir section 1.2), de manière à rendre plus aisée, pour l'anthropologue, la part quantitative de ses analyses. Cet objectif soulève cependant plusieurs questions. motivation

1. **Quel message formuler afin de renforcer la compréhension des phénomènes culturels dans l'espace géographique ?** questions de recherche

2. **Quelle forme d'aide adopter pour l'anthropologue ?**
3. **Quelles opportunités et quelles difficultés représente la démarche choisie pour la science de l'information géographique ?**

Rappelons que cette étape, comme la précédente, repose sur une démarche concertée et progressive de conception d'une interface d'exploration des données spatiales. Par la richesse de son contenu et la simplicité de son utilisation, elle est censée soutenir et enrichir le raisonnement anthropologique tout en intégrant d'avantage l'espace géographique.

démarche de
recherche

La démarche de recherche adoptée repose en premier lieu sur l'identification et la caractérisation du besoin spécifique à l'anthropologie culturelle en matière d'accès à l'information spatiale. Cette analyse est confrontée par la suite à celle des systèmes existants de communication de l'information. Ces deux analyses du contexte constituent la première étape de notre démarche. Elle débouche ⁽¹⁾ sur un état de l'art de la visualisation en ScIG (voir chapitre 8) et ⁽²⁾ sur une typologie des systèmes actuels (voir chapitre 9).

Un cadre de mise en oeuvre et de validation des concepts de représentation est conçu dans le but de soutenir la démarche de recherche. Il est concrétisé par le développement d'une interface d'exploration géographique innovante. Celle-ci est présentée du point de vue des concepts qui la caractérisent et des fonctionnalités qui lui sont attribuées.

Par la suite, cette interface est exploitée dans le cadre d'applications de cas représentatifs des préoccupations anthropologiques (voir chapitre 10).

Le développement du prototype d'interface et des différents volets associés aux cas réels font émerger plusieurs questions d'ordres fondamental et technologique. Celles-ci sont discutées au droit des cas qui en sont à l'origine. Finalement, une synthèse de la représentation en science de l'information géographique comme soutien au raisonnement anthropologique étendu à l'espace géographique est apportée (voir la conclusion intermédiaire à la page 147). Elle met en évidence la complémentarité de l'approche de conception itérative et de l'exploration pour faire émerger de nouveaux éléments de raisonnement, voire de connaissance.

8

Eléments de représentation

Le mode de communication adopté dans cette partie IV repose principalement sur le message visuel. La représentation occupe, de fait, une place centrale dans notre démarche. Elle est présentée sous l'angle des concepts qui lui sont associés. Ce chapitre expose les fondations théoriques de la représentation, nécessaires à notre recherche.

8.1 L'ANALYSE EXPLORATOIRE, DÉFI POUR LA REPRÉSENTATION EN SCIG

L'hypothèse qui accompagne la recherche présentée dans cette partie IV met en évidence le recours à une approche exploratoire¹ des données pour soutenir le raisonnement anthropologique dans l'espace géographique. L'analyse exploratoire (Tukey, 1977) est présentée à la section 2.2. Elle correspond à une approche d'analyse par cheminement libre au travers de diverses représentations synthétiques de l'information (Young et al., 2006). Une telle approche fait appel à une interprétation des données et un raisonnement progressifs et non guidés (MacEachren et Taylor, 1994; Dykes et al., 2005; Kovalerchuk et Schwing, 2004). Le but est de faire émerger des hypothèses ou des compréhensions par l'exploration (Young et al., 2006; Dykes et al., 2005).

L'analyse exploratoire repose ⁽¹⁾ sur un degré élevé de liberté offert à l'utilisateur dans son interaction avec l'interface visuelle (MacEachren et Kraak, 1997), et ⁽²⁾ sur la diversité et la richesse des représentations impliquées (MacEachren et Kraak, 1997; Friendly et Denis, 2005). Nous observons que les aspects de richesse de contenu et de liberté de mouvement de l'analyse exploratoire sont similaires à ceux que nous

¹Il est important de distinguer le caractère exploratoire de notre démarche de recherche de celui de la démarche d'interprétation et d'idéation de l'anthropologue utilisant l'interface développée.

voulons offrir à l'anthropologue en inversant le *paradoxe de la complexité versus la simplicité* (voir section 1.2).

de la
représentation
à la
visualisation

La représentation, au sens large, ressort nettement de cette brève présentation. Elle constitue une pierre angulaire de toute démarche d'exploration des données, au même titre que l'interactivité (Dykes et al., 2005). Toutes deux font partie des éléments constitutifs de la notion plus large de "message" en communication (Friendly et Denis, 2005). Nous le détaillons en raison du rôle de support principal à la communication qui lui est reconnu dans les projets interdisciplinaires. Par la suite, nous exposons les divers aspects qui le caractérisent. Cet ancrage du concept de message en science de l'information géographique nous amène à présenter le cadre de recherche de la visualisation en ScIG, également appelée géovisualisation (MacEachren et Taylor, 1994; MacEachren et Kraak, 1997; Dykes et al., 2005).

8.2 LE MESSAGE, NOYAU DE LA COMMUNICATION INTERDISCIPLINAIRE

Quels que soient les formes et les concepts de représentation mis en oeuvre, le message est au centre de la communication, au sens large², entre les disciplines (MacEachren et Kraak, 1997). Du point de vue de la science de l'information géographique, le message fait le lien entre l'analyse des données géographiques et l'interprétation de ses résultats (Lindholm et Sajarkoski, 1994). Cette position à l'interface des éléments internes et de ceux externes au système lui confère le rôle clé de support à l'interprétation (Kovalerchuk et Schwing, 2004). Par conséquent, il doit être le plus objectif et le plus clair possible (Friendly et Denis, 2005) ; Objectif - ou transparent - afin de cadrer son interprétation au plus près de l'analyse ; Simple - ou intelligible - dans sa forme afin de rendre sa compréhension unique et ainsi favoriser son interprétation, Sans que la complexité et la richesse de son contenu ne soient altérées. Le message est défini comme l'objet de la communication d'une information (Ganaschia, 2005; Wikipedia, 2006b). Il est composé de trois éléments principaux : le corps, la forme et le support.

éléments
constitutifs

- Le **corps** du message fait référence au contenu d'information du message, part qui sera interprétée ;
- La **forme** du message renvoie aux modes de représentation du contenu ;
- Le **support** correspond au mode de diffusion de l'information.

Chacune des parties constitutives du message a un rôle important à jouer dans la communication de celui-ci et doit faire l'objet d'une analyse particulière, en regard de la problématique et du public auquel il est destiné (DiBiase, 1992). Ces observations nous amènent à présenter les différents aspects du message, qui sont évoqués par la question suivante.

Quelle information désire-t-on communiquer, dans quel but, à qui, comment et sous quelle forme ?

²La communication au sens large fait référence à l'acte d'échanger de l'information quel qu'en soit l'objectif. Ce même terme sera utilisé au sens restreint dans le cadre de la géovisualisation, c'est-à-dire comme acte qui tend à faire connaître une information synthétisée.

Cette question multiple met en évidence la nature des aspects du message dont les trois premiers correspondent aux éléments cités ci-dessus. La présentation qui en est faite ci-dessous est inspirée en grande partie des ouvrages de référence de Jason Dykes (2005) et de Michael Friendly et Daniel Denis (2005). Quelques références supplémentaire sont citées au droit de l'information à laquelle elles se réfèrent.

- Le **contenu du message** correspond à l'information qui est véhiculée lors de sa communication. Ce contenu est directement dépendant de la problématique et des disciplines en présence (MacEachren et Kraak, 1997). Il peut être constitué du produit brut ou traité d'une extraction de données du système d'information (Lindholm et Sajarkoski, 1994). aspects
- La **fonction du message** dans la transmission d'information est dépendante de l'objectif associé à la communication (DiBiase, 1992). Cet objectif va du besoin de révéler l'"inconnu" à celui de présenter le "connu" (MacEachren et Taylor, 1994).
- Le **mode de communication** du message considère le média numérique ou analogique et les technologies utilisées pour le transmettre (Cartwright, 1994).
- Le **public** auquel est adressé le message joue un rôle déterminant sur les autres aspects du message. Les capacités de compréhension du contenu, de lecture de la forme, et d'utilisation du média soumis conditionnent la liberté de création du message. Le message dans sa globalité doit être adapté à son récepteur.
- Le message peut prendre des **formes** différentes, allant de la carte au graphique, de la représentation unique à celle multiple, du média statique à son homologue interactif pour ne citer que celles-ci (Cartwright, 1997; Cartwright, 1999).

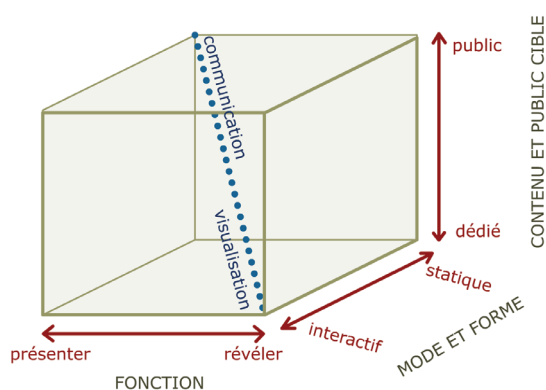


FIG. 8.1 Position des aspects du message dans l'espace de représentation.

Nous concluons ce bref aperçu du message par une synthèse de ses aspects au travers du concept d'"espace de représentation" établi par Alan MacEachren (1994) (voir figure 8.1). Cet espace limité à trois dimensions permet de mettre en évidence le rôle de chaque aspect du message dans la définition de la visualisation en science de l'information géographique (MacEachren et Kraak, 1997; Dykes et al., 2005). Il espace de représentation

est illustré à la figure 8.1, complétée par la positions des aspects que nous venons de présenter.

finalités de la
représentation

L’articulation des aspects du message dans l’espace de représentation met en évidence les orientations extrêmes que peut prendre la représentation (MacEachren et Taylor, 1994). Celles-ci sont d’un coté la **communication** au sens restreint du terme et de l’autre la **visualisation**. Plusieurs finalités sont attribuées à la représentation en science de l’information géographique (DiBiase, 1992; Kovalerchuk et Schwing, 2004). Celles-ci vont de l’exploration des données à la présentation d’informations en passant par la confirmation d’hypothèses (analyse) et la synthèse de résultats. Leur position au sein de l’espace de représentation est donnée à la figure 8.2 (MacEachren et Kraak, 1997). Cette illustration nous permet de situer l’approche exploratoire d’analyse des données anthropologiques par l’anthropologue adoptée dans ce travail.

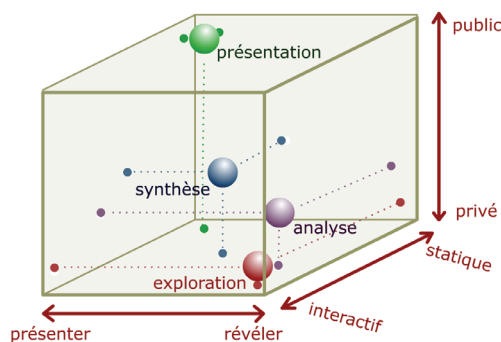


FIG. 8.2 Position des finalités de la représentation selon David DiBiase dans l’espace de représentation de Alan MacEachren.

Il ressort de cette dernière figure que l’exploration, située à une extrémité de la diagonale, correspond à ce qui est précédemment défini comme la visualisation en science de l’information géographique (Dykes et al., 2005) (voir figure 8.1). Nous la présentons à la section suivante comme le cadre de réflexion théorique dans lequel s’insère la conception de l’interface proposée.

8.3 LA VISUALISATION EN SCIENCE DE L’INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

visualisation

La visualisation au sens large correspond à l’action de rendre visible une information (Robert, 2003). Cette définition la rend synonyme de la représentation. Au sens restreint du terme, la visualisation considère uniquement la représentation dynamique et interactive des données à des fins exploratoires (MacEachren et Taylor, 1994) (voir la notion d’espace de représentation à la section précédente). Cette définition est au coeur de la visualisation en science de l’information géographique, connue également sous le nom de “géovisualisation” (MacEachren et Taylor, 1994; MacEachren et Kraak, 1997; Dykes et al., 2005).

soutien à l’in-
interprétation

La visualisation en ScIG s’appuie sur des approches d’origines diverses telles que la cartographie, la visualisation scientifique, l’analyse d’image, les SIG ou encore l’analyse exploratoire (Dykes et al., 2005). Elle entend fournir la théorie, les mé-

thodes et les outils nécessaires à l'exploration visuelle de l'information géographique. Son but est d'ouvrir une brèche dans la complexité des phénomènes étudiés par la construction de représentations multiples et interactives des données favorisant la mise en évidence de structures (Kovalerchuk et Schwing, 2004; Dykes et al., 2005; Friendly et Denis, 2005). Ceci a pour objectif de soutenir l'interprétation visuelle et ainsi renforcer le raisonnement de l'utilisateur (Lindholm et Sajarkoski, 1994).

La cartographie au sens traditionnel du terme devient une composante parmi d'autres de la visualisation. Par les modes interactif et dynamique que la visualisation lui associe, son rôle de "média, qui rend des données visibles" est étendu à celui d'"instrument, actif dans le processus de raisonnement de l'interprète" (Dykes et al., 2005). En d'autres termes, ces deux fonctions la font passer d'un extrême à l'autre le long de la diagonale mise en évidence dans l'espace de représentation par Alan MacEachren (1994) (voir figure 8.1).

place de la
cartographie

Le développement et la démocratisation des systèmes informatiques sont à l'origine de nouveaux concepts qui guident la visualisation en science de l'information géographique dès le début des années 1980 (Cartwright, 1994; Young et al., 2006). Ces concepts marquent fortement la représentation de ce début du XXI^e siècle (Dykes et al., 2005). Nous détaillons ceux qui présentent un intérêt particulier pour notre démarche. Cette présentation s'appuie sur les travaux récents en visualisation scientifique (Dykes et al., 2005; Friendly et Denis, 2005). Commençons par les concepts qui relèvent du support du message.

vers de
nouveaux
concepts

- Le concept de représentation **dynamique** couvre trois notions, à savoir ⁽¹⁾ le mouvement d'un élément visuel, ⁽²⁾ le changement de forme de la visualisation ou encore ⁽³⁾ la modification du contenu d'une représentation.
- L'**interactivité** entend laisser une part de contrôle à l'utilisateur. Ceci offre la possibilité de faire un choix de forme, de contenu ou encore de point de vue de la représentation des données. La diversité des types d'interactivité qu'il est possible de mettre en oeuvre ne peut être couverte dans les détails. Nous pouvons néanmoins citer les principaux types que sont :
 - la navigation au sein des représentations, qui permet de définir le point de vue de l'utilisateur par rapport à l'information ;
 - la sélection du contenu, qui offre la flexibilité de définir les thèmes et couches visibles ;
 - la sélection des formes de représentation ;
 - l'édition de la sémiologie, qui permet d'adapter l'apparence graphique des éléments de représentation ;
 - la sélection d'éléments (*highlighting*), qui permet de mettre en avant certains éléments et de faciliter l'interprétation ;
 - l'édition d'éléments, qui affecte directement les données.

Une typologie des différents éléments d'interactivité est proposée par Donata Persson (2005). Elle donne une vision fouillée de ce concept. De manière générale, le niveau d'interactivité offert à l'utilisateur est fonction des connaissances et du savoir-faire de celui-ci.

- Le concept de représentation **distribuée** est défini par un accès distant à la représentation par les utilisateurs. Ceci correspond à une distribution de

l'information d'un serveur vers les utilisateurs au travers d'un réseau. Une description détaillée de ce concept est donnée en annexe (voir la section C.1).

Nous continuons avec les concepts qui ont une incidence sur la forme du message.

- La **multi-représentation** correspond, dans ce travail, à l'utilisation conjointe et simultanée de représentations diverses d'un même phénomène. Une telle approche revient à adopter des perspectives différentes pour la représentation de l'information. Les représentations ne se substituent pas l'une à l'autre, mais s'accompagnent. Un tel choix de représentation est guidé par la capacité d'interprétation de l'homme. La citation suivante de Edward Tufte (2006) l'illustre parfaitement.

“Spatial parallelism [*la multi-représentation*] takes advantage of our notable capacity to reason about multiple images that appear simultaneously within our eyespan...”

- Le concept de représentation **multi-échelles** correspond à la visualisation de différents niveaux de généralisation d'une même donnée, simultanément ou non.
- Les concepts d'**esthétisme** et d'**intégrité** résident, pour le premier dans l'attractivité et l'élégance de la représentation, et pour le second dans l'absence de biais de lecture dont l'origine serait la recherche d'esthétisme. Ces deux concepts vont de pair, le premier pouvant affecter le deuxième, sans pour autant être son antagoniste. Bien que l'esthétisme soit une valeur subjective et culturelle, il est reconnu que la perception visuelle d'une représentation joue un rôle important dans la lecture et l'interprétation de cette dernière (Dastani, 2002). Edward Tufte présente dans les détails ces deux concepts et leur mise en oeuvre conjointe dans ses ouvrages (Tufte, 1998; Tufte, 1999; Tufte, 2000). Cette constatation est parfaitement illustrée par la citation suivante, tirée de son premier ouvrage.

“Graphical elegance is often found in simplicity of design and complexity of data”

Nous terminons cette présentation par un dernier concept, le seul à relever du corps du message.

- Le concept de représentation **multi-variable** - ou multivariée - correspond à la visualisation conjointe de plusieurs variables (Dibiase, 1994).

8.4 LA VISUALISATION EN SCIG : SYNTHÈSE

La description des caractéristiques principales de la visualisation en science de l'information géographique proposée ci-dessus met en évidence la richesse des éléments susceptibles de soutenir notre démarche. Dans le même temps, cette richesse implique que l'adéquation de chacun soit analysée en regard de la problématique qui nous occupe.

Dans ce but, nous poursuivons notre propos par une analyse des besoins et des contraintes liés à la communication visuelle entre les deux disciplines.

9

Simplicité et richesse, vers une interface d'exploration

Le contexte de collaboration de la science de l'information géographique et de l'anthropologie culturelle impose des contraintes pour l'adoption d'une solution de communication visuelle. Ce chapitre présente, dans un premier temps, les caractéristiques de l'utilisateur final et des données qui composent le message. Puis, les différentes solutions qu'offre la science de l'information géographique sont énumérées. Dans le même temps, elles sont confrontées aux contraintes identifiées. Ceci permet finalement de dresser le portrait d'une solution "idéale" de communication.

9.1 INTRODUCTION

Sur la base des aspects théoriques de la communication et de la visualisation en science de l'information géographique, nous entrons dans le vif du sujet, à savoir la conception d'une interface visuelle qui permette à l'anthropologue d'accéder aux informations du noyau explicite de sa connaissance à des fins d'analyse.

La démarche de recherche adoptée entend, dans une première phase, définir les besoins et les contraintes spécifiques à l'anthropologie culturelle (voir section 9.2). Deux facettes de cette discipline sont traitées, à savoir ⁽¹⁾ l'anthropologue comme utilisateur de l'interface et ⁽²⁾ le noyau explicite de la connaissance anthropologique comme contenu du message transmis. Le résultat de l'évaluation du contexte professionnel dans lequel s'insère la conception d'une interface visuelle est ainsi rapporté.

En parallèle, l'identification puis la caractérisation des solutions technologiques existantes sont effectuées. Cette phase correspond à une revue des différents systèmes de représentation en science de l'information géographique. Dans le but d'en offrir une vue synoptique, ces solutions ont été classées selon les concepts fondamentaux qui orientent leur utilisation. Ceci a donné naissance à l'esquisse typologique qui est présentée à la section 9.3.

La confrontation des besoins exprimés aux solutions existantes révèle l'inadéquation de celles-ci. A la section 9.4, nous proposons une solution qui nous paraît plus conforme. L'interface produite répond, par ses traits caractéristiques, à notre objectif.

Nous présentons ensuite les cadres de conception et de validation adoptés, ainsi que le développement d'un prototype (voir sections 9.5 et 9.6).

9.2 INTERFACE D'EXPLORATION VISUELLE POUR L'ANTHROPOLOGIE. BESOINS ET CONTRAINTES SPÉCIFIQUES

contraintes
d'ordre an-
thropologique

L'anthropologie culturelle a des besoins caractéristiques qui constituent autant de contraintes à la conception d'un outil adapté (Fischer, 1994; Fischer, 2004). Trois facettes de cette discipline paraissent avoir une incidence sur la solution à proposer. Il s'agit ⁽¹⁾ de l'anthropologue en tant qu'utilisateur (Fischer, 1994), ⁽²⁾ de son expertise et ⁽³⁾ des données issues de sa connaissance (voir partie III). Ci-dessous, nous discutons tour à tour ces différentes contraintes.

L'anthropologue comme utilisateur

Selon Michael Fischer (1994), l'anthropologue présente des caractéristiques propres pour la manipulation des technologies informatiques et de la mise en oeuvre de concepts d'analyse spatiale (Aldenderfer et Mashner, 1996). Celles-ci ont été mises en évidence au chapitre 3 par l'analyse de quelques applications anthropologiques. A cette occasion, nous avons fait émerger le *paradoxe de la complexité versus la simplicité* mentionné au chapitre 1. Le profil d'anthropologue qui en surgit n'est évidemment pas universel.

technicité
faible

La distance qui sépare le faible niveau de technicité¹ que détient l'anthropologue de par sa culture professionnelle, de celui, nécessairement élevé, qu'exigent les systèmes d'information et de visualisation en ScIG est un obstacle important à l'adoption de certains modes complexes de diffusion du message (Aldenderfer et Mashner, 1996).

Sa connaissance comme expertise...

lecture
experte

La capacité de l'anthropologue à interpréter et à comprendre les phénomènes culturels mis en lumière par la visualisation est élevée (Aldenderfer et Mashner, 1996; Dunn et al., 1997). En d'autres termes, il porte un regard expert sur le message qui lui est transmis et peut dès lors développer de nouveaux éléments de raisonnement en s'appuyant sur son interprétation. Le contenu et la forme du message affiché doivent être adaptés en conséquence pour répondre aux attentes de l'utilisateur en termes de complexité et de richesse (Dykes et al., 2005).

¹La technicité fait référence aux connaissances et aux pratiques techniques d'une personne.

... et comme contenu

La mesure des phénomènes culturels issus de la connaissance anthropologique a fait émerger les différentes dimensions de cette connaissance (voir chapitre 6). Si les dimensions spatiale et thématique sont intégrées à la visualisation en science de l'information géographique (Chrisman, 1997; MacEachren et Kraak, 1997; Dykes et al., 2005), il en va autrement des dimensions relationnelle et temporelle. Celles-ci, considérées pour elles-mêmes ou couplées aux autres dimensions, appellent la création d'un message spécifique qui se traduit par des représentations aux formes particulières et peu habituelles en SciG (Dykes et al., 2005). Ces représentations qui tirent leur origine de la visualisation scientifique des graphes (Brandes et Erlebach, 2005; Freeman, 2000) et du temps (Neumann, 2005a) doivent être jointes et intégrées aux autres représentations (Dykes et al., 2005) afin de compléter la richesse du contenu du message et valoriser le noyau explicite de la connaissance anthropologique dans son intégralité.

dimensions
supplémentaires

L'anthropologie culturelle dispose d'une palette de représentations dédiées à la communication et à la synthèse des faits issus de sa connaissance (Bernard, 2001). Ces représentations ont fait leurs preuves dans cette discipline. Il convient de leur donner leur place dans l'interface visuelle et de les compléter par des vues géographiques. Le message visuel devra être constitué d'un mélange de représentations ⁽¹⁾ d'origines diverses (science de l'information géographique, anthropologie, statistique, etc.), ⁽²⁾ de formes variées (analogique ou numérique) et ⁽³⁾ de natures opposées (du plus général au plus dédié) (MacEachren et Kraak, 1997).

considération
de l'existant

En résumé, il est nécessaire d'étendre la visualisation en science de l'information géographique à de nouveaux contenus et à de nouvelles formes de représentation (Dykes et al., 2005). Les systèmes de représentation actuels ou la technologie informatique en général le permettent-ils? Cette question est débattue à la section suivante.

9.3 DE LA CARTOGRAPHIE DISTRIBUÉE AU SIG, UNE TYPOLOGIE DES SYSTÈMES DE REPRÉSENTATION EN SCIG.

Les besoins et contraintes liés au domaine d'application de l'interface de communication définis, il est logique de faire le tour des solutions de représentation existantes en science de l'information géographique pour évaluer leur potentiel. Une revue systématique de la littérature scientifique et technique portant sur les systèmes de représentation actuels (DiBiase, 1992; MacEachren et Taylor, 1994; Cartwright, 1999; MacEachren et Kraak, 1997; Anselin et al., 2003; Young et al., 2006; Dykes et al., 2005) nous a permis de distinguer plusieurs types. Nous en proposons une synthèse sous la forme d'une typologie centrée sur l'utilisation. Chaque type de représentation est présenté ci-dessous par ses traits caractéristiques. Une telle typologie offre l'avantage de mettre en évidence les tendances pour mieux situer la solution idéale par la suite. Les limites entre ces groupes ne sont évidemment pas franches. Cette présentation succincte est complétée par une comparaison visuelle de leurs caractéristiques pour la représentation des données (voir figure 9.1).

La **cartographie distribuée** (ou cartographie sur Internet) est une solution de représentation cartographique et thématique très répandue (Kraak, 2001). Basée sur une technologie d'échange entre un serveur de données cartographique et une

entre synthèse
et
présentation

interface client de représentation, cette solution est principalement utilisée pour répondre à un besoin de localisation dans l'espace géographique (Asche et Hermann, 1994). L'information distribuée est souvent généralisée pour s'adresser à un large public (Kraak, 2001). L'interactivité offerte reste cependant limitée aux fonctions de base telles que la navigation, la sélection de contenu et l'interrogation ponctuelle. Ces caractéristiques placent la cartographie distribuée dans une zone de l'espace de représentation (voir figure 8.2) qui s'étend de la présentation à la synthèse.

synthèse
dynamique et
interactive

L'**atlas numérique** présente un concept de base différent de la cartographie distribuée en ce sens que le centre d'intérêt n'est plus uniquement focalisé sur la dimension spatiale mais porte sur toutes les dimensions de l'information (Caquard, 2003; Dahinden et al., 2004; Hurni, 2004). La carte devient alors une forme de représentation de l'information parmi d'autres. L'atlas numérique tire son origine des technologies multimédia (Cartwright, 1999). De contenu riche, il constitue une collection de vues formalisées et synthétiques dans laquelle l'utilisateur a la liberté de déambuler. Il offre une interactivité soutenue sans pour autant exiger une forte technicité (Pucher et al., 2003; Hurni et al., 2005). Les contraintes au cheminement sont élevées, le limitant aux vues proposées. Ces caractéristiques placent le centre de gravité de ce genre de système sur la synthèse et l'étendent à la représentation.

exploration

Le **système d'exploration spatio-thématique** correspond à un environnement d'analyse statistique et exploratoire de données thématiques et spatiales (Gahegan et Takatsuka, 2001; Gahegan et Brodaric, 2002; Takatuska et Gahegan, 2002; Robinson, 2005; Young et al., 2006). Il offre une grande liberté à l'utilisateur quant à la création de points de vue utilisant une batterie de traitements et de représentations statistiques (Takatsuka et Gahegan, 2002). ESTAT et Geovista (Gahegan et Brodaric, 2002; Takatuska et Gahegan, 2002) ou encore SOLAP (Rivest et al., 2005; Bédard et al., 2006) en sont des exemples. De tels systèmes constituent un cadre exploratoire riche et complexe (Dykes et al., 2005). Ils sont d'une technicité avérée et exigent de l'utilisateur un savoir-faire méthodologique élevé. Les caractéristiques qui leur sont associées les placent dans les systèmes d'exploration pure, offrant des capacités d'analyse.

de l'analyse à
la
présentation

Le **système d'information géographique**, au sens de l'outil informatique, constitue la solution de base en matière de gestion, de manipulation et d'analyse des données géographiques (Chrisman, 1997). Ceci a pour conséquence une richesse élevée et une forte complexité du contenu des messages qu'il permet de formuler (Goodchild, 1996). Cependant, la formulation des représentations reste pauvre dans ce genre de système (MacEachren et Taylor, 1994). Ceci est observé tant du point de vue des formes offertes qui restent "classiques" (carte thématique et graphique statistique simple), que du point de vue du faible degré d'interactivité² et de dynamique qu'il offre (Lindholm et Sajarkoski, 1994). La haute technicité et le savoir-faire nécessaires à l'utilisation d'un système d'information géographique, couplés au caractère limité des représentations offertes, le situent dans les solutions d'analyse et de synthèse pouvant, dans une moindre mesure, être étendues à la présentation.

²Cette notion est restreinte dans ce propos à l'interactivité avec la représentation.

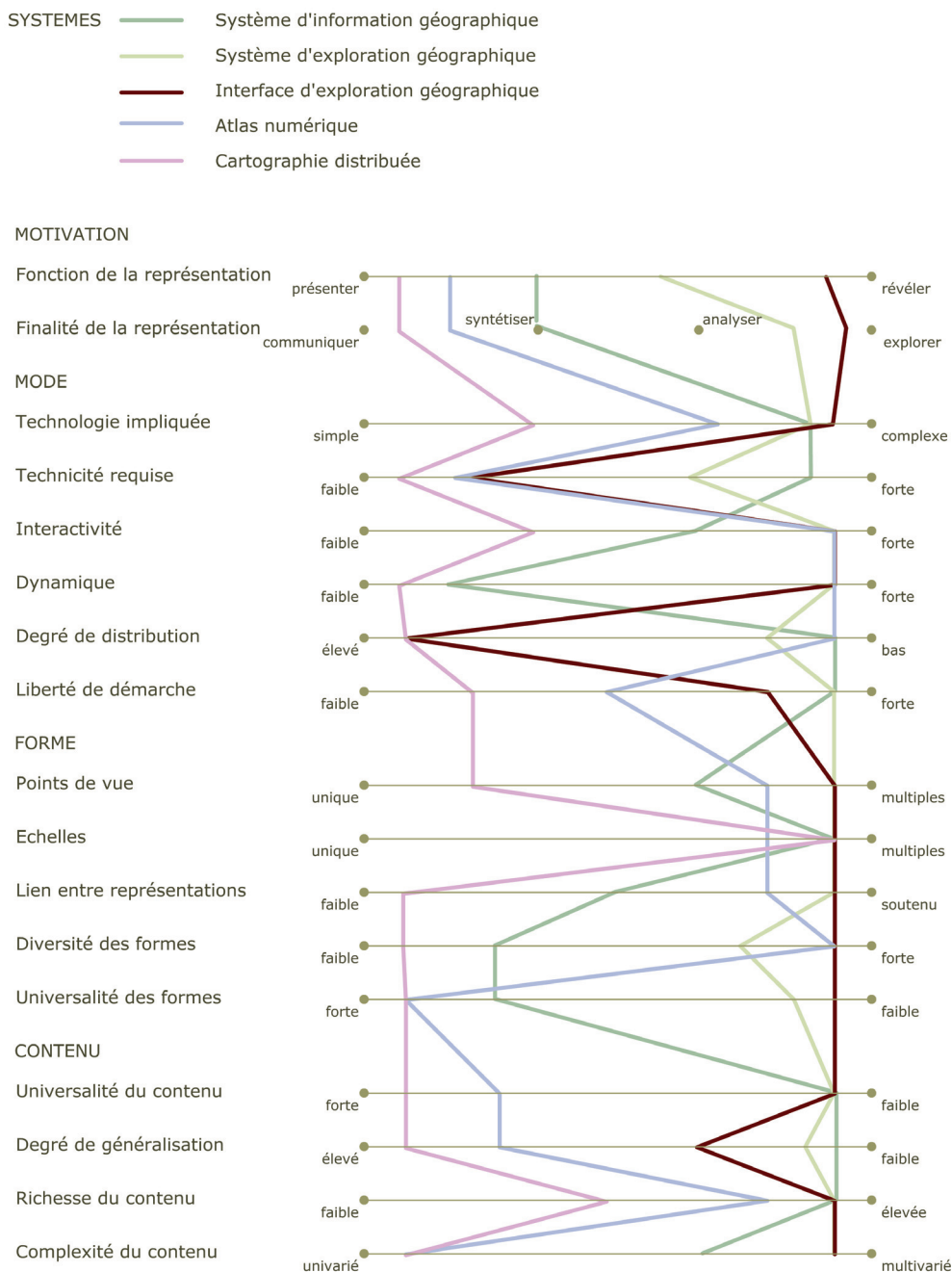


FIG. 9.1 Propriétés des systèmes de visualisation en science de l'information géographique. Cette tentative à pour objectif de mettre en évidence les points de convergence et de divergence entre la solution dite "idéale" et les systèmes existants.

9.4 VERS UNE SOLUTION D'INTERFACE D'EXPLORATION

La confrontation des contraintes de l'anthropologie culturelle avec les systèmes de représentation des données en science de l'information géographique met en évidence les traits d'une solution idéale du point de vue conceptuel en vue d'atteindre l'objectif fixé pour cette partie IV. L'identification des traits idéaux revient à faire ressortir les faiblesses, respectivement les forces des solutions existantes, pour définir un système qui y pallie, respectivement en tire profit. Reporté à la figure 9.1, le produit de cette phase met en évidence la distance qui sépare l'idéal de l'existant.

entre synthèse et exploration Pour répondre aux besoins exprimés, le système idéal se situe à mi-chemin entre le système d'exploration spatio-thématique et l'atlas numérique. Nous détaillons cette affirmation ci-dessous.

D'une part, le système d'exploration spatio-thématique

forte technicité

Le système d'exploration spatio-thématique offre un champ de liberté pour la composition des analyses et des représentations de l'information qui implique des niveaux élevés de technicité et de savoir-faire (voir à la section précédente). La richesse et la complexité du message qu'il permet de formuler restent pour cette raison hors de portée sans un investissement réel pour l'appropriation des méthodes et des outils. En ce sens, ce système ne répond pas aux besoins de l'anthropologue (voir section 9.2).

représentations universelles

Le système d'exploration spatio-thématique offre une palette de représentations, statistiques et cartographiques qui, pour la plupart, sont "universelles" (Young et al., 2006; Takatuska et Gahegan, 2002; Gahegan et Brodaric, 2002). En d'autres termes, elles sont destinées à s'adapter à toute problématique. Or, nous avons mis en évidence à la section 9.2 le besoin d'intégrer des représentations propres à l'anthropologie culturelle, qui ne correspondent pas à l'offre de ces systèmes.

En résumé, le système d'exploration spatio-thématique offre un cadre de visualisation permettant des analyses et représentations complexes. Ces dernières restent cependant limitées à des formes générales.

D'autre part, l'atlas numérique

représentations spécifiques

L'atlas numérique constitue une solution aux représentations et aux contenus circonscrits, semblable à une collection de tableaux à travers laquelle l'utilisateur peut déambuler à sa guise (Hurni, 2004; Pucher et al., 2003). Les formes qu'adoptent ces tableaux sont très spécifiques (Neumann, 2005a), donc peu "universelles". Un tel système de représentation est intéressant pour la visualisation des données anthropologiques.

message générique et circonscrit

Par contre, nous constatons que la solution de l'atlas numérique présente quelques inconvénients qui le pénalisent en regard de notre problématique. Le premier point négatif réside dans le caractère peu complexe du contenu que le système permet de véhiculer (Baer et Sieber, 1997; Hurni, 2004). Ce contenu n'atteint souvent pas les critères de richesse et de complexité mentionnés à la section 9.2. Des exceptions existent néanmoins (Hurni et al., 2005). La deuxième point est le caractère prédéfini, et donc "circonscrit", du système en terme de contenu comme de forme. Ceci le

rend difficilement évolutif et peu réactif dans un contexte de conception dynamique (Huber et al., 2005) (voir section 9.5).

En résumé, l'atlas numérique constitue un cadre de visualisation flexible du point de vue des formes de représentation, mais rigide une fois le contenu et ses formes établies.

Au delà, l'interface d'exploration géographique

La solution "idéale" se situe entre les deux types de systèmes présentés ci-dessus. Elle emprunte au premier les concepts qui pallient aux manques du deuxième et inversement. Les caractéristiques de cette solution sont présentées à la figure 9.1. Nous lui attribuons le nom d'interface d'exploration géographique. Le terme "interface" est justifié par le degré de liberté offert à l'utilisateur, à savoir celle de cheminer dans un espace de représentations dont il peut modifier le contenu et la forme, sans pouvoir altérer les données originelles.

Cet éclairage sur les avantages et inconvénients des systèmes existants nous permet de formuler un premier élément de réponse à la deuxième question de recherche posée en page 98. Nous la rappelons ci-dessous et lui joignons notre réponse.

Quelle forme d'aide adopter pour l'anthropologue ?

→ **L'interface d'exploration géographique. Celle-ci permet d'intégrer des contenus anthropologique et géographique en utilisant des formes spécifiques et personnalisées pour les disciplines, sans pour autant exiger un niveau de technicité élevé.**

La conception d'une telle interface exige l'adoption d'une démarche itérative (Rauterberg, 1992). La démarche et les raisons qui nous poussent au choix effectué sont détaillées à la section suivante.

9.5 CONCEPTION D'UN PROTOTYPE, QUELLE DÉMARCHE ?

Le choix d'une démarche de conception est, dans notre cas, dirigé ⁽¹⁾ par les propriétés idéales que doit présenter la solution (voir section précédente) et ⁽²⁾ par la volonté de centrer la conception sur les besoins évolutifs de l'utilisateur, et sur ses particularités (Koua, 2005; Dykes et al., 2005).

Ce deuxième aspect de la démarche de conception a pour but d'intensifier la valeur de l'expertise de l'utilisateur et de sa perception (Koua, 2005). Cela implique que l'utilisateur final, dans notre cas l'anthropologue, soit intégré très tôt dans la réflexion (Koua et Kraak, 2004). L'identification des tâches de cet utilisateur particulier reste une entreprise complexe en raison du caractère exploratoire du cheminement que nous tentons de lui garantir. L'exploration se fait sans but précis hormis l'espoir de découvrir une interprétation significative (Young et al., 2006). En réponse à cette observation, l'approche adoptée repose sur une évaluation continue de l'état d'avancement par l'utilisateur. Une telle conception itérative offre le moyen d'ajuster les modes et les formes du message au plus près des besoins (Rauterberg, 1992; Oresky et Haapala, 1993; Koua et Kraak, 2004).

conception concertée

La démarche finalement adoptée comporte deux étapes.

- | | |
|--------------------|---|
| du général... | 1. La première correspond à la concrétisation d'une plateforme technologique sur laquelle repose l'interface. Celle-ci est constituée des éléments principaux de la représentation, à savoir les cadres de représentations géographique et thématique, ainsi que des éléments d'interaction de base, tels que la navigation, la sélection, etc. |
| ... au particulier | 2. La deuxième correspond à l'apport progressif de représentations spécifiques aux problématiques de l'anthropologie culturelle. |

L'approche adoptée implique une validation constante et progressive des réalisations et des concepts qui les soutiennent (Oresky et Haapala, 1993). Pour cette raison, nous présentons à la section suivante un principe qui place la validation en parallèle à la conception.

9.6 L'INTERFACE EXPLORATOIRE EST-ELLE UTILISABLE, VOIRE UTILE ? OU COMMENT VALIDER L'INTERFACE ?

L'approche de conception itérative et de prototypage rapide adoptée (voir section précédente) prêterite les démarches de vérification et de validation traditionnelles (Oresky et Haapala, 1993; Koua et Kraak, 2004). Cette observation nous incite à présenter la méthode "classique" d'abord, pour, par la suite, exposer une démarche de validation adaptée au mode de conception choisi et aux ressources à disposition pour ce travail.

Dans le cadre traditionnel, la vérification et la validation des développements constituent une étape d'évaluation en soi dans le processus de conception. Elle prend place en règle générale à la fin de la réalisation (Oresky et Haapala, 1993; Robinson, 2005).

vérification	Pour rappel et selon Garrell Oresky (1993), la vérification considère la concordance entre les réalisations et les règles propres au développement informatique et à leur optimisation. Elle repose sur une série de révisions et d'évaluations. Elle est de fait interne au développement et ne fait pas intervenir de manière directe l'utilisateur. L'objectif de cette recherche porte, de manière générale, sur le potentiel de réalisation des concepts avancés et non sur la programmation informatique elle-même. Par conséquent, la vérification n'occupe pas une place centrale et ne sera pas traitée plus en détail ici. Notons que le souci de fournir des développements pertinents et crédibles du point de vue informatique est constant dans notre entreprise. Pour cela, notre travail respecte tant que faire se peut les "huit règles d'or" de Ben Schneiderman (2003).
--------------	---

validation	La validation a pour objectif d'évaluer les réalisations sous l'angle de leur concordance avec les objectifs et les besoins fixés par la problématique. Elle fait partie de ce travail.
------------	---

La conception en spirale (itérative) implique une évolution constante des besoins du projet. Ceux-ci émergent de la critique permanente des réalisations par les uti-

lisateurs. Le processus de validation prend place en parallèle à la conception. Il en devient d'autant plus soutenu et les critères difficiles à définir.

Le processus de validation adopté repose sur une analyse des retours progressifs apportés par les utilisateurs lors de la soumission d'un prototype. Cette validation "passive" permet d'évaluer l'interface d'exploration ⁽¹⁾ en tant que concept, c'est-à-dire par rapport à son "utilité" ultime qui est de favoriser le raisonnement spatial en anthropologie culturelle, et ⁽²⁾ en tant que réalisation, par rapport à son "utilisabilité" (Koua et Kraak, 2004). critique itérative

Dans ce but, les retours et leurs incidences sur le développement ont été hiérarchisés selon l'élément du message qu'ils affectent. Cette classification adoptée est reportée à la table 9.1. Cette hiérarchie permet d'identifier la position qu'occupe l'interface entre "est difficilement utilisable" (de 1a à 2a), "est utilisable" (2b et 3a) et finalement "s'avère utile" (2c et 3b). de l'utilisabilité à l'utilité

TAB. 9.1 Hiérarchisation des retours d'utilisateur et classification de leurs incidences sur la conception.

<i>Elément affecté</i>	<i>Retour</i>	<i>Incidence</i>
(1) mode du message	(a) problème de mise en oeuvre de l'environnement informatique	⇒ adapter à la technicité
	(b) problème de mise en oeuvre de l'interface	⇒ adapter à la technicité
(2) forme du message	(a) problème de compréhension des représentations	⇒ adapter à la lecture
	(b) non pertinence des représentations	⇒ modifier / supprimer
	(c) incomplétude des représentations	⇒ compléter
(3) contenu du message	(a) inadéquation du contenu	⇒ modifier / supprimer
	(b) incomplétude du contenu	⇒ compléter

9.7 UNE INTERFACE D'EXPLORATION "IDÉALE" : SYNTHÈSE

Cette première phase d'évaluation des besoins met en évidence les propriétés idéales d'une interface d'exploration dédiée à l'anthropologie culturelle. Ce chapitre passe en revue les systèmes de représentation géographique actuels, et les confronte aux besoins spécifiques de l'anthropologue pour révéler les limites des solutions existantes et les manques à combler.

L'interface idéale apparaît être un consensus entre une technicité suffisamment faible pour correspondre aux capacités informatiques des anthropologues d'une part, et une complexité du message suffisante et pertinente d'autre part.

Si les concepts théoriques qui soutiennent l'élaboration d'une telle solution ont pu être identifiés, il reste à les concrétiser pour les confronter à la réalité de l'interprétation et du raisonnement anthropologique. Cette étape de conception est traitée au chapitre suivant.

10

Interface d'exploration : mise en oeuvre et cas d'étude

La solution “idéale” mise en évidence au chapitre précédent est maintenant présentée sous l'angle de sa mise en oeuvre technologique. Elle est complétée par une série de cas d'intérêt anthropologique. Ces réalisations sont soumises aux utilisateurs très tôt dans le processus de conception de manière à déterminer les éléments technologiques nécessaires et leurs conséquences fondamentales. Plusieurs pistes pour résoudre les contraintes apparues lors du processus sont proposées.

10.1 INTRODUCTION

Le présent chapitre entend évaluer la pertinence des concepts évoqués précédemment pour réaliser une interface d'exploration appropriée, et apprécier le réalisme de sa concrétisation.

Le chapitre est découpé en deux parties principales. La première retrace le développement du cadre technologique de base pour l'exploration visuelle, première étape de conception (du niveau général...). Notons que cette première partie concerne en priorité les technologies de visualisation et se rapporte à la science de l'information géographique. La deuxième présente l'implémentation de plusieurs volets anthropologiques ou d'utilité anthropologique. Cette partie correspond à la seconde étape de conception (... au particulier).

cadre
technologique

Des cas de représentation interactive dédiée à l'anthropologue sont amenés progressivement, conformément à la démarche en spirale postulée dans ce travail. Leur intégration a pour objectif d'étayer et d'instancier la plateforme de base. De plus, les cas choisis permettent de passer en revue plusieurs aspects de la problématique de communication entre les disciplines, tels que l'appréhension du relief, de l'environnement naturel ou encore de la distribution spatiale des éléments de la communauté.

cas d'intérêt
anthropologique

conséquences
de la mise en
oeuvre

La mise en oeuvre des concepts de visualisation et des cas anthropologiques choisis est une phase critique dans la mesure où elle fait émerger une série de conséquences fondamentales et technologiques. Celle-ci sont traitées en marge du propos central de cette partie.

Nous concluons ce chapitre sur une analyse de la pertinence de la démarche initiée et du réalisme des outils développés.

10.2 L'IMPLÉMENTATION DE LA PLATEFORME TECHNOLOGIQUE : DU CONCEPT À LA CONCRÉTISATION

Sur la base des traits conceptuels de l'interface et de la démarche de conception présentés au chapitre 9, nous avons développé un prototype d'interface d'exploration géographique pour l'anthropologue. La première étape de réalisation s'attache à préciser les exigences attendues de la plateforme technologique dans le but d'intégrer les concepts de visualisation et d'exploration en science de l'information géographique (voir section 9.4). Ce cadre technologique général sert par la suite de plateforme d'intégration des éléments de communication entre les disciplines. Les sous-sections suivantes fournissent une description des diverses facettes de l'architecture du système et de son fonctionnement.

Une interface distribuée

accès distant

L'interface développée s'appuie sur une technologie client-serveur qui utilise le réseau Internet. Une telle communication permet de distribuer l'information centralisée dans une base de données géographiques à des utilisateurs distants et de limiter l'environnement nécessaire du côté client à un seul navigateur Internet. De plus, ce choix a pour effet bénéfique de limiter la technicité requise pour mettre en oeuvre l'interface en l'ancrant dans un environnement familier à l'utilisateur, le navigateur Internet.

contenu
dynamique

Le caractère distribué du système développé offre l'avantage de faciliter l'accès à une information extraite des données élémentaires. Conséquemment, un moteur d'extraction de la base de données, d'analyse et de représentation est nécessaire sur le serveur dans le but de formaliser les messages communiqués au client. La technologie et les mécanismes impliqués dans une telle architecture sont présentés en détail à l'annexe C. La figure 10.1 donne un aperçu de l'architecture adoptée pour l'interface d'exploration. Elle met en évidence ses éléments informatiques constitutifs et situe ses fonctions principales comme l'interactivité et la dynamique.

Une interface aux représentations et échelles multiples

L'interface d'exploration développée est dotée de plusieurs représentations juxtaposées. Celles-ci comprennent une fenêtre cartographique principale, une carte synoptique, une table et deux types de fiches, l'une détaillée et l'autre succincte. De plus, plusieurs fenêtres indicatrices sont intégrées.

carte et
aperçu

La carte principale joue un rôle évident du fait de notre orientation "spatiale" et de la volonté affichée d'étendre le raisonnement anthropologique à l'analyse de l'espace géographique. Elle présente les éléments constitutifs de la communauté et de son

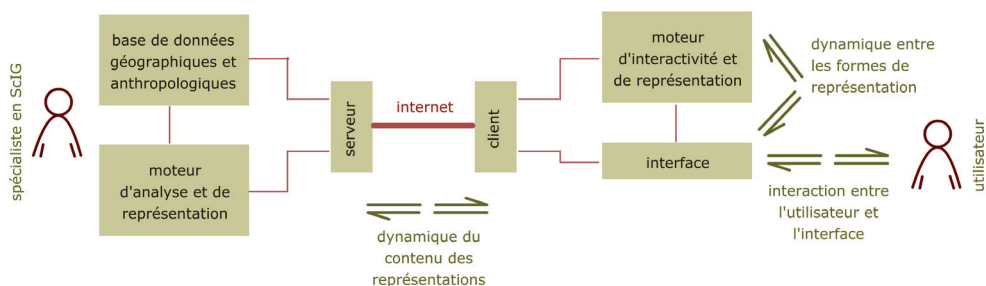


FIG. 10.1 Eléments constitutifs de l'interface d'exploration distribuée.

milieu. La carte synoptique a deux fonctions distinctes. La première est de donner un aperçu visuel de toute la région considérée. La seconde est de localiser le champ de vision offert par la carte principale. D'autres fonctions, qui relèvent de l'interactivité, lui sont également associées (voir ci-dessous). La relation entre la carte principale et son aperçu met en évidence une première manifestation du concept de représentation multi-échelle (cartographique). Le langage graphique adopté (SVG) et la technologie associée, nécessaires pour afficher l'interface et donc la carte, repose sur un format vectoriel et permet d'intégrer des images (voir annexe C). Cette particularité nous offre la possibilité d'intégrer des éléments vecteurs et des images à la représentation cartographique.

La table de données constitue le lien aux données thématiques des objets représentés dans la carte. Cette vue classique de l'information thématique est intégrée à l'interface. Son choix se justifie du fait, notamment, qu'elle constitue un outil central à l'étude anthropologique (Weller et Romney, 1988; Bernard, 2001). La fiche détaillée correspond à une présentation fouillée des attributs d'une occurrence de la base de données. Elle permet d'atteindre une information élémentaire. La fiche synthétique offre une vue agrégée de l'information relative à plusieurs occurrences, comme synthèse de celles-ci. Elle permet de présenter une information généralisée faisant ressortir les tendances. Ces deux types de fiches thématiques sont complémentaires. Elles constituent une deuxième manifestation du concept de représentation multi-échelle (thématique).

table et fiches
descriptives

La fenêtre indicatrice présente des informations relatives à la carte principale, par exemple, une barre d'échelle graphique ou encore la position géographique instantanée du curseur.

fenêtre
indicatrice

Les éléments, illustrés sur la figure 10.2, ne permettent jusque-là pas à notre développement de se démarquer de ceux qui existent, même les plus simples. Ils sont néanmoins nécessaires à l'interface.

Une interface interactive et dynamique

L'interactivité et la dynamique sont deux concepts qui vont de pair en visualisation. Nous présentons conjointement leur intégration à l'interface d'exploration.

Cet aspect permet à l'utilisateur d'interagir avec certains éléments de la représentation. Plusieurs fonctions principales sont attribuées à l'interactivité dans le

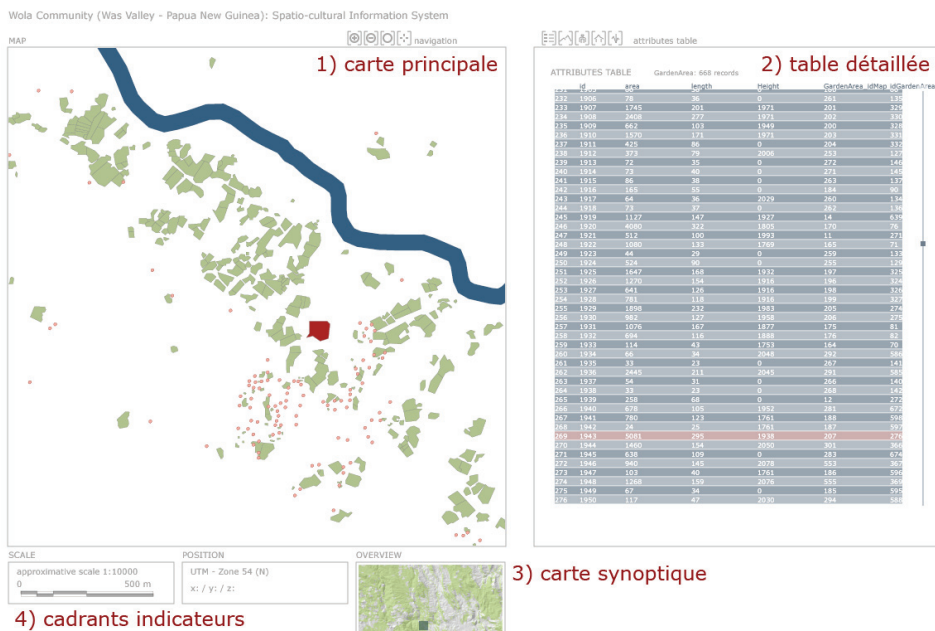


FIG. 10.2 Eléments principaux de représentation offerts dans l'interface d'exploration.

prototype de base. Nous les détaillons ci-dessous.

fonctions de l'interactivité

- L'interactivité offre à l'utilisateur la possibilité de **choisir le contenu** à représenter par la sélection des couches d'information géographique à afficher ou de la table à visualiser.
- Elle permet à l'utilisateur de **modifier le point de vue** qu'il adopte pour observer ce contenu. Cette modification est dirigée vers la représentation cartographique en affectant la zone visible dans la fenêtre dédiée. Elle peut également affecter le thème à représenter. Ces deux fonctions sont regroupées sous le terme de navigation spatiale pour la première et thématique pour la deuxième.
- L'interactivité offre la possibilité de **sélectionner la forme** que doit adopter la représentation (table, graphique, carte).
- Elle permet encore de sélectionner et **interroger un objet** géographique ou thématique afin de mettre en évidence ses caractéristiques.

lien dynamique

Un premier élément dynamique est le lien de sélection entre les différentes représentations. En d'autres termes, un objet sélectionné dans une représentation par l'utilisateur est mis en évidence dans l'ensemble des représentations visibles. Cette fonctionnalité qui soutient l'interprétation de l'utilisateur porte le nom de "lien dynamique" (*brushing* en anglais). Une deuxième exploitation de ce concept est l'affichage dynamique des coordonnées géographiques associées à la position du curseur dans la fenêtre indicatrice.

Les diverses manifestations de ces deux concepts dans l'interface d'exploration sont illustrées à la figure 10.3.

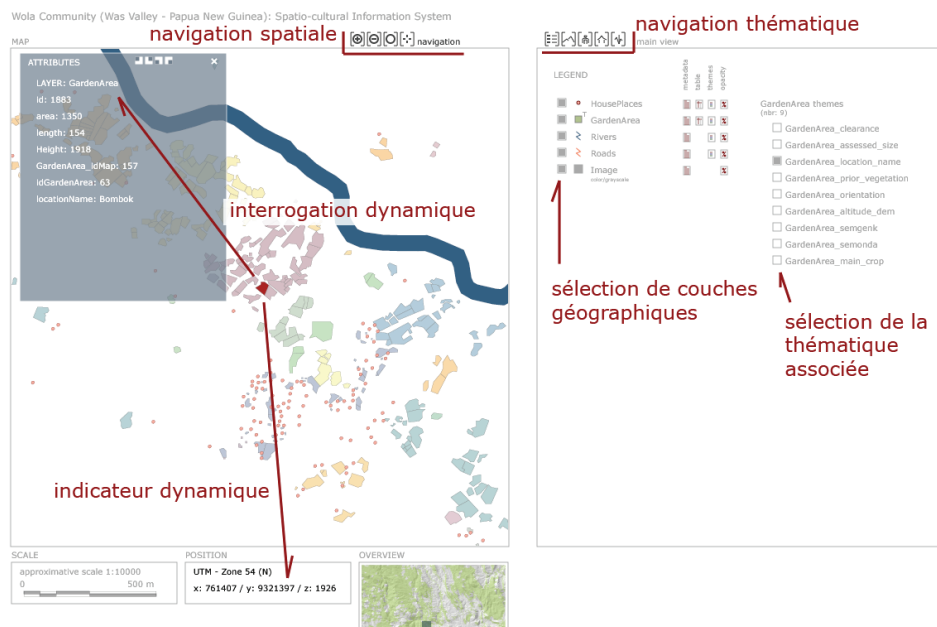


FIG. 10.3 Eléments d'interactivité et de dynamique offerts par l'interface d'exploration.

Un contenu adaptatif : conséquence fondamentale de l'accès à distance

Le mode distribué constitue un obstacle à l'échange de volumes importants de données. Cette observation est expliquée d'une part en raison du "goulet d'étranglement" au transfert des données que constitue le réseau Internet, et d'autre part, en raison du volume important que représentent les données géographiques et leurs représentations.

Il est dès lors nécessaire de trouver un mécanisme de transfert des données au client qui permette de lever cet obstacle. La solution adoptée repose sur le principe du contenu adaptatif. Il s'agit de transférer au client uniquement l'information qui correspond à son champ de vision et d'un niveau de généralisation correspondant à l'échelle de représentation. Ce double principe peut être complété d'autres mécanismes dont le rôle est de réduire la taille des données transmises au minimum. L'indexation des contenus pour un transfert unique et la compression des données sont des exemples. Tous ces mécanismes d'optimisation des échanges ne sont pas forcément complémentaires, pouvant entrer en conflit les uns avec les autres. Le processus d'optimisation des transferts est traité dans le détail en annexe C.

Implémentation de la plateforme technologique : synthèse et validation

L'implémentation de l'interface d'exploration géographique constitue un élément de réponse à la deuxième question de recherche formulée à la page 98. Cet élément

vient compléter le premier déjà apporté à la section 9.4 en démontrant la faisabilité d'une solution appropriée et le réalisme des concepts qui la soutiennent.

La plateforme technologique correspond à un premier élément soumis à la critique des utilisateurs. Cette dernière a permis de faire ressortir les forces et faiblesses de ce prototype que nous confrontons à la hiérarchie de validation établie à la section 9.6. Nous en relatons les traits principaux ci-dessous.

technicité
adaptée

Les utilisateurs n'ont rencontré aucune difficulté à mettre en oeuvre l'environnement informatique nécessaire grâce au choix du navigateur Internet connu de tous comme seul logiciel. La nécessité d'installer un "plugin" dans des cas particuliers reste toutefois pénalisante aux yeux de certains, notamment dans un environnement où les utilisateurs ne disposent pas des accès suffisants pour procéder eux-mêmes à un tel ajout. Cette considération technologique vaut la peine d'être mentionnée ici car elle représente souvent un obstacle au processus de validation par les utilisateurs.

contenu et
forme
adéquats

La forme et le contenu, tous deux limités à leur plus simple expression à ce stade de prototypage, n'ont soulevé aucun problème pour les utilisateurs. Au contraire, la prise en main de l'exploration cartographique et thématique a été jugée aisée. Des propositions ont rapidement été formulées pour un enrichissement des données de base.

En résumé, le prototype soumis aux utilisateurs n'a représenté aucune difficulté pour sa prise en main. Il passe ainsi le premier stade de validation hiérarchique (voir points ^(1a) et ^(1b) de la table 9.1). La plateforme technologique ainsi validée permet d'accueillir des représentations de thèmes d'intérêt pour l'anthropologue. Nous en présentons quelques-uns dans les sections suivantes.

10.3 EXEMPLE D'INTERFACE D'EXPLORATION DU RELIEF

Le premier cas présenté est celui du relief. Bien que souvent traité de manière implicite il est néanmoins très fréquemment présent dans les études anthropologiques pour des raisons que nous formulons brièvement ci-après. La problématique du relief est discutée selon l'enchaînement suivant. Une présentation succincte des outils méthodologiques dont la science de l'information géographique dispose est faite. Par la suite, les concepts et les développements qui donnent lieu à une représentation interactive et dynamique des variables morphologiques sont décrits. Certaines conséquences fondamentales et technologiques qui en découlent sont également exposées. Finalement, une synthèse des apports de l'interface d'exploration du relief au raisonnement anthropologique est proposée.

Du besoin pour l'anthropologue de contextualiser son raisonnement

Afin de considérer la communauté dans sa globalité, l'anthropologue prend en compte son contexte géographique (Fischer, 2004; Sillitoe et al., 2002). Le relief dans lequel s'inscrit la communauté est significatif comme nous le rapportions à la section 3.4. Une information relative à la morphologie du terrain est par conséquent apportée à l'anthropologue pour être intégrée à son raisonnement. Les diverses propriétés du relief sont donc associées aux représentations de manière à les mettre ensemble dans le champ visuel de l'anthropologue. Cette vision synthétique, de surcroît interactive, est susceptible de stimuler sa capacité d'interprétation. Quelles propriétés associer au relief? Quel message en tirer? Ces deux questions fondamentales constituent les éléments charnières de cette section.

Mesure du relief par les variables morphologiques

Pour être communiqué, le relief doit être traduit sous la forme de variables représentatives et constitutives du contenu du message.

L'altitude est par nature la variable génératrice du relief. Nous l'intégrons au système sous la forme d'un modèle numérique à mailles régulières (voir section 4.5). Les variables morphologiques sont dérivées de ce modèle : (1) la pente, (2) l'orientation ou encore (3) la courbure (voir figure 10.4). L'analyse spatiale dispose d'un jeu de méthodes et de modèles de calcul numérique qui permettent de déterminer ces trois variables et d'en donner des représentations analogiques et numériques. Une synthèse des différentes approches a été formulée par Jochen Schmidt (2003).

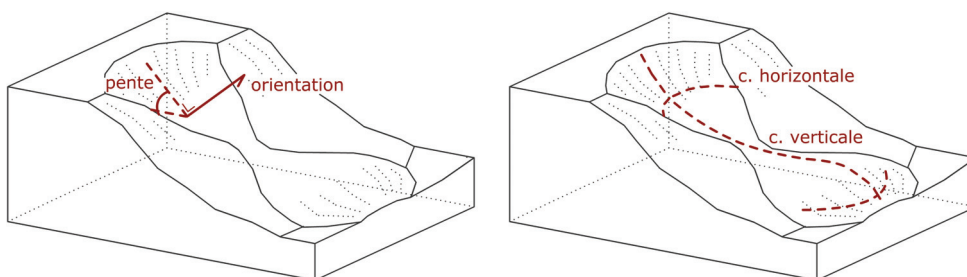


FIG. 10.4 Variables morphologiques : pente, orientation, courbure horizontale et verticale.

modèle
quadratique
d'une surface

Un des modèles les plus utilisés est celui proposé par Zevenbergen et Thorne (1987). Ce modèle quadratique de détermination d'une surface repose sur la considération de toutes les cellules d'une fenêtre mobile d'analyse de dimension 3x3. Sa description mathématique et son illustration schématique sont données à la figure 10.5.

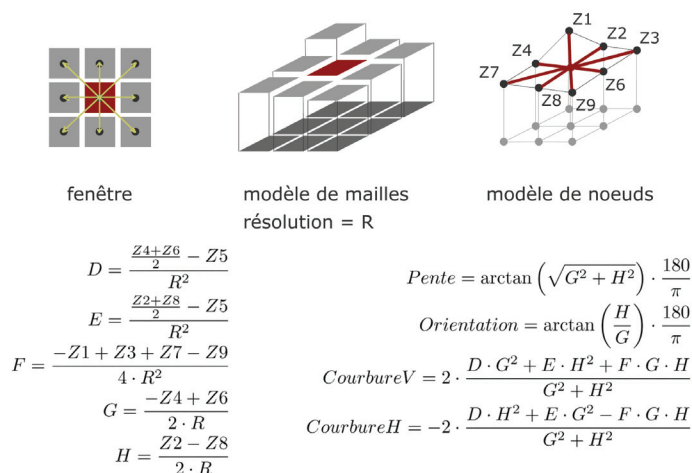


FIG. 10.5 Modèle quadratique (Zevenbergen et Thorne, 1987) pour la détermination d'une surface et de ses variables morphologiques.

Nous intégrons ce modèle à notre démarche d'analyse du relief. Ce choix est motivé par les observations suivantes. Premièrement, son utilisation courante dans les études du relief rend son interprétation et ses résultats comparables entre eux. Deuxièmement, l'algorithme associé à ce modèle est simple et peu gourmand en ressources informatiques. Il permet donc un calcul rapide des variables dérivées et son utilisation réaliste dans un environnement distribué tel que l'interface d'exploration géographique.

Représentation interactive du relief

L'interface intègre trois formes principales de représentation des variables associées au relief.

position
instantanée

La première correspond simplement à l'altitude insérée comme complément à la position géographique du curseur. En résumé, nous passons de (x, y) à (x, y, z) . Cet ajout, simple en apparence, implique que l'information d'altitude relative à toute position instantanée du curseur soit transmise de manière dynamique. Cet aspect d'ordre technologique est traité plus bas.

carte ombrée

La deuxième est une carte du relief ombré. La vision qu'elle offre du modelé du terrain constitue une forme analogique de représentation du relief qui possède un fort pouvoir de communication (Imhof, 1982). L'artefact de représentation tridimensionnelle auquel elle correspond permet au lecteur de construire une image mentale du relief de manière à soutenir l'appréhension du relief et la localisation d'éléments dans l'espace géographique. Son caractère intuitif en fait une représentation glo-

bale (aperçu étendu à tout le champ de vision) privilégiée pour communiquer le relief. D'autres formes globales existent, telles que les courbes de niveau ou la carte d'altitude. Elles ne constituent pas cependant une image mentale du relief aussi informative que la carte ombrée. Au mieux, elles offrent un complément.

La troisième correspond à un tableau synoptique des variables morphologiques. Il emprunte deux caractéristiques à la métaphore du "tableau de bord" (Few, 2006; Fernandez, 2003) : (1) le couplage de vues différentes au sein d'un champ de vision unique, et (2) le suivi instantané du changement des variables représentées en fonction d'une situation évolutive. La définition que Stephen Few (2006) en donne illustre ce propos.

tableau synoptique

"A dashboard is a visual display of the most important information needed to achieve one or more objectives; consolidated and arranged on a single screen so the information can be monitored at a glance."

Il permet d'offrir à l'utilisateur une vue condensée des valeurs numériques des différentes variables morphologiques associées à un emplacement spécifique de l'espace géographique. Cet emplacement est défini dynamiquement par l'utilisateur simplement par la position du curseur au dessus de la carte principale. Du point de vue du contenu, le tableau synoptique présente les diverses variables mentionnées précédemment. La forme iconographique adoptée intègre deux informations différentes, à savoir la valeur ponctuelle de la variable et sa distribution statistique (histogramme) sur l'ensemble du domaine considéré. Ce couple d'informations complémentaires permet de replacer la valeur observée en un point dans le contexte statistique de l'espace géographique.

valeur ponctuelle et contexte statistique

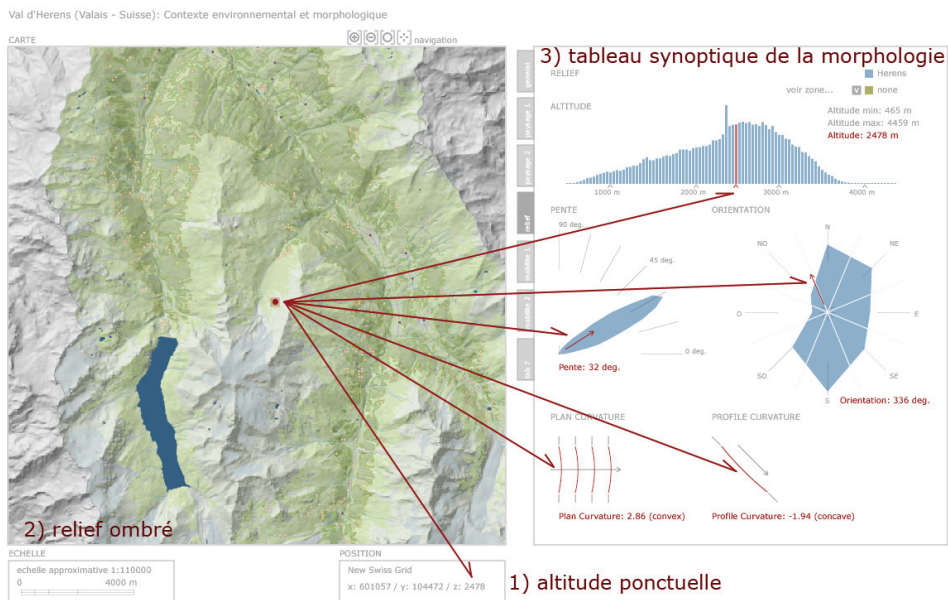


FIG. 10.6 Intégration du relief constituée (1) de l'altitude, (2) de la carte ombrée et (3) du tableau synoptique de la morphologie. Le mouvement du curseur au-dessus de la carte principale induit la mise à jour instantanée des valeurs morphologiques du lieu désigné. Voir en annexe E pour une version agrandie de la figure.

Le principe de concordance des échelles : conséquence fondamentale de l'exploration du relief

échelle
d'observation
du phénomène

Les phénomènes associés au relief sont fortement dépendants de l'échelle à laquelle ils sont observés (Wilson et Gallant, 2000). La courbure, par exemple, observée à différentes échelles, permet de mettre en évidence des phénomènes différents, allant du creux de ruisseau à la vallée principale. Cette observation est illustrée à la figure 10.7 par la courbure calculée à des échelles d'observation (résolutions) différentes sur une même région.

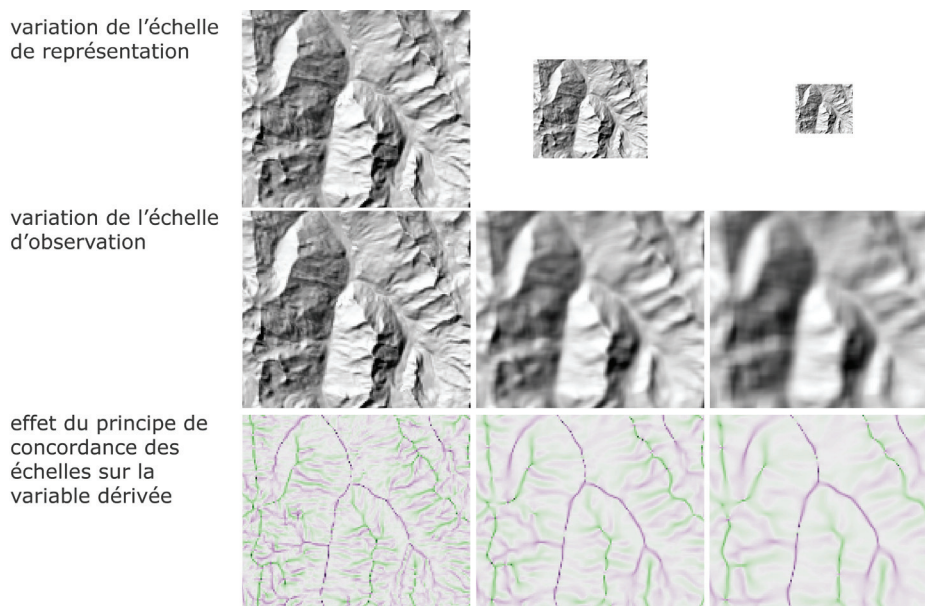


FIG. 10.7 Variation de l'échelle d'observation pour le calcul de la courbure horizontale. La première ligne de figures met en évidence le champ de vision tel que perçu par l'utilisateur. Ceci correspond à une modification de l'échelle de représentation. La deuxième correspond à l'effet de la modification du champ de vision sur l'information d'altitude. Autrement dit, cette ligne présente la modification de l'échelle d'observation. Finalement, la troisième correspond à l'illustration de la courbure horizontale dérivée aux différentes échelles d'observation.

Ce constat met en évidence le rôle significatif de l'échelle d'observation d'un phénomène lors de sa représentation. Ceci implique que les paramètres qui régissent une telle échelle et les leviers par lesquels l'utilisateur peut la modifier soient définis.

de l'échelle de
représentation...

Par l'interactivité qu'offre l'interface d'exploration géographique, l'utilisateur a la possibilité de déterminer l'échelle de représentation qu'il désire. Cette dernière correspond, en fait, à l'étendue géographique représentée. Il peut, à loisir, modifier son champ de vision cartographique à l'aide des outils de navigation spatiale (voir figure 10.3).

...et la
définition...

Dans le même temps, l'écran, dont le rôle est d'afficher l'interface, présente une définition connue et fixe (nombre de points par pouce).

...à l'échelle
d'observation
du phénomène

La combinaison des deux permet de définir l'échelle à laquelle l'utilisateur en-

tend observer le phénomène représenté. Dans le cas du relief, l'échelle d'observation du phénomène correspond à la résolution du modèle numérique d'altitude qui est exploité.

L'échelle d'observation du phénomène ne correspondra dans les faits que rarement à l'échelle d'observation des données (résolution d'acquisition). Il sera dès lors nécessaire d'apporter une information supplémentaire, dans le cas où la première demande un niveau de détail supérieur à celui offert par la seconde, ou à l'inverse de généraliser l'information disponible afin de faire coïncider ces deux échelles. Seule la deuxième situation présente un intérêt pour l'interface d'exploration géographique. Cette situation de "sur-échantillonnage" implique que nous réduisons l'information à une résolution inférieure, par agrégation.

Notons qu'un enchaînement des incidences d'une échelle sur l'autre, telle que l'implique la représentation interactive des données, contraste singulièrement avec la situation "classique" de représentation cartographique. Dans ce cas (classique), l'échelle de représentation est adaptée à l'échelle d'observation des données. Ces deux situations sont donc inverses comme l'illustre la figure 10.8.

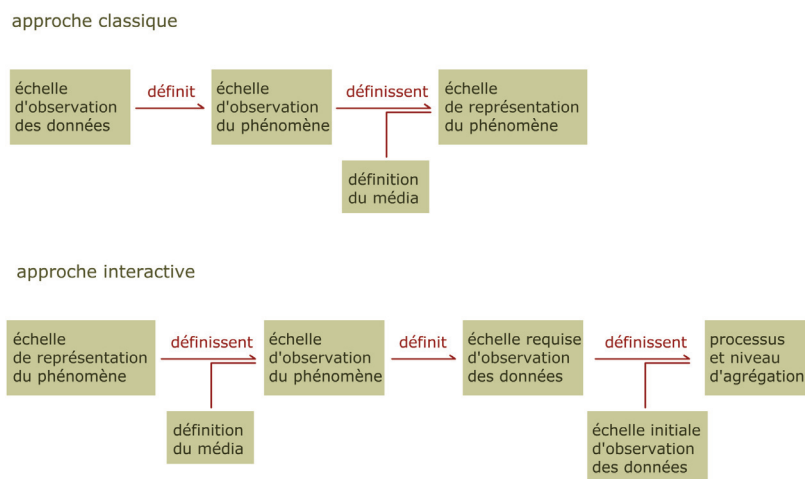


FIG. 10.8 Mécanismes d'incidence entre échelles dans les cas de représentation cartographique "classique" et interactive.

En résumé, l'échelle d'observation du phénomène doit coïncider avec l'échelle de représentation choisie par l'utilisateur. Nous parlerons du principe de concordance des échelles. Ce principe constitue une conséquence fondamentale de l'exploration de données. Il a lui-même une conséquence méthodologique qui est contenue dans la question que nous débattons ci-dessous : Quel mécanisme de changement d'échelle d'observation mettre en oeuvre ? Nous la discutons ci-dessous.

La généralisation des variables morphologiques : conséquence méthodologique du principe de concordance

La contrainte de correspondance directe entre l'échelle d'observation d'un phéno- changement d'échelle

mène et celle de sa représentation nous incite à mettre en oeuvre des mécanismes de changement d'échelle. Ceux-ci peuvent prendre place ⁽¹⁾ dans le sens de la généralisation spatiale, c'est-à-dire de la grande échelle cartographique vers la petite, ou ⁽²⁾ dans le sens inverse. Si le premier sens ne requiert pas de données supplémentaires pour être mis en oeuvre, le second implique un apport externe d'informations. Ce deuxième sort du contexte de l'interface exploratoire et n'est conséquemment pas traité plus en détails.

Les principales théories relatives aux mécanismes de changement d'échelle et aux analyse des variables morphologiques sont exposées dans les ouvrages de Zhilin Li *et al.* (2005), de John Wilson et John Gallant (2000) ou encore de Sanjay Rana (2004). Dans notre cas, ces mécanismes revêtent de l'importance afin de désigner les approches adéquates (ce que nous nommons les bonnes pratiques à la section 3.8) pour l'analyse et la représentation du relief au sein de l'interface d'exploration géographique.

Deux approches permettent de passer d'un niveau de détail élevé à une forme généralisée.

généralisation spatiale

La première approche correspond à l'agrégation spatiale de l'information initiale. Celle-ci correspond concrètement à l'agrégation de mailles voisines pour former une nouvelle maille de taille supérieure. Nous pouvons dès lors parler d'altération de la résolution (voir figure 10.9). Les valeurs des cellules initiales sont généralisées en une valeur par l'application d'un filtre mathématique (filtre moyen ou médian, splines, ondelettes, etc.) (Bjorke et Nilsen, 2003; Kalbermatten, 2007).

modification du contexte

La deuxième approche n'altère en rien la taille de la maille, mais considère un contexte plus large de détermination de la variable dérivée (voir figure 10.9). En d'autres termes, nous modifions la taille de la fenêtre mobile d'analyse pour rapporter le résultat du filtre à la maille centrale sans en changer la résolution spatiale.

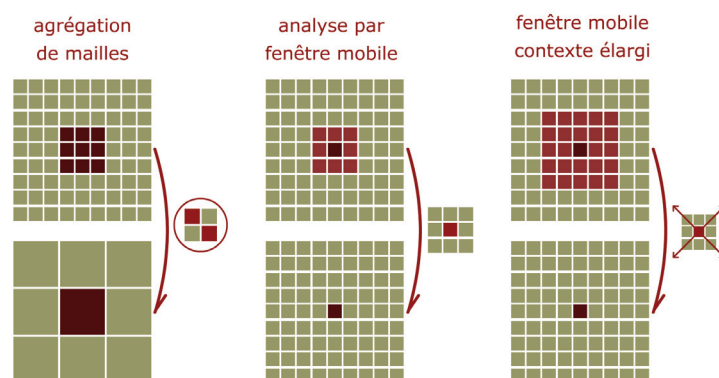


FIG. 10.9 Agrégation de mailles (à gauche) et agrégation de valeurs (au centre et à droite).

Ces deux méthodes s'appliquent *a priori* à toutes les variables morphologiques. Cependant, nous devons nuancer cette affirmation par les observations suivantes. Le choix d'une approche est dicté ⁽¹⁾ par la nature de la variable en question et ⁽²⁾

par les ressources techniques à disposition.

- L'orientation est une variable cardinale cyclique (allant de 0° à 360° et 0° étant égal à 360°). Ceci rend sa généralisation par l'agrégation de mailles parfois incohérente. En effet, dans le cas d'un versant orienté vers le nord, l'agrégation de mailles dont les valeurs se situent entre 355° et 360° ainsi qu'entre 0° et 5° nous donnerait une valeur moyenne proche de 180° , soit plein sud. La nature de cette variable nous impose de généraliser l'altitude avant de calculer l'orientation.
- La courbure est continue allant du négatif (concavité) au positif (convexité). Tout passage de concave à convexe implique une zone de valeur nulle intermédiaire. Sa généralisation par agrégation fait donc tendre les valeurs vers 0. Ceci correspond rarement, voire nullement à la réalité, car il ne tient pas compte de la superposition d'ondulations grossières, moyennes et fines en un même lieu. Conséquemment, il est nécessaire avant tout de généraliser le modèle d'altitude initial ou de considérer un contexte d'analyse plus large.

Nous résumons les diverses successions d'approches pour la généralisation de variables morphologiques à la figure 10.10.

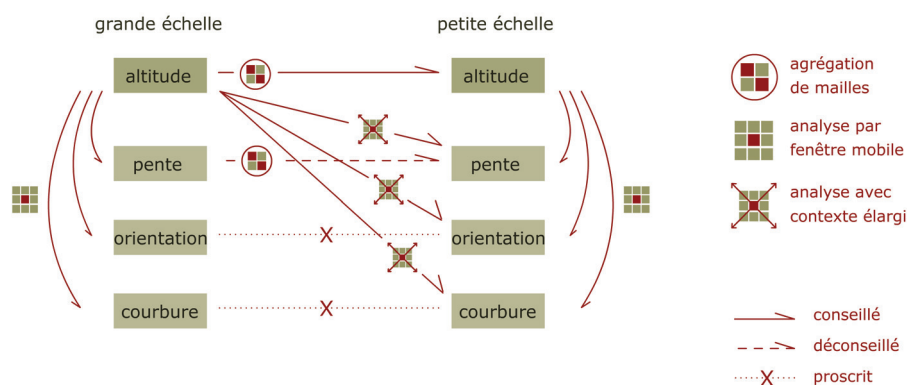


FIG. 10.10 Différentes approches de changement d'échelle d'observation des variables morphologiques : généralisation spatiale ou modification du contexte.

Exploration interactive du relief : synthèse

Le relief est le premier élément de contenu d'intérêt anthropologique présenté et intégré à l'interface exploratoire. A ce titre, les représentations de la morphologie du terrain amenées constituent un premier élément de réponse à la question de recherche : relief comme contenu

Quel message formuler afin de renforcer la compréhension des phénomènes culturels dans l'espace géographique ?

Ce contenu a été validé par les anthropologues et acteurs d'autres disciplines impliquées par son appropriation rapide. La courbure du terrain sous ses deux formes reste l'information la moins accessible sous sa forme numérique, malgré le côté intuitif des notions de convexité et de concavité qu'elle véhicule.

va-et-vient
entre
l'analogique et
le numérique

D'un point de vue fondamental, la communication du relief met en évidence un processus d'interactivité forte avec la représentation analogique¹, soit la carte ombrée. Celle-ci appelle une formulation numérique des variables dans le tableau synoptique. Le choix de faire interagir l'utilisateur avec une représentation intuitive et synthétique a pour but de susciter une image mentale. Cela doit faciliter dans un premier temps l'appréhension du phénomène et ainsi favoriser l'émergence d'intuitions. Dans un second temps, l'information ponctuelle transmise par les représentations numériques spécifiques doit permettre de confronter ces intuitions à la réalité des chiffres pour finalement les intégrer au raisonnement anthropologique. Le mouvement de va-et-vient constant et rapide de l'interprétation entre les représentations analogique et numérique assure une lecture simultanée de messages complémentaires.

défit des
conséquences

Les conséquences fondamentale et méthodologique associées à l'exploration interactive du relief constituent un élément de réponse à la question de recherche :

Quelles opportunités et quelles difficultés représente la démarche choisie pour la science de l'information géographique ?

En effet, la diffusion d'une information d'altitude au moyen d'un réseau qui observe le principe de concordance des échelles correspond à un réel défi pour la science de l'information géographique. Ce défi est relevé, du moins en partie, par les pistes proposées ci-dessus. Des obstacles d'ordres méthodologiques et technologiques restent sans conteste à surmonter, ne serait-ce qu'en raison des temps de calcul significatifs requis par les mécanismes de changement d'échelle.

contenu
informatif et
intuitif

Le contenu transmis par le biais des représentations du relief ont reçu un bon accueil auprès des utilisateurs. Toutes les variables adoptées ont permis de soumettre des informations complémentaires et renforcent la compréhension du relief dans sa globalité.

forme
numérique
peu
exploitable

La forme choisie pour représenter ce contenu a, quant à elle, fait l'objet de plusieurs critiques. Si les représentations iconographiques et analogiques tant du relief ombré que des variables morphologiques soutiennent l'appréhension du relief par les utilisateurs, la représentation numérique de ces mêmes variables a souvent été décrite comme difficilement saisissable, à l'exception de l'altitude. Elle ne participerait donc pas, aux yeux des personnes consultées, à la création de l'image mentale du relief. Son rôle d'aide à la comparaison formelle des valeurs morphologiques de lieux différents a pourtant été reconnu.

lacune de
représentation
multi-échelle

Finalement, une lacune importante dans le message du relief a été relevée. Les représentations offertes en l'état ne permettent pas d'obtenir une vision synoptique des valeurs associées à un lieu à des échelles différentes. Or, certains phénomènes du relief sont déterminés par leur identification à plusieurs échelles simultanément. Nous considérons cette lacune comme un besoin supplémentaire de forme et de contenu (voir points ^(2c) et ^(3c) de la table 9.1). La réponse immédiate apportée est un dispositif qui autorise l'utilisateur à changer la taille de la fenêtre d'analyse de manière interactive.

¹La notion de représentation analogique est opposée à son homologue numérique (Lindholm et Sajarkoski, 1994).

10.4 EXEMPLE D'INTERFACE D'EXPLORATION DE L'OCCUPATION DU SOL

Le deuxième cas présenté correspond à l'occupation du sol. En premier lieu, nous présentons les raisons qui ont motivé ce choix thématique. Dans un deuxième temps, nous passons en revue les outils méthodologiques dont dispose la science de l'information géographique pour mesurer ce phénomène. Par la suite, les concepts et les développements qui soutiennent la représentation interactive de l'occupation du sol sont détaillés. Finalement, nous présentons l'apport de l'interactivité pour la communication du thème choisi.

L'occupation du sol comme complément au contexte morphologique

Toujours dans le but de contextualiser le raisonnement anthropologique (voir section 10.3), la dimension environnementale de l'espace géographique au sein duquel évolue une communauté doit être représentée et soumise à l'expertise de l'anthropologue. L'occupation du sol, au même titre que l'utilisation du sol ou encore le taux de végétation, est un indicateur mesurable de l'environnement. C'est cet indicateur qui est choisi pour être intégré à l'interface d'exploration comme démonstrateur.

Mesure de l'occupation du sol et de son évolution

L'information d'occupation du sol provient de sources aussi diverses que l'interprétation d'images aériennes/satellite ou le levé de terrain (Caloz et Collet, 2001). Dans le cas présenté, les données relatives à l'occupation du sol sont dérivées de la statistique suisse de la superficie. Cette information relative à l'utilisation du sol en Suisse est saisie selon un échantillonnage ponctuel régulier de 100 mètres. Elle a été agrégée en 10 catégories². La nature des classes génériques retenues montre qu'il s'agit bien d'occupation, plutôt que d'utilisation du sol.

L'étude de l'évolution de l'occupation du sol repose sur l'analyse du changement de classe entre des époques différentes. Cela revient à comparer entre eux des jeux de données similaires qui correspondent à des époques différentes. Nous utiliserons indifféremment les termes d'analyse de l'évolution, du changement ou analyses diachronique.

analyse
diachronique

L'analyse diachronique repose sur la comparaison numérique³ des catégories attribuées à chaque époque en tout point de l'espace. Dans le cas de la Suisse, nous disposons de deux époques : 1985 et 1997. Le résultat de l'analyse diachronique prend deux formes (Turner, 1990).

La première forme correspond au bilan des pertes et des gains observés pour chaque classe. La table 10.1 présente l'exemple de l'évolution globale de l'utilisation

bilan
pertes-gains

²Les classes retenues ont fait l'objet d'une discussion et d'une validation par les acteurs du projet IMALP (voir section 1.5). Celles-ci sont les surfaces boisées sur surfaces agricoles, les cultures spéciales, la forêt, l'habitat, les surfaces improductives, les prés et terres arables, les pâturages, les zones artificielles et les zones humides.

³La force de l'approche numérique, opposée ici à l'interprétation, réside dans sa capacité à mettre en évidence des changements difficilement perceptibles. En effet, la comparaison visuelle de cartes représentant des états différents ne permet pas une analyse rigoureuse et quantitative de l'évolution.

du sol pour le Val d'Hérens. Ce type de résultats ne permet pas de distinguer la part inchangée de celle qui correspond à une compensation perte-gain pour une classe. A titre d'exemple, une situation d'évolution pour laquelle l'emprise de la forêt n'a pas évolué, c'est-à-dire n'a ni gagné ni perdu de surface, ne se différencie pas d'une situation pour laquelle la forêt a perdu autant de terrain qu'elle en a gagné. De plus, il n'est pas possible d'en déduire le sens des échanges entre catégories. Il est alors nécessaire d'affiner la représentation des échanges de classes. Pour cela nous adoptons la deuxième forme de résultat.

TAB. 10.1 Bilan des pertes et des gains par classe entre 1985 et 1997.

<i>Classe</i>	<i>1985</i>	<i>1997</i>	<i>Bilan</i>
Alpages	7509	7284	-225
Pâturage	700	696	-4
Forêt	7538	7721	183
Habitat	259	327	68
...			

matrice de transition

La deuxième forme correspond au détail des transferts observés d'une classe vers une autre (Chételat, 2005). La représentation généralement adoptée pour cela est un tableau à double entrée illustrant les échanges entre classes et la part qui reste réellement inchangée. Cette dernière se trouve placée le long de la diagonale de la matrice. Le tout forme la matrice de transition. Nous illustrons cette forme détaillée des changements à la table 10.2 toujours par l'exemple du Val d'Hérens.

TAB. 10.2 Matrice de transition d'une classe à l'autre entre 1985 (en lignes) et 1997 (en colonnes).

	<i>Alpages</i>	<i>Pâturage</i>	<i>Forêt</i>	<i>Habitat</i>	...	<i>Pertes</i>
<i>Alpages</i>	7248 ^a	54 ^b	42	20		261
<i>Pâturage</i>	12	611	59	1		89
<i>Forêt</i>	0	5	7477	8		61
<i>Habitat</i>	1	0	0	257		2
...					...	
<i>Gains</i>	36	85	244	70		

^aCette cellule correspond à la part stable dans le temps

^bCette cellule correspond à la part perdue par la classe alpages (54 hectares) au profit du pâturage entre 1985 et 1997.

pertes et gains par classe

Notons encore que cette deuxième forme du résultat renferme une information supplémentaire. Celle-ci correspond aux gains et aux pertes cumulés par classes. Ces deux valeurs sont obtenues en sommant les cellules de la matrice, à l'exception de toute cellule située sur la diagonale, selon les colonnes, respectivement les lignes.

Il est primordial que ces jeux de données présentent des échelles d'observation ainsi que des méthodes d'acquisition comparables. De plus, l'occupation du sol est

dépendante de la saison à laquelle elle est levée. Logiquement, les images doivent également être de saisons comparables.

Représentation interactive du bilan des gains et des pertes

Le bilan des gains et des pertes par classe qui résulte de l'analyse diachronique est représenté sous la forme de deux histogrammes, un par état. Ceux-ci sont soit mis en parallèle, soit superposés. Cette dernière variante facilite la comparaison mais alourdit quelque peu la représentation. L'histogramme est complété de valeurs textuelles qui documentent aussi bien les valeurs dans chaque état que la différence entre eux. Le bilan est illustré par l'exemple du Val d'Hérens tel qu'il apparaît dans le interface d'exploration géographique (voir figure 10.11).

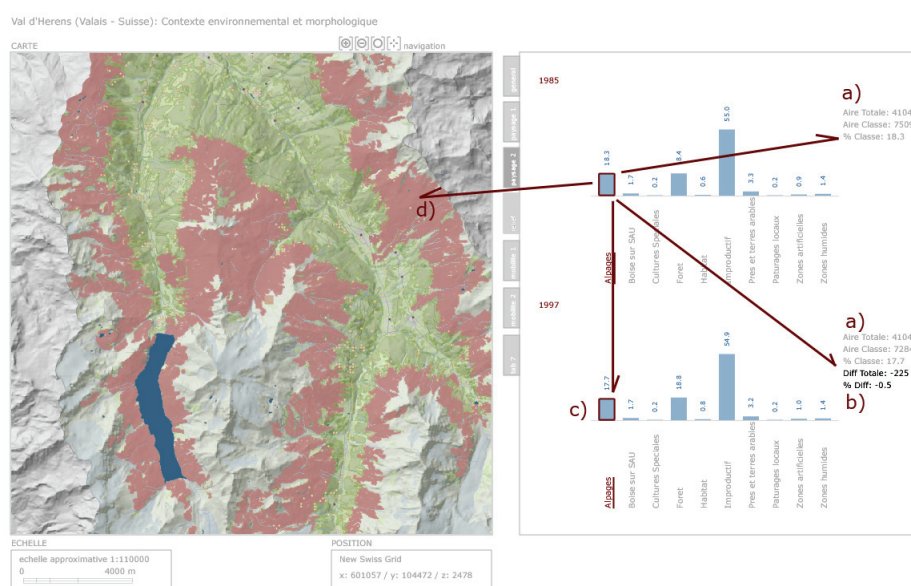


FIG. 10.11 Représentation du bilan des gains et des pertes d'occupation du sol dans le Val d'Hérens. La sélection d'une classe dans un des états avec le curseur a les répercussions suivantes : (a) l'affichage de la statistique numérique relative à la classe en question dans les deux états, (b) l'affichage de leur différence, (c) la mise en évidence des barres d'histogrammes correspondantes ainsi que (d) celle des zones de l'espace géographiques concernées (en rouge dans la carte). Voir en annexe E pour une version agrandie de la figure.

Représentation interactive de la matrice de transition

La représentation des transferts observés conserve la forme matricielle. Celle-ci est simplement complétée par la teinte des cellules en fonction de l'intensité du changement qu'elle documente. Nous illustrons une telle matrice à la figure 10.12. Comme évoqué précédemment, chaque transfert n'est pas cartographié en tant que tel. Cependant, un lien dynamique entre chaque cellule, non nulle, de la matrice des transferts et la carte de distribution met en évidence l'emplacement de chaque changement spécifique, et ainsi le localise de manière interactive. Bien que les concepts de lien dynamique et d'interactivité ne se plient que difficilement à l'exercice de

l'illustration statique et de la description textuelle, nous tentons de les mettre en évidence à la figure 10.12.

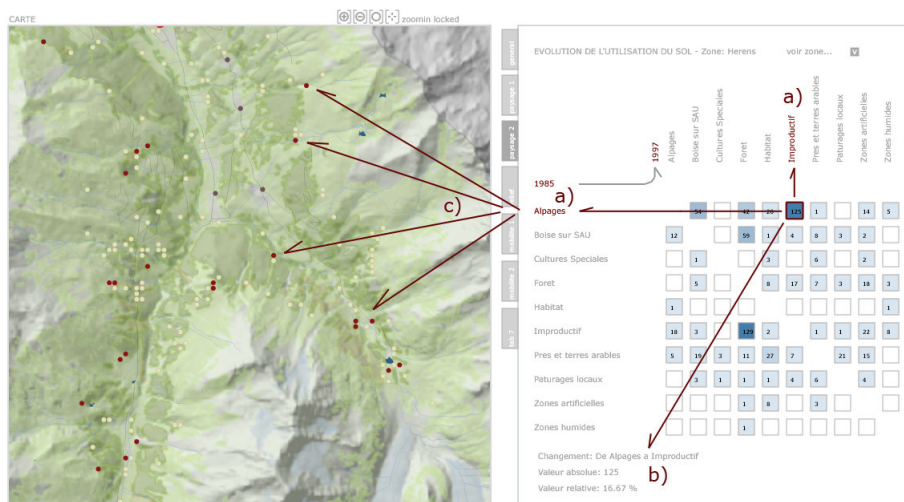


FIG. 10.12 Représentation des transitions de l'occupation du sol dans le Val d'Hérens. Les tons attribués aux cellules mettent en évidence l'intensité du changement observé (de faible en clair à fort en foncé) et dirigent ainsi le lecteur vers les articulations principales de la transition. La sélection d'une cellule avec le curseur a les répercussions suivantes : (a) la mise en évidence des classes impliquées, (b) l'affichage de la statistique relative à cette transition et (c) la localisation dans l'espace géographique des changements en question. Voir en annexe E pour une version agrandie de la figure.

Vers une économie de moyens : conséquence fondamentale

La nature de l'analyse du changement d'occupation du sol implique que le nombre de transitions qu'il est possible d'observer s'élève au carré du nombre de classes en présence. Dans l'exemple présenté à la figure 10.12, le nombre potentiel de transitions est de 90, le nombre réellement observé est de 64. L'ensemble de ces transitions ne peut être représenté simultanément sur une carte imprimée, ou statique, si l'on observe les règles de sémiologie graphique en vigueur en cartographie (Bertin, 1967; Tufte, 1998).

Dans un même temps, fournir sur un support papier ou numérique autant de cartes qu'il y a de transitions observées constitue une entreprise fastidieuse, qui ne favorise pas forcément le raisonnement. L'utilisateur des cartes se perd parmi les nombreuses vues dont il dispose.

Ces deux observations rendent la forme interactive et dynamique de la matrice de transition d'autant plus nécessaire. Elle permet de regrouper au sein d'un champ de vision minimal un maximum d'informations et de lui associer dynamiquement sa distribution dans l'espace géographique. Elle peut ainsi être perçue comme un moyen efficace et économique de communiquer l'information relative à l'occupation du sol.

Effet de l'ordre des classes sur le message

Nous observons que l'ordre dans lequel les classes d'occupation du sol sont présentées, ⁽¹⁾ dans la représentation du bilan des gains et des pertes et ⁽²⁾ dans celle de la matrice de transition, peut avoir un effet direct sur le message qui est véhiculé.

Dans le cas du bilan, l'adoption d'un ordre de classes selon leur importance (descendant ou ascendant) favorise la comparaison entre voisines.

Dans le cas de la matrice, un ordre des classes peut être adopté afin de mettre en évidence une information relative aux mutations d'un champ d'abstraction supérieur (Chételat, 2005). Chaque transition exprime une mutation particulière, par exemple ouverture *versus* fermeture du paysage ou encore anthropisation⁴ *versus* "naturalisation".

Exploration interactive de l'occupation du sol : synthèse

L'exploration interactive de l'occupation du sol, composante du contexte environnemental d'une communauté, au travers du bilan d'évolution et de la matrice de transition, veut favoriser l'appréhension, par l'anthropologue, de ce phénomène. Les mécanismes de communication mis en oeuvre ont pour effet de susciter l'association de la nature des transitions d'occupation du sol observées et de l'espace géographique dans lequel elles prennent place. Cet effet ne peut pas être obtenu par la cartographie "classique".

Le va-et-vient entre une représentation analogique du phénomène et une représentation numérique apparaît être un élément central de l'exploration. La forme analogique de la matrice, jeu de cellules aux tons variables, dirige l'utilisateur vers la forme numérique des valeurs numériques associées à chaque maille. Cette forme numérique appelle à son tour un retour à la forme analogique de la carte pour mettre en évidence la répartition de la transition dans l'espace géographique.

Le cas de l'occupation du sol met bien en évidence la valeur ajoutée de l'interactivité et de la dynamique apportées à des outils méthodologiques existants, tels que le bilan et la matrice de transition.

Les deux cas présentés jusqu'ici considèrent séparément les phénomènes associés au milieu d'une communauté, à savoir le relief et l'environnement. Leur intégration conjointe doit permettre une interprétation simultanée des informations relatives à chacun, et ainsi atteindre un champ d'information supérieur relatif au milieu dans sa globalité.

⁴L'anthropisation définit un accroissement de l'effet de l'homme sur les milieux naturels. Nous lui opposons le néologisme "naturalisation".

10.5 EXEMPLE D'INTERFACE D'EXPLORATION DE LA POPULATION

Les thèmes insérés dans l'interface interactive jusque-là présentaient, certes, un intérêt pour l'anthropologue, sans pour autant reposer sur une information de nature anthropologique. Nous présentons ci-dessous le thème de la population d'une communauté, lequel constitue un premier pas vers l'intégration d'informations culturelles à l'interface d'exploration.

Vers une spatialisation du thème de la population

Le thème de la population est central à l'anthropologie culturelle (voir chapitre 3). La population est décrite notamment sous les angles de sa composition (démographie) et de sa configuration (articulation sociale). Les deux réunis définissent la structure de la communauté. Les éléments descriptifs sont bien maîtrisés en anthropologie culturelle comme en sciences sociales (Bernard, 2001). Leur ancrage dans l'espace géographique reste néanmoins une dimension peu exploitée (Schensul et al., 1999; Aldenderfer et Mashner, 1996).

La distribution spatiale des diverses couches de la population constitue un besoin reconnu à l'étude intégrée de la communauté (Schensul et al., 1999). Cette information est nécessaire pour compléter la vision que l'anthropologue détient de la population. C'est à ce titre que certaines variables relatives à la population et à sa démographie sont intégrés à l'interface d'exploration géographique. Nous en détaillons certains aspects ci-dessous avant de présenter leur intégration au prototype de communication.

Données démographiques et caractérisation de la population

Les données relatives à la population sur laquelle se base ce cas de représentation interactive proviennent de l'étude de la société Wola présentée à la section 1.5. Elles ont été acquises lors d'une série de six recensements effectués entre 1973 et 1997. Ces données sont structurées (voir chapitre 7) et intégrées en base de données. Les données brutes permettent, par analyse, de formuler trois types d'informations agrégées relatives à la population.

La première information susceptible d'être extraite de la base de donnée correspond à l'organisation des groupes sociaux constitutifs de la société. Ces groupes sont identifiés selon une relation d'appartenance présentée à la section 6.3. Ils permettent d'établir une matrice d'organisation des groupes en fonction des extensions sociales de la communauté. Un exemple de matrice est rapportée à la table 10.3.

Le deuxième type d'information correspond aux traits démographiques, tels que la pyramide des âges, la répartition des genres ou encore les différents statuts sociaux. Ces informations sont confrontées à chacun des groupes issus de la matrice d'organisation. La table 10.4 présente, sous une forme synthétique, les diverses variables démographiques intégrées à ce travail.

Le troisième type d'information correspond à la distribution spatiale des divers groupes. Leur ancrage dans l'espace géographique se traduit par l'emplacement, d'une part, des habitations et, d'autre part, des terres cultivées associées au groupe par une relation de jouissance (voir section 6.3). La dimension spatiale est donc

TAB. 10.3 Matrice d'organisation des groupes sociaux de la société Wola. Cette matrice est basée sur les données d'appartenance des individus acquises lors du recensement de 1976. Elle met en évidence l'imbrication des différentes extensions sociales, à savoir la famille au sens strict (*sem*), la famille étendue (*semgeⁿk*) et la communauté (*semonda*).

<i>semonda</i>	<i>semgeⁿk</i>	nombre de <i>sem</i>
<i>Aenda</i>	<i>Huwlael</i>	12
	<i>Maenget</i>	7
	<i>Mayka</i>	4
	<i>Meng</i>	1
	<i>Puwgael</i>	6
	<i>Wenga</i>	4
<i>Ebay</i>	<i>Ind</i>	10
	<i>Kolomb</i>	9
	<i>Piywa</i>	2

TAB. 10.4 Variables démographiques d'un groupe intégrées à l'interface d'exploration géographique.

<i>variable</i>	<i>description</i>	<i>représentation associée</i>
Evolution	Evolution de population	graphique
Groupes d'âge	Individus par tranche d'âge et par genre	pyramide
Genres	Individus par genre	valeur
Population	Individus total de la population	valeur
Statut social	Individu par statut social	histogramme

présente dans le raisonnement anthropologique. La transposition dans l'espace géographique ouvre la voie à une quantification rigoureuse et des possibilités de représentations plus suggestives.

Il devient possible de constituer une vision synthétique et globale de la population. Il s'agit maintenant de définir les formes que ces informations doivent adopter pour être soumises à l'interprétation experte de l'anthropologue, ainsi que les champs d'interactivité et de dynamique qu'elles requièrent.

Représentation interactive de la population

La transposition des analyses démographiques et structurelles vers l'interface d'exploration géographique impose que nous leur associons des représentations spécifiques. La matrice d'organisation des groupes sociaux est reproduite de manière graphique sans modification autre que graphique. Plusieurs formes visuelles courantes en sciences sociales sont attribuées aux variables démographiques et sociales (voir table 10.4). Les règles de sémiologie graphique édictées par Edward Tufte (1998) sont respectées. Les représentations ainsi construites assurent une communication simple mais efficace de l'information. Finalement, la distribution spatiale

d'un groupe est représentée par l'enveloppe de l'habitat de ces individus. Ces représentations sont illustrées à la figure 10.13.

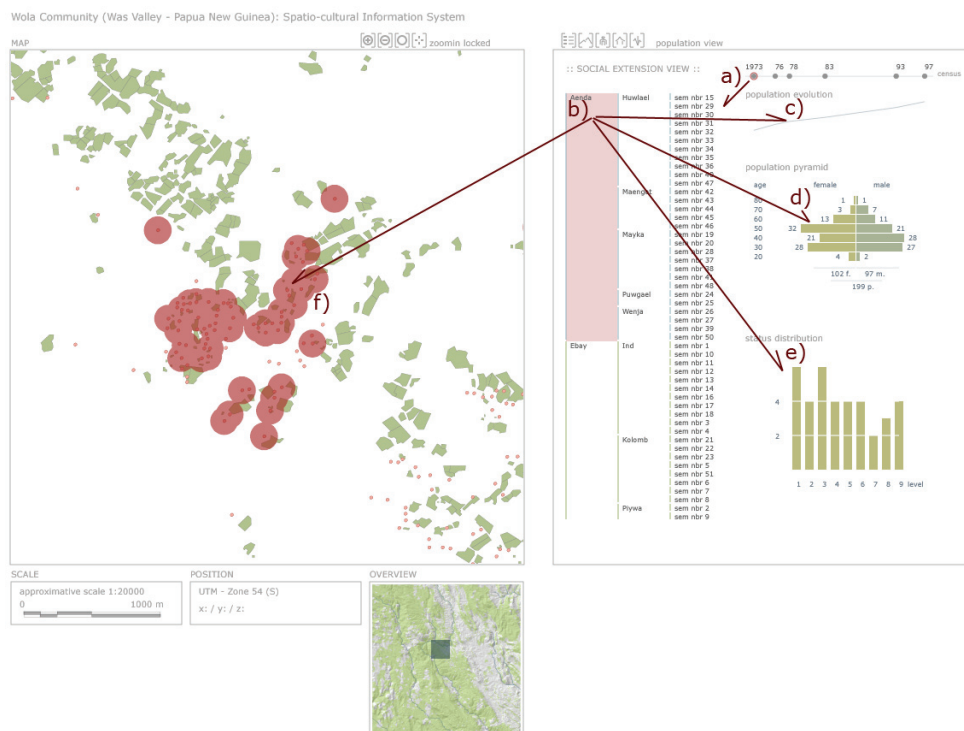


FIG. 10.13 Représentation de la structure et des traits démographiques de la société Wola. Une échelle temporelle (a) permet de choisir l'année du recensement à représenter. Ce choix permet de définir et de représenter la matrice d'organisation des groupes sociaux (b). La sélection d'un groupe à l'aide de la souris engendre l'affichage des traits démographiques de celui-ci (c) (d) (e). Dans le même temps, la distribution spatiale du groupe est mise en évidence dans la carte (f). Voir en annexe E pour une version agrandie de la figure.

Ces trois informations complémentaires font l'objet d'une intégration conjointe dans le but de favoriser leur interprétation par l'anthropologue.

Représentation tour à tour informationnelle et "navigationnelle"

Certains éléments de représentation de la population intégrés à l'interface ont, tour à tour, un rôle qui est de véhiculer une information et de permettre à l'utilisateur de "naviguer". Cette observation est illustrée par deux exemples présentés ci-dessous.

L'échelle de distribution temporelle des recensements a pour but de renseigner l'anthropologue sur la série temporelle de données à disposition. Elle prend également le rôle d'outil graphique de sélection d'un état spécifique. Elle permet de faire apparaître la matrice d'organisation correspondante au recensement choisi.

A son tour, la matrice d'organisation, dont le rôle premier est de présenter la hiérarchie des groupes sociaux, devient un outil de sélection du groupe pour afficher ses traits démographiques et sociaux.

De manière plus générale, le double rôle informationnel et “navigationnel”⁵ de la représentation permet à l'anthropologue d'affiner, ou au contraire de synthétiser sa vision de la société et de ses individus selon son raisonnement. Ce cheminement parmi les niveaux d'extension sociale soutient sa démarche exploratoire.

Vers une interprétation éclairée des représentations : rôle et forme du diagramme d'analyse

Nous avons exprimé en introduction le besoin de fournir à l'anthropologue les moyens nécessaires pour procéder à une interprétation aussi éclairée que possible des représentations qui lui sont soumises. Ceci implique que les analyses qui les soutiennent soient documentées, et que cette documentation lui soit accessible.

En science de l'information géographique, le diagramme d'analyse (ou de traitement) remplit ce rôle. Il en décrit les étapes : l'extraction des données, leur analyse et la formalisation des résultats. La description détaillée qu'offre le diagramme d'analyse s'appuie sur un séquençage de tous les processus de traitement numérique de l'information. La figure 10.14 présente un exemple de diagramme fonctionnel pour l'établissement de la pyramide des âges d'un groupe social.

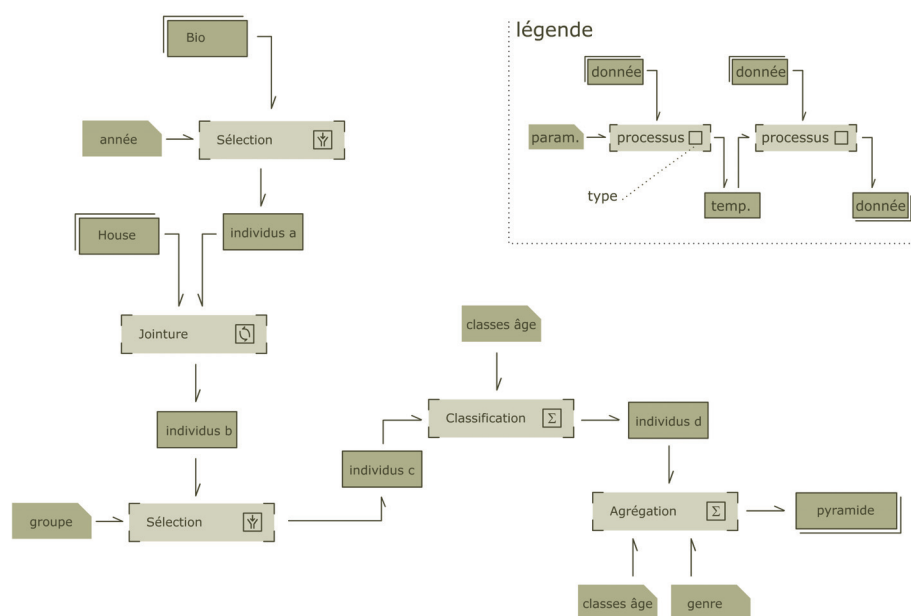


FIG. 10.14 Diagramme fonctionnel de traitements pour l'établissement de la pyramide des âges d'un groupe social.

⁵Le terme “navigationnel” est emprunté au jargon informatique francophone : qui concerne la navigation, ou le cheminement.

La fonction première du modèle de traitement est de permettre que l'analyse soit répétée. Il est nécessaire que celui-ci soit documenté jusqu'au détail des fonctions impliquées. Du point de vue de l'anthropologue, le besoin d'intégrer le diagramme d'analyse à l'interface d'exploration n'est pas dirigé par la volonté d'assurer la reproductibilité des traitements, mais par celle de cerner l'origine des données et les manipulations subies. En d'autres termes, comprendre l'articulation des concepts de l'analyse. Ces regards différents sur la documentation des analyses proposées ont des conséquences sur son contenu et sa forme.

De manière analogue à l'observation faite en conclusion de la partie III selon laquelle le modèle conceptuel ne constitue pas un objet de dialogue efficace avec l'anthropologue, le diagramme de traitement utilisé traditionnellement en science de l'information géographique n'est pas d'avantage approprié pour la documentation des représentations soumise à l'anthropologue.

Une solution plus efficace est trouvée en omettant les fonctions pour ne conserver que les concepts. La représentation gagne en clarté de lecture et de compréhension comme l'illustre la figure 10.15. En résumé, le diagramme fonctionnel des analyses se réduit en un diagramme conceptuel.

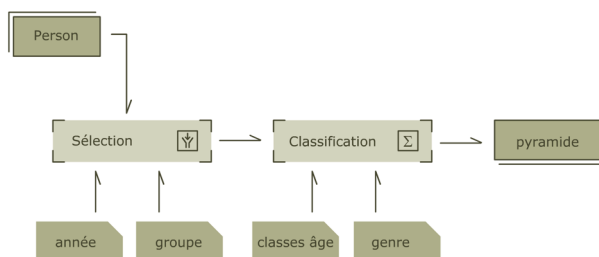


FIG. 10.15 Diagramme conceptuel de traitements pour l'établissement de la pyramide des âges d'un groupe social.

Exploration interactive de la population : synthèse

L'exemple de la population constitue un premier pas vers l'intégration de données de nature anthropologique à l'interface exploratoire. Cette intégration est la manifestation d'un apport de complexité croissante de l'interprétation de l'anthropologue auquel sont soumises des informations toujours plus riches et plus diverses.

L'introduction du thème central de la démographie met en évidence le processus de spatialisation des données anthropologiques, lequel favorise l'extension du raisonnement de l'anthropologue à l'espace géographique.

Cet exemple met également en évidence l'apport pour l'exploration de la hiérarchie informationnelle, allant du général au particulier.

10.6 EXEMPLE D'INTERFACE D'EXPLORATION DES ÉCHANGES SOCIO-POLITIQUES

Le cas des échanges socio-politiques est un deuxième thème anthropologique. Il étend l'éventail des dimensions (thématique, spatiale et temporelle) de la connaissance déjà introduites à une quatrième : la dimension relationnelle (voir section 6.6). La modélisation des relations sociales au sein d'une communauté ou entre plusieurs d'entre-elles fait intervenir des structures particulières, comme nous l'avons démontré aux chapitres 6 et 7. La représentation interactive de ces relations fait également appel à des concepts spécifiques. L'exemple des échanges socio-politiques dans la société Wola permet de les identifier et de les confronter à l'expertise anthropologique.

Les échanges socio-politiques

Des échanges de biens entre personnes ont lieu dans toutes les sociétés. Une grande diversité caractérise ces échanges (Barnard et Spencer, 2002). Ils sont le fait d'une volonté individuelle ou communautaire. Ils surviennent de manière spontanée ou lors d'événement marquants. Leur nature est de type économique ou encore socio-politique.

Les échanges socio-politiques tels que ceux observés chez les Wola (Sillitoe, 1979) présentent les caractéristiques suivantes. Ils apparaissent lors d'événements particuliers au sein d'une communauté ou d'un groupe de celle-ci. Ces événements sont de natures diverses : les conflits, les guerres, les décès ou encore les mariages. Les biens échangés correspondaient majoritairement à des colliers de perles et à des cochons, qui, peu à peu, sont remplacés par de la monnaie (Paul Sillitoe, commentaire personnel). Les rôles associés à ces échanges sont ⁽¹⁾, pour chaque individu qui y prend part, l'établissement d'un réseau social sécuritaire au sein de la communauté et ⁽²⁾, pour la communauté, la garantie de l'ordre social en son sein (Sillitoe, 1979; Sillitoe, 1998b). Ces dernières observations renforcent l'idée d'intégrer la notion de relation sociale au raisonnement anthropologique, et justifient le choix de l'intégrer à l'interface d'exploration géographique.

Les données utilisées, pour concevoir et tester le système présenté ci-dessous, sont tirées de l'ouvrage *Give and Take* de Paul Sillitoe (1979). La structure de données associée aux échanges socio-politiques, comme économiques d'ailleurs, est présentée au chapitre 7, et en particulier à la figure 7.6. L'exemple choisi pour illustrer cette dimension de la connaissance anthropologique repose sur la séquence d'échanges *ol tobway / ol bay* qui a suivi la mort de la fille de Mayka Sazyi (Sillitoe, 1979, p.212).

Une fois saisies, les données élémentaires relatives à ces échanges (voir table 10.5) ont donné lieu à une synthèse, dont, nous présentons ci-dessous les principales analyses statistiques et spatiales.

Analyse des échanges socio-politiques

Ces différentes analyses sont présentées ci-dessous sous la forme d'une liste synthétique.

TAB. 10.5 Aperçu des transactions observées lors de la séquence d'échanges *ol tobway / ol bay* qui ont suivi la mort de la fille de Mayka Sazi.

<i>Transaction</i>	<i>Donneur</i>	<i>Receveur</i>	<i>Bien</i>	<i>Quantité</i>
1	223	190	Collier de perles	2
2	190	223	Collier de perles	1
3	681	192	Collier de perles	1
4	281	211	Collier de perles	1
5	211	281	Collier de perles	4
...				

- La synthèse temporelle des événements, agrégés par année ;
- La synthèse temporelle des événements pour une période de dix ans, agrégés selon leur nature ;
- Une brève description d'un événement choisi ;
- Le bilan des biens impliqués dans un événement choisi ;
- Le bilan des individus impliqués et des groupes d'appartenance pour un événement choisi ;
- La matrice des échanges individuels (voir tables 10.6), dénombrant les biens impliqués ;
- La localisation des habitations de chaque individu impliqué dans les échanges.

Ces analyses et synthèses ont été automatisées à travers une série de requêtes en langage SQL, afin de permettre leur appel dynamique par la suite.

TAB. 10.6 Matrice des transactions observées lors de la séquence d'échanges *ol tobway / ol bay* qui ont suivi la mort de la fille de Mayka Sazi. Les donneurs sont reportés en ligne et les receveurs en colonne. Les biens impliqués correspondent à des colliers de perles.

	<i>190</i>	<i>211</i>	<i>223</i>	<i>281</i>	<i>681</i>	<i>...</i>
<i>190</i>		0	1	0	0	...
<i>211</i>	0		0	4	0	...
<i>223</i>	2	0		0	0	...
<i>281</i>	0	1	0		0	...
<i>681</i>	0	0	0	0		...
<i>...</i>

Représentation interactive des échanges socio-politiques

La représentation interactive des échanges socio-politiques correspond à la transposition des analyses et des synthèses énumérées ci-dessus sous une forme graphique. Elle repose sur trois éléments clés dont l'enchaînement est conforme à un principe de communication de l'information allant du général au particulier. Ces éléments sont ⁽¹⁾ la distribution temporelle des événements, ⁽²⁾ la description synthétique des échanges qui composent un événement, et ⁽³⁾ la représentation des échanges individuels au sein des espaces relationnel et géographique. La figure 10.16 réunit l'ensemble des éléments d'exploration.

La représentation de la distribution temporelle des événements utilise la métaphore de la ligne temporelle (voir lettre ^(a) figure 10.16) le long de laquelle sont distribués des événements observés. Les événements y apparaissent de manière ponctuelle selon une unité temporelle d'une année. La sémiologie simple adoptée met en évidence la fréquence d'apparition d'événements. Plus le nombre d'événements est élevé, plus la couleur du symbole associé est soutenue. A ce stade, aucune distinction n'est faite sur la nature des événements. C'est le rôle de la matrice des événements (voir lettre ^(b)) qui restreint la fenêtre temporelle pour enrichir son contenu d'une classification des événements selon leur nature. Le choix de la position de la fenêtre dans le temps se fait au moyen d'un curseur temporel que l'utilisateur déplace. La matrice temporelle permet à son tour de choisir un événement particulier dans le but d'accéder à une description de l'événement et au détail des échanges.

La description d'un événement (voir lettre ^(c) figure 10.16), le bilan des biens (voir lettre ^(d)) et la synthèse des personnes impliquées (voir lettre ^(e)) utilisent une forme de représentation textuelle qui correspond à la simple transposition des résultats d'analyse.

La représentation du détail des échanges prend place au sein de deux espaces distincts. Le premier correspond à l'espace relationnel qui repose sur l'appartenance des individus impliqués aux différents groupes sociaux qui composent la société Wola. Le graphe relationnel des échanges (voir lettres ^(f) et ^(g) figure 10.16) a pour rôle de les situer au sein d'un tel espace. Le deuxième correspond à l'espace géographique. Le graphe spatial des échanges (voir lettre ^(h)) au sein de cet espace repose sur la localisation des habitations des personnes impliquées et la représentation d'un lien virtuel entre ces couples d'emplacements.

Distances et anomalies

Les représentations des graphes relationnel et spatial des échanges, prises isolément, appréhendent les distances, sociales et spatiales, qui séparent les individus, et mettent en évidence les éventuelles "anomalies".

Le graphe relationnel des échanges socio-politiques véhicule un message relatif à l'appartenance de chaque individu aux différentes unités sociales (voir section 6.3). Cette information met en évidence la distance sociale qui sépare les individus liés par des échanges. Cette distance repose sur l'appartenance à des groupes identiques ou distincts d'abord à l'échelon des *semgeⁿk*, puis à celui des *semonda* (voir figure 10.16).

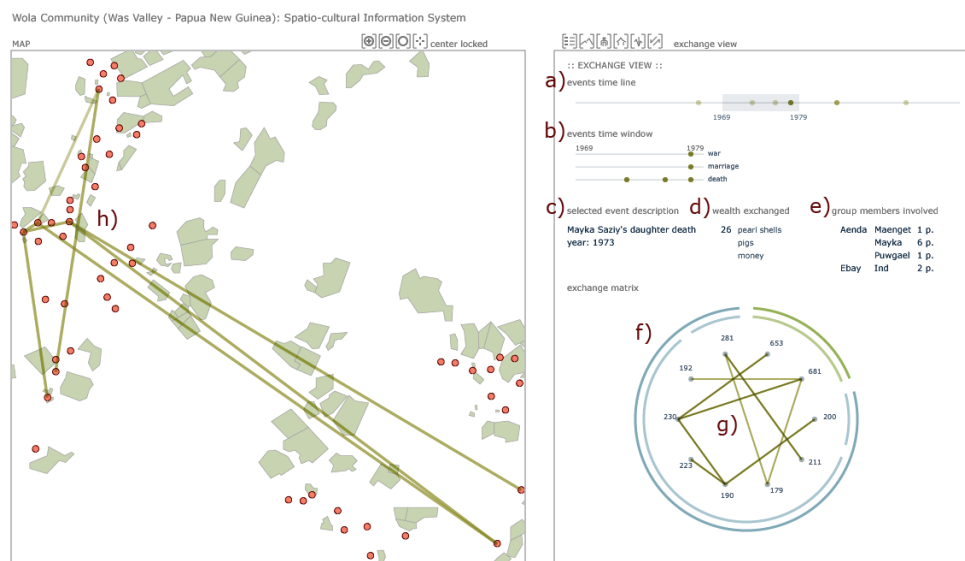


FIG. 10.16 Représentation interactive des échanges socio-politiques au sein de la société Wola. Une ligne temporelle (a) met en évidence les événements qui ont donné lieu à des échanges. Cette représentation permet en outre de choisir la fenêtre (temporelle) qui définit la matrice temporelle des événements (b). Le choix d'un événement en particulier dans cette matrice permet d'en afficher une description sommaire (c) et d'en dresser les bilans de biens échangés (d) et des personnes et groupes impliqués (e). De plus, le graphe des échanges individuels (g) est créé. La synthèse des groupes impliqués est complétée par sa représentation (f) qui encadre le graphe des échanges. Finalement, chaque transaction est représentée dans l'espace géographique (h). Voir en annexe E une version agrandie de la figure.

La distance sociale permet de définir une notion plus abstraite, l'anomalie sociale. En effet, une distance "anormale" entre des individus liés par des échanges est la manifestation d'un processus qui échappe à la structure des groupes sociaux. L'exemple des échanges rapporté à la figure 10.16 présente une telle anomalie, les échanges prenant place entre deux *semonda* différentes. La représentation en arcs de cercle concentriques et colorés favorise l'identification de telles anomalies. Nous laissons à l'anthropologue le soin d'en définir la signification. Notre rôle se limite à les mettre en évidence.

Le graphe spatial des échanges soutient deux notions similaires à celles présentées ci-dessus. La distance géographique qui sépare les individus permet de mettre en évidence des anomalies éventuelles dans leur distribution spatiale. Dans l'exemple mentionné ci-dessus, l'anomalie sociale relevée se retrouve au niveau spatial comme le montre la figure 10.16.

Cette dernière observation démontre que la prise en compte simultanée des deux représentations renforce encore l'interprétation des phénomènes.

Exploration interactive des échanges socio-politiques : synthèse

Cette facette supplémentaire de l'interface d'exploration géographique a introduit la dimension relationnelle essentielle à l'étude anthropologique. La spatialisation

des relations, dans ce cas précis des échanges socio-politiques, et leur représentation interactive et dynamique soutiennent le raisonnement anthropologique en lui permettant d'accéder rapidement et sans contrainte technique à des champs d'abstraction supérieure. Les notions de distance sociale ou spatiale et d'anomalie en témoignent.

Le cas des échanges socio-politiques clôt notre présentation des divers visages de l'interface d'exploration géographique. La section qui suit propose une synthèse des diverses caractéristiques de l'interface d'exploration géographique présentée.

10.7 INTERFACE D'EXPLORATION GÉOGRAPHIQUE : SYNTHÈSE

La présentation de l'interface d'exploration géographique faite dans ce chapitre donne un aperçu complet des concepts qui sont associés à la représentation interactive et dynamique. Elle met également en évidence certaines conséquences fondamentales ou technologiques liées à la mise en oeuvre d'une telle interface. L'apport de chaque volet de l'interface au processus de raisonnement de l'anthropologue n'est pas oublié. Notons que cette présentation ne couvre pas l'entier des facettes intégrées : ainsi, la caractérisation des plantages, celle des cultures et celle des habitations en sont volontairement écartées. La raison en est que les concepts qui dirigent la communication de ces thèmes sont similaires à ceux présentés pour l'occupation du sol ou la démographie.

Deux questions de recherche posées en tête de partie IV sont encore partiellement sans réponse. Nous pouvons maintenant y répondre.

Quel message formuler afin de renforcer la compréhension des phénomènes culturels dans l'espace géographique ?

→ **La ScIG ne peut répondre seule à cette question.**

La réponse est de nature interdisciplinaire. Elle réside plus dans la méthode de formulation du message que dans le message lui-même. La concertation des deux disciplines doit conduire à mettre en évidence les besoins de l'anthropologue. Ceux-ci seront par la suite traduits en données, en analyses et en représentations par le spécialiste en ScIG.

Quelles opportunités et quelles difficultés représente la démarche choisie pour la science de l'information géographique ?

→ **Les diverses conséquences fondamentales et technologiques présentées nous ont permis d'identifier les difficultés de la démarche pour la ScIG.**

Nous poursuivons notre propos par une critique rétrospective de l'exploration interactive des données d'intérêt anthropologique en conclusion de la partie IV.

Conclusion intermédiaire

Nous concluons cette partie IV sur une analyse critique de l'interface d'exploration géographique : son rôle, ses apports et ses limites, tant du point de vue de la science de l'information géographique que de celui de l'anthropologie culturelle.

La démarche de conception de l'interface d'exploration géographique a permis de répondre aux diverses questions de recherche formulées en tête de cette partie. Sur la base des observations faites, cette interface constitue un apport innovant pour la communication entre les deux disciplines impliquées. Elle respecte les niveaux de complexité du message et de simplicité de la technicité requise pour y accéder. Cette complexité constitue simultanément une force et une faiblesse de l'interface : une force, car elle pourra satisfaire les besoins de l'anthropologue ; une faiblesse, car elle pourra difficilement être réutilisée telle quelle dans d'autres disciplines ou à la communauté indigène, hermétiques soit au contenu, soit à la forme du message.

Rôle de l'interface exploratoire

L'interface d'exploration géographique permet, au travers de son interactivité et de ses représentations dynamiques, de rapprocher l'anthropologue des données et des analyses spatiales tout en soutenant une démarche exploratoire. D'une manière plus générale, elle a comme fonction de décharger l'anthropologue des opérations d'analyse des données numériques pour focaliser son attention sur l'interprétation des représentations.

L'interface devient alors plus qu'un outil informatique : un moteur de stimulation de l'intuition qui alimente la navigation exploratoire au milieu des représentations. Elle répond formellement et rapidement aux interrogations qui émergent du raisonnement de l'anthropologue.

Intégration de l'expertise anthropologique

Au moment de l'interprétation, réapparaissent les connaissances de l'anthropologue que la science de l'information géographique n'a pas pu intégrer. L'expertise et la compréhension des phénomènes culturels que détient l'anthropologue lui permettent de donner du sens aux représentations. Ainsi, l'interface constitue un soutien aux heuristiques propres à l'anthropologie culturelle.

Notons qu'à aucun moment la science de l'information géographique ne s'immisce dans le raisonnement de l'anthropologue. Elle le suscite en stimulant la curiosité de l'expert. C'est à ce dernier que revient le droit de critiquer la pertinence du message délivré, et de lui associer une signification.

Au final, l'exploration offre l'induction de nouvelles connaissances, impliquant une connaissance forte *a priori* pour soutenir pleinement ce processus d'inférence.

Caractères itératif et interactif de l'interface

L'interface d'exploration géographique présente un caractère itératif marqué, tant dans sa conception que dans son utilisation.

Lors de la conception, la démarche adoptée a mis en évidence ce caractère par le mouvement de va-et-vient entre le concepteur et les utilisateurs afin de soumettre chaque état à la critique. Cette approche progressive et entrecoupée de phases de validation a été adoptée dans le but de permettre la conception d'une solution qui soit aussi proche des besoins des utilisateurs que possible. Ceci a permis d'atteindre un degré élevé de pertinence et de réalisme des développements proposés. Dans le même temps, cette approche s'est avérée adéquate pour favoriser l'appropriation de la solution par ses utilisateurs.

L'utilisation de l'interface matérialisée par la navigation exploratoire de l'anthropologue est un processus itératif en lui-même. L'interprétation, par l'anthropologue, du message visualisé, appelle une manipulation des objets de la représentation (modification du point de vue, du contenu ou de la forme). Cette manipulation produit une nouvelle vue qui est interprétée, et ainsi de suite. Le regard lui-même est itératif, l'anthropologue, sans manipulation, passe d'une représentation analogique qui suscite l'intuition, à une représentation numérique qui vient la conforter.

Nous observons que les différentes formes d'itération s'imbriquent comme l'illustre la figure C.I.1.

Vers un ultime état de résonance

Les différents mouvements d'itération associés à l'exploration des données anthropologiques enrichissent son raisonnement. En émergence, ce mouvement peut induire de nouveaux besoins et de nouvelles idées. Ce processus est parfaitement illustré par la métaphore du principe de la résonance (ou devrions-nous parler de "raisonnance") : phénomène physique de transfert et d'amplification d'énergie provoqué par l'entrée des éléments dans un état de cohérence vibratoire.

Accéder à cet ultime état de résonance, qui se concrétise par de nouvelles connaissances pour l'anthropologue (voir figure C.I.2), constitue un élément de validation

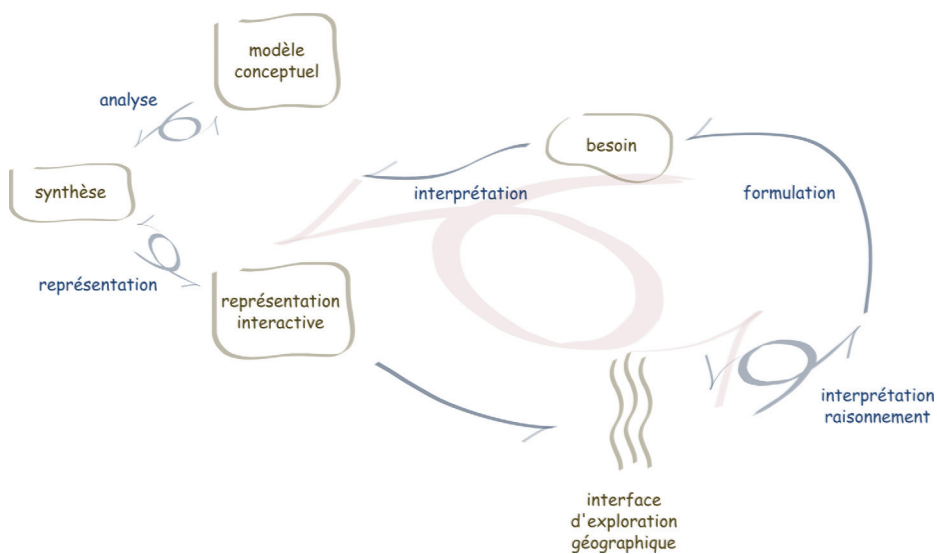


FIG. C.1.1 Représentation du processus itératif de conception et d'utilisation de l'interface d'exploration géographique.

objective (Walliser, 1977, p.178) de l'interface d'exploration géographique comme moyen de communication entre les deux disciplines.

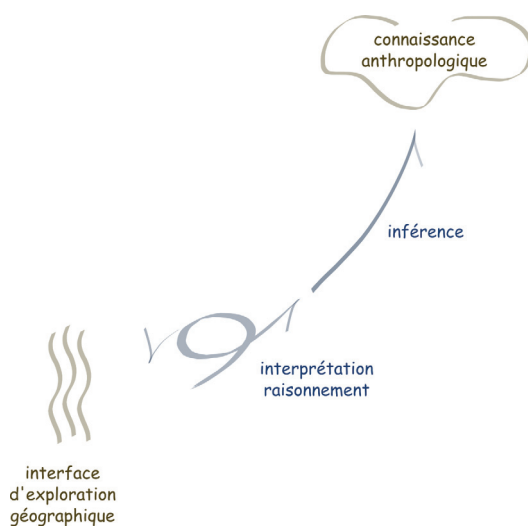


FIG. C.1.2 Processus d'inférence comme ultime résonance de l'exploration.

11

SciIG et anthropologie : bilan d'une tentative de rapprochement

Le livre est plus vaste encore que ce spectacle [...] car au fait il ajoute l'idée.

— Victor Hugo, Shakespeare, 1864.

11.1 DE LA MODÉLISATION À LA REPRÉSENTATION INTERACTIVE, SYNTHÈSE D'UNE DÉMARCHE GLOBALE

Le présent travail comporte à notre avis deux apports majeurs : le premier relève de la modélisation de la connaissance et le deuxième de la valorisation des données par leur exploration visuelle.

La partie III a permis de présenter une première contribution novatrice, à savoir la modélisation de la connaissance anthropologique. Le modèle de connaissance, support intermédiaire à la communication interdisciplinaire, et le noyau explicite de la connaissance anthropologique, part exploitable par la science de l'information géographique, constituent les apports majeurs de notre recherche dans le but de rapprocher ces disciplines aux épistémologies distantes.

La partie IV rend compte d'une démarche innovante pour le développement d'une interface dédiée à l'exploration des données anthropologiques projetées dans l'espace géographique. Son caractère itératif à plusieurs niveaux soutient une consolidation progressive du message visuel qui est soumis à l'expertise de l'anthropologue. Le rôle de l'interface d'exploration géographique est de susciter l'intuition par la richesse et la diversité des représentations produites. Le degré élevé d'interactivité offert par cette solution soutient la navigation exploratoire ("déambule" informationnel) de l'anthropologue, qui se fraie progressivement un chemin de raisonnement par de nouvelles synthèses visuelles qui émergent de ses données.

Les thèmes de la modélisation et de la représentation se succèdent dans le cycle de vie de l'information géographique (voir section 2.1). Un mouvement de va-et-vient est observé entre les deux disciplines, mouvement qui correspond à l'identification progressive de nouveaux besoins en termes de modélisation et de représentation. Cette itération prend place à l'échelon du projet et englobe les processus mentionnés jusque-là.

11.2 RÔLES SPÉCIFIQUES DES DISCIPLINES

Rôles du spécialiste en ScIG

Le spécialiste en science de l'information géographique endosse plusieurs rôles au sein d'un projet en collaboration avec des anthropologues.

Dans un premier temps, il a la fonction de "modélisateur". Celle-ci consiste d'abord à soutenir la démarche de décomposition de la connaissance opérée par l'anthropologue. Il l'amène à identifier et à déterminer les faits qui composent sa connaissance, et progressivement à construire le schéma de décomposition. Ensuite, il lui revient d'élémentariser les faits anthropologiques en entités, propriétés et relations, pour enfin les organiser au sein du modèle de connaissance. Son rôle de modélisateur se termine par la conception du modèle conceptuel de données. Il remplace du *visible complexe* par de l'*invisible simple*.

Dans un deuxième temps, le spécialiste en ScIG endosse les fonctions d'"analyste" et de "visualisateur". Il procède à une synthèse des données du système et leur assigne un nouveau visage grâce aux représentations intuitives et interactives qu'il conçoit. Il convertit de l'*invisible simple* en une nouvelle forme de *visible complexe*.

Rôles de l'anthropologue

L'anthropologue, lui, joue deux rôles clés dans le déroulement de la collaboration entre les deux disciplines. Ceux-ci se situent à l'amont et à l'aval des fonctions reconnues au spécialiste en ScIG.

Dans un premier temps, il a pour fonction de décomposer les concepts abstraits de sa connaissance jusqu'à atteindre les faits observables. C'est à lui que revient de diriger ce processus comme détenteur de la connaissance. Il dissèque une réalité *complexe*, pour en extraire des connaissances plus élémentaires.

Dans un deuxième temps, l'anthropologue a pour fonction d'interpréter les représentations des données du noyau explicite. Il lui revient de donner du sens aux éléments visuels qui lui sont soumis. Il interprète le *visible complexe* pour lui attribuer une *signification*. De plus, il est à l'origine de l'identification de nouveaux besoins qui émanent de son raisonnement. Cette observation met en évidence le fait qu'il est bien d'avantage qu'un "utilisateur" de l'interface d'exploration géographique, car il participe à sa conception.

Pour un maintien des savoirs aux disciplines

Il s'avère nécessaire, au vu de ce travail, que chaque discipline observe et conserve son rôle pour la raison suivante. Chacune détient des compétences propres à sa démarche cognitive et reconnues. S'en éloigner reviendrait à empiéter sur les compétences de l'autre. Toute immixtion, voire ingérence dans le champ de compétence de l'autre nuit gravement à la collaboration. Ce problème a été soulevé au chapitre 1 déjà. Nous ne faisons que le réaffirmer avec l'éclairage qu'offre notre recherche.

Nous avons mentionné, en conclusion de la partie II, les résultats simplistes produits par l'utilisation aveugle des méthodes de la science de l'information géographique. Il en va de même pour une interprétation par le spécialiste en science de l'information géographique de ses propres représentations. S'il détient des éléments de compréhension, il est loin de maîtriser le contexte culturel au sein duquel s'insère son travail. Ceci le rend inapte à les interpréter et à leur donner du sens.

Cette observation prône le maintien des rôles de chaque discipline, et vient nuancer l'assertion de Russel Bernard (2001) rapportée ci-dessous.

“Whatever our epistemological differences, the actual methods by which we collect and analyze our data belong to everyone across the social sciences.”

Une intégration des efforts de chacun et un échange étroit des contributions paraissent dès lors nécessaires, dans le but de tirer pleinement profit de la collaboration. Nous justifions cette affirmation au point suivant.

11.3 VERS UNE INTÉGRATION SYNCHRONE DES DÉMARCHES

Les rôles propres aux deux disciplines présentent plusieurs zones d'interaction, autant de signes manifestes de coopération. Nous identifions les points suivants : ⁽¹⁾ le processus de décomposition de la connaissance anthropologique, et ⁽²⁾ la formulation de nouveaux besoins et leur traduction en éléments du modèle, en analyses ou encore en représentations.

Ces lieux d'interaction ainsi que le caractère itératif de la mise en oeuvre du système décrit (modèle et interface) mettent en évidence une conséquence fondamentale pour les projets d'aide au développement. L'importance d'une collaboration étroite entre l'anthropologie culturelle et la science de l'information géographique. Afin de tirer profit d'une telle collaboration, il est indispensable d'intégrer les démarches spécifiques à chaque discipline, et ce depuis le début. Cette option met en cause le séquençage “traditionnel” et “cloisonné” des projets. Les interventions disjointes des disciplines (commençant par l'anthropologie qui dresse un portrait de la communauté, pour continuer avec la science de l'information géographique, les sciences environnementales, etc.) ne permettent pas d'avoir accès aux itérations comme mécanisme de conception.

11.4 PERSPECTIVES DE RECHERCHE

La démarche élaborée pour intégrer la connaissance anthropologique à la logique de la science de l'information géographique et ainsi soumettre à l'anthropologue de

nouveaux points de vue d'une part de sa connaissance constitue le point de départ d'une réflexion qui se veut plus large. Le travail exposé fournit les bases nécessaires pour étendre cette réflexion à de nouvelles analyses, à de nouvelles représentations et de nouveaux outils, voire d'autres disciplines.

Pour une analyse formelle de l'utilisabilité et de l'utilité de l'interface

Le processus de validation associé à ce travail repose sur la simple considération d'une hiérarchie d'acceptation et d'appropriation des concepts. Il ne constitue pas en soi une solution robuste du fait du nombre restreint d'utilisateurs impliqués et du caractère simplificateur de la logique adoptée.

Une analyse formelle de l'utilisabilité de l'outil et de l'utilité du message délivré par l'interface exploratoire permettrait d'avoir un champ de prospection intéressant. La faisabilité et la pertinence d'une telle démarche restent pourtant à démontrer tant le lien entre l'utilisabilité et l'utilité est fort. De plus, sa mise en oeuvre rencontre l'obstacle de la spécificité du message (fortement dédié) propre à quelques spécialistes. Il reste difficile de disposer d'un éventail d'anthropologues suffisamment avertis des cas et des méthodes qui leurs seront soumis.

Une démarche de validation adaptée à ce contexte particulier reste donc à établir. Celle-ci pourra être étendue à l'étude des modifications qu'implique l'ouverture à de nouvelles technologies proposée pour l'anthropologue au travers de ses pratiques et de sa perceptions de.

Vers de nouveaux champs d'analyses spatio-relationnelles

La valorisation conjointe des dimensions relationnelle et spatiale de l'information culturelle n'en est qu'à ses débuts. La confrontation de ces deux espaces particuliers, à la rencontre de l'anthropologie culturelle et de la science de l'information géographique, ouvre de nouveaux champs d'investigation tant du point de vue de l'analyse que de la représentation.

La diversification des cas d'étude permettra au final de systématiser le couplage de l'analyse spatiale et de l'analyse de réseau et d'en circonscrire les contours méthodologiques.

Pour un renforcement des fonctionnalités d'aide à l'exploration

L'aide à l'exploration que représente l'interface présentée dans ce travail peut encore être affinée. Certaines pistes de prospection sont visibles, telles que la mise à disposition de l'anthropologue de moyens technologiques ⁽¹⁾ pour enregistrer son cheminement (historique des points de vues) et ⁽²⁾ pour documenter les étapes de son raisonnement (notes relatives à ses interprétations et ses intuitions).

Le couplage des deux devra constituer un carnet de bord de son exploration dont la pertinence et l'utilité restent à confronter aux pratiques anthropologiques.

Vers une extension de la démarche à d'autres disciplines

La plus-value de l'exploration des données à la fois simple et riche ne s'arrête pas, nous pouvons le présumer, à l'anthropologie. D'autres disciplines des sciences sociales ou naturelles sont susceptibles de tirer profit de tels concepts dans leur collaboration avec la science de l'information géographique. Nous pensons à la biologie, la géologie ou encore l'économie. De telles démarches restent, cependant, le fait de personnes sensibles et ouvertes à la logique de la discipline partenaire.

La citation de Victor Hugo que cette conclusion porte en épigraphe comporte plusieurs interprétations possibles. Son choix repose sur l'importance de distinguer la part restreinte de la connaissance anthropologique que la science de l'information géographique est à même de considérer et valoriser ("le spectacle"), face à l'intégralité de cette connaissance ("le livre").

Bibliographie

- Aldenderfer, M. et Mashner, H. : 1996, *Anthropology, Space and Geographic Information Systems*, Oxford University Press, New York
- Alexander, M., Chamundeeswari, K., Kambu, A., Ruiz, M., et Tobin, B. : 2004, *The Role of Registers and Databases in the Protection of Traditional Knowledge*, Institute of Advanced Studies, United Nations University, Tokyo
- Anselin, L., Kim, Y., et Syabri, I. : 2003, *Web-Based Analytical Tools for the Exploration of Spatial Data*, Spatial Analysis Laboratory Department of Agricultural and Consumer Economics University of Illinois
- Asche, H. et Hermann, C. : 1994, Designing interactive maps for planning and education, in A. MacEachren et F. Taylor (eds.), *Visualization in modern cartography*
- Baer, H. et Sieber, R. : 1997, Atlas of switzerland - multimedia version : Concepts, functionality and interactive techniques, in *Proceedings of the 18th International Conference of the ICA*
- Barnard, A. et Spencer, J. : 2002, *Encyclopedia of Social and Cultural Anthropology*, Routledge
- Bédard, Y., Larrivée, S., Proulx, M., et Nadeau, M. : 2004, Modeling geospatial databases with plug-ins for visual languages : A pragmatic approach and the impacts of 16 years of research and experimentation on perceptory, in *COMOGIS Workshops ER2004*, pp 17–30, Shanghai, Chine
- Bédard, Y., Merret, T., et Han, J. : 2001, Fundamentals of spatial data warehousing for geographic knowledge discovery, in H. Miller et J. Han (eds.), *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*, pp 53–73, Taylor & Francis
- Bédard, Y., Proulx, M., Rivest, S., et Badard, T. : 2006, Merging hypermedia gis with spatial on-line analytical processing : Towards hypermedia solap, in E. Stefanakis, M. Peterson, C. Armenakis, et V. Deli (eds.), *Geographic Hypermedia : Concepts and Systems*, pp 167–185
- Bennardo, G. : 2002, *Map Drawing in Tonga, Polynesia : Accessing Mental Representations of Space*, *Field Methods* 14(4), 390

- Berkes, F. : 1999, *Sacred Ecology : Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*, Taylor and Francis, London
- Bernard, R. : 2001, *Research Methods in Anthropology*, Altamira, 3rd edition
- Bertin, J. : 1967, *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*, Gauthier-Villars
- Besson, J.-L. : 1992, *La cité des chiffres*, Sciences en Société, Autrement, Paris
- Bjorke, J. et Nilsen, S. : 2003, *Wavelets applied to simplification of digital terrain models*, *International Journal of Geographical Information Science* **17(7)**, 601
- Blaikie, P., Brown, K., Stocking, M., Tang, L., Dixon, P., et Sillitoe, P. : 1997, *Knowledge in Action : Local Knowledge as a Development Resource and Barriers to its Incorporation in Natural Resource Research and Development*, *Agricultural Systems* **55**, 217
- Bloch, L. : 2005, *Systèmes d'information, obstacles et succès*, Vuibert, Paris
- Boone, M. et Wood, J. : 1992, *Computer applications for anthropologists*, Wadsworth Publishing
- Brandes, U. et Erlebach, T. : 2005, *Network Analysis : Methodological Foundations*, Springer
- Brown, K. : 2002, *Innovation for conservation and development*, *The Geographic Journal* **168(1)**, 6
- Brundtland : 1987, *Development and International Economic Co-operation : Environment*, Technical report, World Commission on Environment and Development, UN, New York
- Brunet, R., Ferras, R., et Théry, H. : 2005, *Les mots de la géographie, dictionnaire critique*, La Documentation Française
- Buzan, T. et Buzan, B. : 1996, *The Mind Map Book : How to Use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential*, Plume
- Caloz, R. et Collet, C. : 1997, *Geographic Information Systems and Remote Sensing in Aquatic Botany : Methodological Aspects*, *Aquatic Botany* **58**, 209
- Caloz, R. et Collet, C. : 2001, *Traitements numériques d'images de télédétection*, Vol. 3 of *Précis de télédétection*, Presses de l'Université du Québec
- Caquard, S. : 2003, *Evolution cartographique et participation publique*, *Revue Internationale de Géomatique* **13(1)**, 15
- Cartwright, W. : 1994, Interactive multimedia for mapping, in A. MacEachren et F. Taylor (eds.), *Visualization in modern cartography*, pp 63–90, Pergamon
- Cartwright, W. : 1997, The application of a new metaphor set to depict geographic information and associations, in *ICA/ACI International Cartographic Conference Proceedings*, pp 654–662, Stockholm, Sweden
- Cartwright, W. : 1999, *Extending the map metaphor using web delivered multimedia*, *International Journal of Geographical Information Science* **13(4)**, 335
- Chambers, R. : 1994, *The origins and practice of participatory rural appraisal*, *World Development* **22(7)**, 953
- Chambers, R. : 2004, *Ideas for development : reflecting forwards*, *IDS Working Paper 238*, Institute of Development Studies, Brighton
- Chapin, M., Lamb, Z., et Threlkeld, B. : 2005, *Mapping Indigenous Lands*, *Annual Review of Anthropology* **34**, 619
- Chapin, M. et Threlkeld, B. : 2001, *Indigenous Landscapes : A Study in Ethnocartography*, Native Lands
- Chatty, D. et Colchester, M. : 2002, *Conservation and Mobile Indigenous Peoples*, Berghahn Books, New York
- Checkland, P. et Scholes, J. : 1999, *Soft Systems Methodology in Action*, Wiley & Sons

- Chen, R. : 1998, An annotated guide to earth remote sensing data and information resources for social science applications, in D. Livermann, E. Moran, R. Rindfuss, et P. Stern (eds.), *People and Pixels*, pp 209–228, National Academy Press, Washington D.C
- Chrisman, N. : 1997, *Exploring Geographic Information Systems*, John Wiley & Sons Inc
- Chrisman, N. : 2000, Building gis without foundations : Ontology from a social practice perspective, in *GIScience 2000*
- Chételat, J. : 2005, *Eléments méthodologiques de diagnostic paysager utilisant les systèmes d'information géographique*, Ph.D. thesis, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
- Cinderby, S. : 1999, *Geographic Information Systems for Participation : The future of environmental GIS ?*, *International Journal of Environment and Pollution* **11(3)**, 304
- Conklin, H., Pinther, M., et Lupaih, P. : 1980, *Ethnographic Atlas of Ifugao : A study of Environment, Culture, and Society in Northern Luzon*, Yale University Press
- Corbett, J. et Keller, C. : 2003, Community information systems, an empowering technology ?, in *Proceedings of the URISA-PPGIS Conference*, Portland
- Couclelis, H. : 2003, *The certainty of uncertainty : GIS and the limits of geographic knowledge*, *Transactions in GIS* **7(2)**, 165
- Crang, M. et Thrift, N. : 2000, *Thinking space*, critical geographies, Routledge, London
- Crawhall, N. : 2003, *Giving new voice to endangered cultures*, [Online; accessed 7-November-2006]
- Cressie, N. : 1991, *Statistics for spatial data*, Wiley, New York
- Dahinden, T., Kellenberger, K., et Fueller, I. : 2004, First steps to a prototype of a digital atlas of the world for schools, in *Proceedings of the 3rd SVG Open Conference 2004*, Tokyo
- Dastani, M. : 2002, *The role of Visual Perception in Data Visualization*, *Journal of Visual Languages and Computing* **13(6)**, 601
- Davis, B. : 2003, *Choosing a method for poverty mapping*, Technical report, Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Deruyttere, A. : 1997, *Indigenous Peoples and Sustainable Development*, Technical Report IND97-101, IADB, Washington D.C.
- Detienne, M. : 2000, *Avec ou sans écriture ?*, *Sciences de l'homme et de la société* **60(60)**, 3
- DiBiase, D. : 1992, *Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization*, *Cartography and Geographic Information Systems* **19**, 201
- Dibiase, D. : 1994, Multivariate display of geographic data, in A. MacEachren et F. Taylor (eds.), *Visualization in modern cartography*, pp 287–312, Pergamon
- Dollfus, O. : 1970, *L'espace géographique*, P.U.F
- Droz, Y. et Mieville-Ott, V. : 2005, *La polyphonie du paysage*, PPUR, Lausanne
- Dunn, C., Atkins, P., et J., T. : 1997, *GIS for development : a contradiction in terms ?*, *Area* **29(2)**, 151
- Dyke, B. : 1981, *Computer simulation in anthropology*, *Annual Review of Anthropology* **10**, 193
- Dykes, J., MacEachren, A., et Kraak, M. : 2005, *Exploring geovisualization*, Pergamon
- Ellanna, L., Sherrod, G., et Langdon, S. : 1985, *Subsistence mapping : an evaluation and methodological guidelines*, Technical report, Alaska Department of Fish Game, Division of Subsistence

- Farina, A. : 1998, *Principles and Methods in Landscape Ecology*, Chapman and Hall
- Fernandez, A. : 2003, *Les nouveaux tableaux de bord des managers : Le projet décisionnel dans sa totalité*, Editions d'Organisation
- Few, S. : 2006, *Information Dashboard Design*, O'reilly
- Fischer, M. : 1994, *Applications in computing for social anthropologists*, ASA research methods series, Routledge
- Fischer, M. : 2004, *Integrating anthropological approaches to the study of culture : the hard and the soft*, *Cybernetics and Systems : An International Journal* **35**, 147
- Fischer, M. : 2005, *Culture and indigenous knowledge systems : emergent order and the internal regulation of shared symbolic systems*, *Cybernetics and Systems : An International Journal* **36**, 735
- Fischer, M., Read, D., et Lyon, S. : 2005, *Introduction*, *Cybernetics and Systems : An International Journal* **36**, 719
- Flavelle, A. : 2002, *Mapping our Land : A Guide to Making Maps of our Own Communities and Traditional Lands*, Lone Pine Found, Edmonton, Canada
- Fox, J., Suryanata, K., et Hershock, P. : 2005, *Mapping Communities : Ethics, Values, Practice*, East-West Center
- Freeman, L. : 2000, *Visualizing Social Networks*, *Journal of Social Structure* **1(1)**, 1
- Friendly, M. et Denis, D. : 2005, *Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization*, Technical report, Institute for social research, York University, Toronto
- Frost, J. : 2005, *Some Economic and Legal Aspects of Open Source Software*, Dpt of Economics, Univ. of Washington
- Gahegan, M. et Brodaric, B. : 2002, Computational and visual support for geographical knowledge construction, in *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*
- Gahegan, M. et Takatsuka, M. : 2001, An exploration into the definition, operationalization and evaluation of geographical categories, in *Sixth International Conference on GeoComputation*, Brisbane, Australia
- Ganascia, J.-G. (ed.) : 2005, *Communication et connaissance : Supports et médiations à l'âge de l'information*, CNRS Editions
- Golay, F. : 1992, *Modélisation des systèmes d'information à référence spatiale et de leurs domaines d'utilisation spécialisés*, *Ph.D. thesis*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
- Golay, F., Ingensand, J., et Kalbermatten, M. : 2005, *Manuel de modélisation standardisée des géodonnées*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse
- Goodchild, M. : 1992, *Geographical Information Science*, *International Journal of Geographical Information Science* **6(1)**, 31
- Goodchild, M. : 1996, Geographic information systems and spatial analysis in the social sciences, in M. H. Aldenderfer M. (ed.), *Anthropology, Space, and Geographic Information Systems*, pp 241–251, Oxford University Press, New York
- Goodchild, M. et Haining, R. : 2004, *GIS and spatial analysis : converging perspectives*, *Papers in Regional Sciences* **83**, 363
- Goodchild, M. et Janelle, D. : 2004, *Spatially integrated social science*, Oxford University Press
- Graebner, F. : 1924, *Das Weltbild der Primitiven : eine Untersuchung der Urformen weltanschaulichen Denkens bei Natuwoelkern*, Verlag Ernst Reinhardt

- Guarino, N. : 1998, Formal ontology and information systems, in *Proceedings of 1st International Conference on Formal Ontology in Information Systems*
- Guptill, S. et Morrison, J. : 1995, *Elements of spatial data quality*, Pergamon
- Haining, R. : 2003, *Spatial data analysis : Theory and practice*, Cambridge University Press, Cambridge
- Handwerker, W. et Borgutti, S. : 1998, Reasoning with numbers, in H. Bernard (ed.), *Handbook of Methods in Cultural Anthropology*, pp 549–593, AltaMira Press, New York
- Hanneman, R. : 2001, *Introduction to Social Network Methods*, Sociology Dpt, University of California, Riverside, California
- Harris, R. : 1998, *Review of Visualization in the Social Sciences : A State of the Art Survey and Report*, School of Geographical Sciences, University of Bristol, Bristol
- Harvey, F. et Chrisman, N. : 1998, *Boundary objects and the social construction of GIS technology*, *Environment and Planning* **30**, 1683
- Heemskerk, M., Wilson, K., et Pavao-Zuckerman, M. : 2003, *Conceptual Models as Tools for Communication Across Disciplines*, *Conservation Ecology* **7**, 1
- Henninger, N. : 1998, *Mapping and Geographic Analysis of Human Welfare and Poverty*, Technical report, World Resources Institute, Washington D.C.
- Henninger, N. et Snel, M. : 2002, *Where are the Poor? Experiences with the Development and Use of Poverty Maps*, World Resources Institute, Washington D.C.
- Huber, S., Jeller, P., et Ruegsegger, M. : 2005, Thinking modular, toward a plugable atlas user interface, in *Proceedings 22nd International Cartographic Conference A Coruña*
- Hurni, L. : 2004, *Vom analogen zum interaktiven Schulatlas : Geschichte, Konzepte, Umsetzungen*, *Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie* **16**, 222
- Hurni, L., Jenny, B., Gogu, R., Freimark, H., Terribilini, A., et Dietrich, V. : 2005, Geowarn : a web-based atlas information system for volcanic monitoring, in *Proceedings 22nd International Cartographic Conference A Coruña*
- IMALP : 2004, *Implementation of Sustainable Agriculture and Rural Development in Alpine Mountains*, Technical report, Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich
- Imhof, E. : 1982, *Cartographic Relief Presentation*, Walter de Gruyter
- Itten, A. et Bastian, R. : 1970, *Santé! conservation...*, Editions Bastian
- Josselin, D. et Fabrikant, S. : 2003, *Cartographie animée et interactive*, *Revue Internationale de Géomatique* **13**, 1
- Kalbermatten, M. : 2007, *Multiscale analysis of digital elevation models using b-spline decomposition, to be written*
- Koua, E. : 2005, *Computational and Visual Support for Exploratory Geovisualization and Knowledge Construction*, Ph.D. thesis, Utrecht University
- Koua, E. et Kraak, M.-J. : 2004, A usability framework for the design and evaluation of an exploratory geovisualization environment, in *Proceedings of the Eighth International Conference on Information Visualisation*
- Kovalerchuk, B. et Schwing, J. (eds.) : 2004, *Visual and Spatial Analysis*, Springer
- Kraak, M.-J. : 2001, *Web Cartography*, CRC
- Kroeber, A. : 1939, *Cultural and Natural Areas of Native North America*, *University of California Publication in American Archeology and Ethnology* **38**, 242
- Kronenfeld, D. et Hedrick, K. : 2005, *Culture, cultural models and the division of labor*, *Cybernetics and Systems : An International Journal* **36**, 817
- Kuznar, L. et Werner, O. : 2001, *Ethnographic Mapmaking : Part I - Principles*, *Field Methods* **13(2)**, 204

- Langlois, P. et Reguer, D. : 2005, La place du modèle et de la modélisation en sciences humaines et sociales, in Y. Guermond (ed.), *Modélisation en géographie : déterminismes et complexités*, pp 35–49, Hermès-lavoisier, Paris
- Lefebvre, H. : 1991, *The production of Space*, Blackwell Press, Oxford
- Levasseur, E. : 1885, *La statistique graphique*, *Journal of the Statistical Society of London* **50**, 218
- Lewis, B. : 2000, *ArcView 3.2a, MapInfo 6.0, and Manifold 4.5 : A comparative Review of Geographical Information System Software*, *Field Methods* **12(4)**, 358
- Li, Z., Zhu, Q., et Gold, C. : 2005, *Digital Terrain Modeling*, CRC Press
- Lieber, E., Weisner, T., et P., M. : 2003, *EthnoNotes : An Internet-Based Field Note Management Tool*, *Field Methods* **15(4)**, 405
- Lindholm, M. et Sajarkoski, T. : 1994, Designing a visualization user interface, in A. MacEachren et F. Taylor (eds.), *Visualization in modern cartography*, pp 167–184, Pergamon
- Livermann, D., Moran, E., Rindfuss, R., et Stern, P. : 1998, *People and Pixels*, National Academy Press, Washington D.C
- Lohisse, J. : 1998, *Les Systèmes de communication : Approche socio-anthropologique*, Armand Colin
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., et Rhind, D. : 2001, *Geographical Information Systems and Science*, Wiley
- Lucchini, F. : 2005, La formalisation des connaissances dans un système simplifiant la réalité, in Y. Guermond (ed.), *Modélisation en géographie : déterminismes et complexités*, pp 75–105, Hermès-lavoisier, Paris
- MacEachren, A. et Taylor, F. : 1994, *Visualization in modern cartography*, Pergamon
- MacEachren, A. M. et Kraak, M.-J. : 1997, *Exploratory cartographic visualization : advancing the agenda*, *Comput. Geosci.* **23(4)**, 335
- Mark, D. : 2000, *Geographic Information Science : Critical issues in an emerging cross-disciplinary research domain*, *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association* **12(1)**, 45
- Mark, D. : 2002, Geographic information science : Defining the field, in M. Duckham, M. Goodchild, et M. Worboys (eds.), *Foundations of Geographic Information Science*, CRC Press
- Mathieu, N. : 2005, Le goût de la mesure et du modèle : retour critique sur une pratique inassouvie, in Y. Guermond (ed.), *Modélisation en géographie : déterminismes et complexités*, pp 17–30, Hermès-lavoisier, Paris
- McMaster, R. et Sheppard, E. : 2004, Introduction, in *Scale and Geographic Inquiry*, pp 1–22, Blackwell Publishing
- McNoleg, O. : 1998, *Ten ways to say nothing with GIS*, *International Journal of Geographical Information Science* **12(5)**, 429
- McNoleg, O. : 2003, *An account of the origins of conceptual models of geographic space*, *Computers, Environment and Urban Systems* **27**, 1
- Miller, G. : 1956, *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two : Some Limits on Our Capacity for Processing Information*, *Psychological Review* **63**, 81
- Miller, H. et Wentz, E. : 2003, *Representation and Spatial Analysis in Geographic Information Systems*, *Annals of the Association of American Geographers* **93(3)**, 574
- Morain, S. : 1998, A brief history of remote sensing applications, with emphasis on landsat, in D. Livermann, E. Moran, R. Rindfuss, et P. Stern (eds.), *People and Pixels*, pp 28–50, National Academy Press, Washington D.C
- Moran, E. et Gillett-Netting, R. : 2000, *Human Adaptability : An Introduction to Ecological Anthropology*, Westview Press

- Neumann, A. : 2005a, Navigation in space, time and topic, in *Proceedings 22nd International Cartographic Conference A Coruña*
- Neumann, A. : 2005b, Use of svg and ecmascript technology for e-learning purposes, in *Proceedings of the ISPRS Workshop Commissions VI : Tools and Techniques for E-Learning*, Postdam, Germany
- Oresky, D. et Haapala, C. : 1993, Verification and validation in an iterative software development environment, in *Fourth International Workshop on Rapid System Prototyping*, pp 57–67
- Oxford, S., Dorling, D., et R., H. : 1998, *Review of Visualization in the Social Sciences : A State of the Art Survey and Report*, Technical report, School of Geographical Sciences, University of Bristol
- Parent, C., Spaccapietra, S., et Zimányi, E. : 2006, *Conceptual Modeling for Traditional and Spatio-Temporal Applications*, Springer Verlag
- Perafan, C. : 2004a, *Análisis de usos culturales de la tierra, CLAN*, Technical report, IADB, Washington D.C.
- Perafan, C. : 2004b, *Ethnoengineering*, IADB Press, Washington D.C
- Perafan, C. et Nessim, H. : 2002, *Community Consultation : The case of Darien, Panama*, Technical report, IADB
- Persson, D., Gartner, G., et Buchroithner, M. : 2005, Towards a typology of interactivity functions for visual map exploration, in E. Stefanakis, M. Peterson, V. Delis, et C. Armenakis (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Geographic Hypermedia*, Denver, Colorado
- Pickles, J. : 1997, *Tool or Science ? GIS, Technoscience, and the Theoretical Turn*, *Annals of the Association of American Geographers* **87(2)**, 363
- Pike, W. et Gahegan, M. : 2006, *Beyond Ontologies : Toward Situated Representations of Scientific Knowledge*, *International Journal of Human-Computer Studies* in press
- Pilone, D. et Pitman, N. : 2005, *UML 2.0 in a Nutshell*, O’reilly
- Pointet, A., Perafan, C., Caloz, R., Dolci, C., et S., G. : 2004, *CLAN Cultural Land Use Analysis Methodology*, IADB Press, Washington D.C
- Pottier, J., Bicker, P., et Sillitoe, P. : 2003, *Negotiating Local Knowledge : Power and Identity in Development*, University of Michigan Press
- Prelaz-Droux, R. : 1995, *Système d’information et gestion du territoire*, Collection META, PPUR, Lausanne
- Pucher, A., Kriz, K., Hurni, L., Tsoulos, L., Hanewinkel, C., et Petrakos, M. : 2003, Statlas - statistical atlas of the european union, in *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference*, pp 1411–1418, Durban, South Africa
- Pumain, D. et Saint-Julien, T. : 2001, *Les interactions spatiales*, Armand Colin
- Quattrochi, D. et Goodchild, M. : 1997, *Scale in Remote Sensing and GIS*, CRC Press
- Rana, S. : 2004, *Topological Data Structures for Surfaces*, Wiley
- Rauterberg, M. : 1992, An iterative-cyclic software process model, in *Fourth International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*
- Ravallion, M. : 1996, *Issues in Measuring and Modeling Poverty*, Technical report, Poverty and Human Resources Division, Policy Research Dpt, World Bank, Washington D.C.
- Read, D. : 2000, *Formal Analysis of Kinship Terminologies and its Relationship to what constitutes Kinship*, *Mathematical Anthropology and Cultural Theory : an International Journal* **1(1)**, 1
- Reeve, D. et Petch, J. : 1999, *GIS Organisations and People : A Socio-technical Approach*, Taylor & Francis

- Reij, C., Scoones, I., et Toulmin, C. : 1996, *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique*, Karthala, Paris
- Rey, S. et Anselin, L. : 2006, *Recent Advances in Software for Spatial Analysis in Social Sciences, Geographical Analysis* **38**, 1
- Rindfuss, R. et Stern, P. : 1998, Linking remote sensing and social science : The need and the challenges, in D. Livermann, E. Moran, R. Rindfuss, et P. Stern (eds.), *People and Pixels*, pp 1–27, National Academy Press, Washington D.C
- Ripley, B. : 1981, *Spatial Statistics*, Wiley, New York
- Rivest, S., Bédard, Y., Proulx, M.-J., Nadeau, M., Hubert, F., et Pastor, J. : 2005, *SOLAP : Merging Business Intelligence with Geospatial Technology for Interactive Spatio-Temporal Exploration and Analysis of Data, Journal of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing* **60(1)**, 17
- Robert : 2003, Visualisation, in *Le Grand Robert électronique*, Robert
- Robinson, A. : 2005, *Assessing Geovisualization in Epidemiology : A Design Framework for an Exploratory Toolkit, Ph.D. thesis*, The Pennsylvania State University
- Roth, R. : 2004, Scale, knowledge and space : Spatial organization of environmental knowledge in northern thailand, in *Conference on Bridging Scales and Epistemologies : Linking Local Knowledge and Global Science in Multi-Scale Assessments*, Alexandria, Egypt
- Ruggles, A. et Armstrong, M. : 1997, *Toward a Conceptual Framework for the Cartographic Visualization of Network Information, Cartographica* **34**, 1
- Saint-Gérand, T. : 2005, Comprendre pour mesurer... ou mesurer pour comprendre?, in Y. Guermond (ed.), *Modélisation en géographie : déterminismes et complexités*, pp 261–298, Hermès-Lavoisier
- Salzman, P. et Attwood, D. : 2002, Ecological anthropology, in A. Barnard et J. Spencer (eds.), *Encyclopedia of Social and Cultural Anthropology*, pp 169–172, Routledge, Oxon
- Schensul, J., LeCompte, M., Trotter, R., Cromley, E., et Singer, M. : 1999, *Mapping social networks, spatial data, and hidden populations*, Vol. 4 of *Ethnographer's Toolkit*, AltaMira, London
- Schmidt, J., Evans, I. S., et Brinkmann, J. : 2003, *Comparison of polynomial models for land surface curvature calculation, Int. J. Geographical Information Science* **17(8)**, 797
- Schneiderman, B. : 2003, *Leonardo's Laptop : Human Needs and the New Computing Technologies*, MIT Press
- Schuurman, N. : 2002, *Reconciling Social Constructivism and Realism in GIS, ACME : An International E-Journal for Critical Geographies* **1**, 75
- Schwabe, H. : 1872, Theorie de graphischen darstellungen, in P. Sémenov (ed.), *Proceedings of the International Statistical Congress, 8th Session*, pp 61–73, Trenké and Fusnot, St. Petersburg
- Shankant, N. : 1992, *Evolution of Data Modeling for Databases, Communications of the Association for Computing Machinery* **35**, 112
- Shannon : 1948, *A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal* **27**, 379
- Sillitoe, P. : 1979, *Give and Take*, St. Martin Press, New York
- Sillitoe, P. : 1983, *Roots of the earth*, Manchester University Press, Manchester, UK
- Sillitoe, P. : 1996, *A Place Against Time*, Studies in Environmental Anthropology, hardwood academic publishers, Amsterdam, Netherlands
- Sillitoe, P. : 1998a, *Interdisciplinary experiences : working with indigenous knowledge in development, Interdisciplinary Science Review* **29(1)**, 6

- Sillitoe, P. : 1998b, *An introduction to the Anthropology of Melanesia*, Cambridge University Press
- Sillitoe, P. : 2002, *Contested Knowledge, Contingent Classification : Animals in the Highlands of Papua New Guinea*, *American Anthropologist* **104(4)**, 1162
- Sillitoe, P., Bicker, A., et Pottier, J. : 2002, *Participating in development : approaches to indigenous knowledge*, Routledge, London
- Sillitoe, P., Dixon, P., et Barr, J. : 2005, *Indigenous Knowledge Inquiries : A Methodologies Manual for Development*, Indigenous Knowledge and Development Series, ITDG Publishing, Rugby, UK
- Smith, B. : 1999, An introduction to ontology, in D. Peuquet, B. Smith, et B. Brogaard (eds.), *The Ontology of Fields*, NCGIA
- Stevens, S. : 1946, *On the Theory of Scales of Measurement*, *Science* **103(2684)**, 677
- Steward, J. : 1955, *Theory of Culture Change : The methodology of multilinear evolution*, University of Illinois Press
- Takatsuka, M. et Gahegan, M. : 2002, *Sharing Exploratory geospatial analysis and Decision Making using GeoVISTA Studio : From a Desktop to the Web*, *Journal of Geographical Information and Decision Analysis* **5**, 129
- Takatsuka, M. et Gahegan, M. : 2002, *GeoVISTA Studio : A codeless visual programming environment for geoscientific data analysis and visualization*, *Computers and Geosciences* **28**, 1131
- Thériault, M. : 1996, *Systèmes d'information géographique : Concepts fondamentaux*, Notes de cours 12, LATIG, Université de Laval, Québec, Canada
- Thrift, N. : 1996, *Spatial Formations*, Sage Publications
- Tricart, J. : 1994, *Ecogéographie des espaces ruraux*, Nathan Université
- Tufte, E. : 1998, *The visual display of quantitative information*, Graphics Press, Cheshire
- Tufte, E. : 1999, *Envisioning Information*, Graphics Press, Cheshire
- Tufte, E. : 2000, *Visual Explanation*, Graphics Press, Cheshire
- Tufte, E. : 2006, *Beautiful Evidence*, Graphics Press
- Tukey, J. : 1977, *Exploratory Data Analysis*, Readings, MA, Addison-Wesley Publ. Comp.
- Tuomi, I. : 2005, The future of open source, in M. Wynants et J. Cornelis (eds.), *How open is the future ?*, Brussels University Press
- Turner, M. : 1990, *Spatial and temporal analysis of landscape pattern.*, *Landscape Ecology* **4**, 21
- Vangenot, C. : 2004, *Les ontologies spatiales : Editorial*, *Revue internationale de géomatique* **14**, 141
- Velleman, P. et Wilkinson, L. : 1993, *Nominal, ordinal, interval, and ratio typologies are misleading*, *The American Statistician* **47(1)**, 65
- von Hippel, E. : 2005, *Democratizing Innovation*, MIT Press
- Walford, N. : 2002, *Geographical Data : Characteristics and Sources*, Wiley and Sons
- Walliser, B. : 1977, *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de systèmes*, Seuil
- Weinstein, M. : 1998, Sharing information or captured heritage : access to community geographic knowledge and the state's responsibility to protect aboriginal rights in british columbia, in *Crossing Boundaries, 7th Conference of the International Association for the Study of Common Property*
- Weller, S. et Romney, A. : 1988, *Systematic Data Collection*, Vol. 10 of *Qualitative Research Methods Series*, Sage, London

- Werner, O. et Kuznar, L. : 2001, *Ethnographic Mapmaking : Part 2 - Practical Concerns and Triangulation, Field Methods* **13(3)**, 291
- Wikipedia : 2006a, *Interdisciplinarity* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, [Online; accessed 12-October-2006]
- Wikipedia : 2006b, *Message* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, [Online; accessed 7-November-2006]
- Wikipedia : 2006c, *Mind map* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, [Online; accessed 20-October-2006]
- Wikipedia : 2006d, *Soft systems* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, [Online; accessed 20-October-2006]
- Wilson, J. et Gallant, J. : 2000, *Terrain Analysis*, Wiley
- Winter, S. : 2001, *Ontology : buzzword or paradigm shift in GI science ?*, *International Journal of Geographical Information Science* **15**, 587
- Worboys, M. et Duckham, M. : 2004, *GIS : A Computing Perspective*, CRC Press, 2nd edition
- Wright, D., Goodchild, M., et Proctor, J. : 1997, *GIS : Tool or Science ?*, *Annals of the Association of American Geographers* **87(2)**, 346
- Young, F., Valero-Mora, P., et Friendly, M. : 2006, *Visual Statistics*, Wiley
- Zevenbergen, L. et Thorne, C. : 1987, *Quantitative analysis of land surface topography*, *Earth Surface Processes and Landforms* **12**, 47

Annexe A

Le logiciel libre

Le logiciel libre (Open Source Software) est aujourd'hui un phénomène technologique, économique et culturel reconnu. Dans sa définition première, le logiciel libre impose la diffusion à des coûts marginaux des logiciels et de leur code source¹. Ainsi les logiciels libres sont produits sous une licence dite libre² parce qu'elle garantit à tous les libertés suivantes :

- liberté d'utilisation
- liberté de reproduction
- liberté de modification
- liberté de redistribution

Le principe de la licence libre va ainsi au-delà de la simple gratuité du logiciel. Elle fait de celui-ci un élément du bien public. La diffusion du code source d'un logiciel interdit dans les faits son appropriation privée. Rien n'empêche toutefois la commercialisation de services élaborés autour d'un logiciel libre. L'achat de solutions libres par certains utilisateurs peut paraître aberrant. Si l'on considère que l'objet technique, libre, ne correspond qu'à une faible part du coût du logiciel pris dans sa globalité (habillage, apprentissage, documentation, maintenance).

Le logiciel libre ne se restreint pas à la simple définition de libertés des utilisateurs et des concepteurs d'applications. Le logiciel libre fait également référence au modèle de développement adopté. Ce modèle fait appel aux concepts suivant :

¹Le code source d'une application logicielle est le jeu d'instruction interprétable par l'homme qui définit les opérations que l'ordinateur doit effectuer. Nous l'opposons ici au code binaire qui lui correspond au même jeu d'instruction, mais dans un format non interprétable par l'homme.

²Nous attirons l'attention du lecteur sur l'existence de plusieurs modèles de licence libre. Nous citons notamment les modèles de Apache license, creative commons, ou encore la GNU General Public License.

- décentralisation des efforts de conception, passage d’une équipe centralisée à une communauté dispersée de développeurs
- collaboration
- réciprocité
- modularité

logiciel libre ou commercial Il s’oppose au logiciel propriétaire, ou commercial, principalement par la diffusion, ou non, du code source. Le terme de “libre” fait référence à la notion de liberté mentionnée et pas forcément à la celle de gratuité du logiciel. Le logiciel gratuit se différencie du logiciel libre par l’accès restreint au code source tout en assurant un droit de diffusion et d’utilisation gratuit.

logiciel gratuit

Une caractéristique principale des projets libres est une forte évolution, ou dynamique, des solutions résultantes. Cette dynamique présente a priori un intérêt notamment pour la rapidité avec laquelle des solutions opérationnelles voient le jour et sont maintenues. Cet intérêt vient pondéré par les implications pour les utilisateurs finaux qui ont pour tâche de suivre cette évolution et de s’y adapter.

L’essor du logiciel libre auquel nous assistons s’explique en partie. Les raisons majeures en sont les suivantes :

- | | |
|----------------------|---|
| besoins particuliers | – la conception de solutions informatiques particulières et pointues ne peut rentrer dans les processus économiques classiques, car trop coûteuse. Ceci explique le fort intérêt des milieux de recherche scientifique, par leurs besoins spécifiques, pour le développement du logiciel libre. |
| liberté | – l’idéologie d’une liberté d’accès au code source, rendant possible la transparence, l’optimisation et la correction du code. |
| art | – l’art et le jeu auxquels correspond la pratique de la programmation, et la satisfaction qui en découle, notamment au travers de la recherche d’un code optimisé et “élégant”. |

La raison trop souvent invoquée de l’avènement du logiciel libre est la volonté de contrer l’industrie du logiciel propriétaire . Celle-ci tient toutefois plus du mythe que de la réalité (Bloch, 2005; Frost, 2005).

Le logiciel libre ne répond pas à tous les problèmes ou besoins en informatique en général et en sciences de l’information géographique en particulier. Cependant, il prend une place importante dans le monde du logiciel. Sa disparition n’est pas programmée (Tuomi, 2005) et il convient donc de s’intéresser à ce phénomène original tant par les modèles de développement et que par les concepts économiques qui lui sont associés.

Annexe B

Les systèmes d'information

Les systèmes d'information (SI) au sens restreint du terme¹ sont en perpétuelle évolution. Celle-ci est en majeure partie dirigée par l'évolution de l'informatique. Elle se caractérise donc par des capacités de stockage et de traitement des données croissantes. L'ergonomie² des systèmes ainsi que la démocratisation³ (von Hippel, 2005) de leur mise en oeuvre sont deux éléments supplémentaires de cette évolution. Les fonctions existantes de gestion, d'interrogation et d'analyse des données sont continuellement optimisées, voire complétées de nouvelles fonctions.

systèmes
d'information

A l'instar des environnements informatiques, tels que les solutions Linux, les systèmes de gestion de bases de données n'échappent pas à la vague de solutions libres et/ou gratuites (voir annexe A). Les systèmes libres sont en plein essor et l'offre s'étoffe en permanence de nouveaux systèmes adaptés à la gestion professionnelle de données thématiques et spatiales.

Les systèmes actuels de gestion de base de données, libres comme propriétaires, se caractérisent par une offre croissante de fonctionnalités d'analyse, dépassant ainsi les simples traitements de gestion et d'interrogation. De plus, l'intégration progressive de la prise en main de données spatiales est observée, laissant présager d'un

bases de
données
spatiales

¹Les systèmes d'information au sens restreint du terme correspondent à la part de technologie du système, soit le système de gestion de bases de données.

²L'ergonomie est le produit d'un processus d'étude et d'optimisation de l'interface entre l'utilisateur et l'environnement informatique avec lequel il est en interaction. La notion d'ergonomie considère tant la part visuelle de l'interface (graphisme) que les chemins d'accès aux fonctions et à l'information (navigation).

³Le processus de démocratisation de la technologie se traduit par la mise à disposition d'outils, soutient à la mise en oeuvre aisée de systèmes orientés vers les besoins spécifiques de l'utilisateur. De cette démocratisation résulte un processus de singularisation des systèmes.

intérêt particulier de tels systèmes pour la problématique qui nous occupe. Cette intégration ne rend toutefois pas de tels systèmes comparables aux systèmes d'information géographique, au sens technologique du terme, en ce que la représentation cartographique n'est pas offerte. De tels systèmes se borneront donc aux tâches de stockage, de gestion, d'interrogation et d'analyse des données, laissant leur visualisation à d'autres solutions logicielles.

solutions
logicielles Des solutions tant libres que propriétaires existent⁴. Nous citons les principales, à savoir :

- Oracle Spatial⁵
- PostGIS⁶ dérivé de la solution PostgreSQL⁷
- MySQL⁸

systèmes
d'information
géographique Les systèmes d'information géographique⁹ ne dérogent pas à la règle de l'évolution technologique. Ils présentent de fait leur lot de fonctions nouvelles et d'optimisation des fonctions existantes. Outre les capacités à gérer et à analyser des masses croissantes de données en des temps toujours plus faibles, les phénomènes suivants sont observés¹⁰ :

- une amélioration de l'ergonomie des systèmes, matérialisée à la fois par une utilisation maximale des fonctionnalités de l'environnement informatique et une intégration d'outils jusque-là épars.
- une intégration croissante des modes image et vecteur au sein du système, favorisant leurs interrogation et analyse conjointes.
- une plus grande souplesse et transparence dans la gestion des données.
- une meilleure intégration de fonctions d'analyse spatiale des données.
- l'apparition de solution de diffusion en réseau, principalement à des fins de visualisation, des données géographiques.

Une caractéristique marquante de l'évolution des systèmes d'information géographique est l'intégration croissante de fonctions propres à la gestion des bases de données non spatiales (analyse statistique). Cette observation est le témoin d'une volonté d'évolution vers des systèmes intégrateurs. De plus, la reconnaissance de l'importance que gagne la diffusion de l'information aboutit à l'offre de solutions diverses de mise en réseau et de distribution des données.

solutions
logicielles Diverses solutions existent, tant propriétaires que libres. Ces dernières restent

⁴Nous nous bornons à présenter les solutions intégrant la dimension spatiale.

⁵<http://www.oracle.com>

⁶<http://postgis.refractive.net>

⁷<http://www.postgresql.org/>

⁸<http://www.mysql.com>

⁹au sens technologique du terme.

¹⁰Il est important de noter que les phénomènes relevés ne concernent malheureusement pas toutes les solutions logicielles actuelles. Nombre de solutions propriétaires se contentent de remettre au goût du jour leurs fonctions usuelles (quand il ne s'agit pas uniquement de la couleur de l'emballage). Celles-ci tentent ainsi de suivre l'évolution des systèmes d'exploitation, au détriment de celle des sciences de l'information géographique.

cependant peu nombreuses et peu abouties du fait de la relative jeunesse des initiatives dans le domaine et de la résistance qu'opposent les milieux professionnels au mouvement du logiciel libre. Nous citons les systèmes suivant, pour le rôle prépondérant qu'il joue pour la problématique qui nous occupe.

- ArcGIS de la firme ESRI¹¹ ;
- Idrisi *The Andes*¹² ;
- Manifold¹³.

Des solutions libres existent telles que JUMP¹⁴ ou encore uDig¹⁵. Toutefois leur relative jeunesse ne permet pas de les considérer comme des solutions potentielles en l'état. L'avantage majeur de tels développement est leur portabilité sur divers systèmes, caractère perdu pour la majorité des solutions propriétaires qui ont centrés leurs développement dans l'environnement Microsoft. Leur développement dictera leur utilisation future.

Nous résumerons l'évolution des systèmes par les points suivants :

évolution des
systèmes

- les systèmes informatiques en général évoluent vers une ergonomie accrue et des capacités de traitement de données supérieures.
- les systèmes d'information vont vers une intégration croissante des données à dimension spatiale, s'approchant ainsi des SIG.
- les systèmes d'information géographique vont vers une intégration plus avant de réel moteurs de base de données, s'approchant ainsi des SI.
- malgré un rapprochement réciproque, on observe que chacun garde un atout. Les SIG restent des interfaces (carte) inégalées pour la visualisation et la manipulation des géométries propres aux données spatiales. Les SI offrent une souplesse d'interface (formulaire) d'interrogation et de visualisation des données thématiques dont les SIG ne disposent pas.
- les SI et les SIG s'orientent toujours plus vers la mise en réseau de l'information et/ou de ses représentations, ainsi que de celle des fonctionnalités (gestion, traitement et analyse à distance).

¹¹<http://www.esri.com>

¹²<http://www.clarklabs.org>

¹³<http://www.manifold.net>

¹⁴<http://lists.jump-project.org>

¹⁵<http://udig.refrains.net/confluence/display/UDIG/Home>

Annexe C

Technologies de diffusion d'information géographique

C.1 LE RÉSEAU

Au-delà d'une tendance avérée des nouvelles technologies, la diffusion de l'information au travers de réseaux d'utilisateurs offre une série d'avantages dont la centralisation transparente et l'accès facilité aux données font partie. Les technologies informatiques et de communication actuelles rendent un tel processus de diffusion possible. Nous citerons le réseau Internet à titre d'exemple. Il s'agit d'étudier dans quelle mesure le recours à la mise en réseau de l'information répond aux besoins du projet et les implications qu'aura sa mise en oeuvre.

Le réseau revêt une importance centrale dans la diffusion et la distribution de l'information. Il est le support des échanges de données numérique entre plusieurs ordinateurs. Les échanges de données se font en utilisant un protocole de communication entre ordinateur et une adresse d'identification des machines. Le modèle principal de réseau est le mode client-serveur. Dans le cas du réseau client-serveur, chaque ordinateur joue le rôle soit du client soit du serveur¹. Les propriétés et rôles de chacun sont :

- du côté serveur
 - passif (esclave)
 - attendre les requêtes du client

*

¹Le mode peer-to-peer est un cas particulier de mode client-serveur en ce sens que chaque noeud du réseau joue les rôles simultanés de client et de serveur.

- lors d’une requête, y procéder à son exécution et retourner le résultat au client
- du côté client
 - actif (maître)
 - formuler et envoyer une requête
 - attendre une réponse du serveur et interpréter le résultat de la requête

séquençage
synchrone

Les transferts entre le client et le serveur s’établissent selon un mode de séquençage. Le mode de séquençage principal, dit synchrone, correspond à un cycle régulier de requête au serveur et de réponse au client (voir figure C.1). Les technologies et les mécanismes qui régissent la diffusion des données spatiales sont traités plus avant à la section C.2.

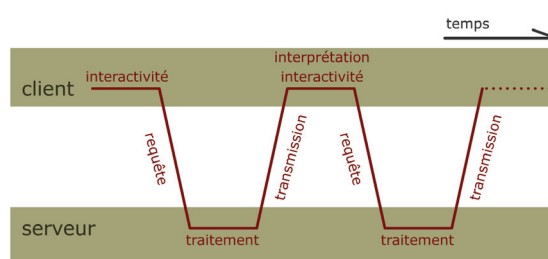


FIG. C.1 Communication client-serveur par séquençage synchrone.

La mise en réseau de l’information comporte plusieurs avantages :

centralisation
des données

- la centralisation des données. Celle-ci correspond au stockage de l’ensemble des données brutes sur un serveur unique. L’avantage d’un tel choix est de permettre l’uniformisation et la normalisation des entrées, ce malgré des provenances diverses. Il autorise l’interrogation et l’analyse des données à différents niveaux d’un projet. Un système basé sur une gestion des données au niveau de l’acquéreur, par exemple la communauté culturelle, implique la multiplication des systèmes. Une telle approche aura pour effet de faciliter l’acquisition au détriment de la valorisation de l’information. Ceci est à éviter. De plus, la gestion des données et la maintenance du système se voient facilitées. Au rang des désavantages, nous mentionnerons la perte de richesse sémantique qu’implique la normalisation (voir section 2.3), la gestion des transferts et des accès.

accès
transparent

- l’accès transparent aux données. L’accès est dit transparent du fait que tous les utilisateurs ont accès à l’information à travers le réseau. Cette caractéristique d’accès à l’information est primordiale en ce sens qu’elle évite tout sentiment de dépossession de la part des utilisateurs qui ont acquis et fourni les données. Cet aspect sociologique de la gestion des données spatiales n’en reste pas moins important. De lui dépendra pour une grande part l’acceptation et l’appropriation du système par les acteurs.

décentralisation
des tâches

- la décentralisation des tâches. Par la mise en réseau, il est possible de dissocier certaines tâches du serveur. Il en va ainsi pour l’acquisition et la saisie, l’interrogation ou encore la visualisation. Une part même de l’analyse peut

être déléguée au client. Ainsi le rôle du serveur se restreint principalement au stockage, à la gestion et à la diffusion des données.

La diffusion des données numériques par le biais d'un réseau soulève rapidement la question de la sécurité et de l'accès, en terme d'autorisation, aux données. Les technologies de contrôle d'accès au réseau disponibles permettent de gérer efficacement la question. Cependant, un regard critique se doit d'être posé sur chaque élément de technologie impliqué dans le transfert de données.

C.2 MÉCANISMES DE MISE EN RÉSEAU

Les mécanismes prenant place dans le processus de mise en réseau de données thématiques et spatiales présentent une forte diversité. Nous nous proposons dès lors nécessaire d'établir une hiérarchie dans l'identification des éléments intervenants.

Comme cité précédemment, le réseau se constitue de trois éléments principaux que sont le serveur, le client et la connexion qui les lie. A cela vient s'ajouter la base de données géographiques, nécessaire au stockage et à la gestion de l'information géographique. Une telle configuration de base est illustrée à la figure C.2. Le modèle simple utilisé nous sert de base à l'intégration des éléments de technologie nécessaires à la diffusion et à la représentation des données spatiales sur le réseau.



FIG. C.2 Vue simplifiée du réseau client-serveur.

Le réseau adopté est Internet, réseau ouvert et dédié à la diffusion d'informations. Il n'est plus à présenter tant son insertion dans le quotidien des professionnels et des particuliers est forte. Les récentes évolutions technologiques qui le caractérisent sont un accroissement important des vitesses de transfert de données et une démocratisation des accès. Ces évolutions en font un des systèmes de communication les plus utilisés. Les technologies de diffusion et de visualisation de documents à distance, basées sur Internet en général et sur le World Wide Web (WWW)² en particulier, offrent ces avantages.

C'est pour ses avantages que le réseau Internet a été choisi comme le support technologique principal de la démarche. Il doit permettre la diffusion d'interfaces de visualisation et d'analyse des données aux acteurs des différents cas d'étude.

Les technologies associées à l'Internet permettent, a priori, de répondre aux besoins qu'impliquent l'analyse et la représentation distribuée des données. Les concepts de dynamisme et d'interactivité, du côté du serveur comme du client, pourront être mis en oeuvre dans un environnement de visualisation au travers d'Internet.

²Le World Wide Web (WWW) est un ensemble de méthodes de publication de documents sur le réseau Internet.

navigateur	<p>Du côté du client, un navigateur Internet doit servir d'interface de base. Plusieurs navigateurs existent offrant chacun des avantages spécifiques. L'objectif est de rendre les développements futurs aussi indépendants que possible du navigateur. Les raisons du choix d'un navigateur Internet, quel qu'il soit, plutôt que d'une solution développée spécifiquement sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> – la restriction que représenterait une solution nouvelle en terme de portabilité sur différents systèmes informatiques – la maîtrise qu'ont les acteurs des navigateurs Internet – la disponibilité de navigateurs répondant aux besoins du travail
serveur HTTP	<p>Du côté du serveur, le moteur du serveur HTTP³ est l'élément central. Son rôle est de réceptionner les requêtes, de les traiter et de retourner leur résultat aux clients. Plusieurs moteurs existent. Les avantages des uns et des autres ne seront pas discutés plus avant. Le choix du serveur ouvert et gratuit Apache⁴ repose sur des contraintes institutionnelles et la qualité de cette solution. Le moteur de service Internet sera couplé au langage de script PHP⁵ et au moteur d'interprétation associé.</p>
langage de script	<p>Nous parlerons dès lors du moteur de script. Ce dernier autorise le développement de solution pour la création dynamique de contenu par le serveur.</p>
base de données	<p>La base de donnée, présentée comme l'élément annexe au serveur doit être choisie parmi les solutions décrites précédemment. Deux choix de base sont possible à savoir, le choix d'un système de gestion de base de données intégrant la dimension spatiale ou celui d'un système d'information géographique. Le premier se justifie par la large disponibilité de tels systèmes dans l'offre des fournisseurs d'hébergement Internet. Le second quand à lui est motivé par la souplesse de création de la carte qu'il offre. De fait, la solution étudiée dans le cadre du présent travail se basera sur les deux systèmes. Quelque soit le système de gestion des données adopté, la communication entre le serveur et celui-ci doit être assurée. Le langage de script trouve ici sa deuxième fonction.</p>
connection	<p>Entre le serveur et le client, la connection Internet caractérise la capacité de transfert vers le client. Elle représente le principal goulet d'étranglement de la diffusion de données. Les données géographiques, quelque soit le mode spatial adopté, impliquent des volumes important à transférer. Il s'agit ainsi de déterminer limites de la diffusion utilisant le réseau Internet et d'identifier les mécanismes susceptibles d'optimiser au maximum les transferts.</p> <p>La figure C.3 illustre les divers éléments présentés.</p> <p>Les éléments présentés à ce stade n'intègrent pas les mécanismes de sélection de l'information requise, en réponse à la requête du client, et leur représentation.</p>
requête	<p>La requête, géographique par nature, du client est formulée selon le modèle</p> <ul style="list-style-type: none"> – position, coordonnées du centre de la représentation cartographique requise – taille de la représentation

³HTTP, pour HyperText Transer Protocol, est la méthode principale utilisée pour le transfert d'information sur le WWW. Notre choix porte sur le protocole HTTP en cela que les outils associés, principalement du coté client n'exigent aucun complément particulier.

⁴<http://www.apache.org>

⁵<http://www.php.net>

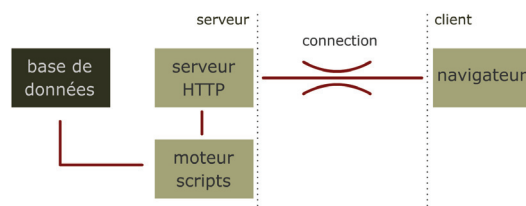


FIG. C.3 Vue schématique des éléments principaux du réseau.

- échelle, niveau de détail de la représentation⁶
- parfois complété par la composition, choix des informations à apparaître

Cette triple information est interprétée par le serveur et transférée au système de base de donnée sous la forme d'une requête au langage SQL⁷. La requête SQL est interprétée et traitée par le système de base de donnée. Le produit de cette opération est la sélection des éléments spatiaux répondant aux critères du client.

La représentation graphique des données sélectionnées, phase ultime du traitement de la requête, peut prendre des formes différentes suivant le modèle spatial considéré. En effet, il est possible de transmettre au client soit une information au mode image, soit au mode vecteur.

La solution du transfert d'une image, comme représentation cartographique, au client implique l'utilisation d'un moteur graphique au niveau du serveur. Celui-ci a pour fonction d'interpréter les données spatiales et la sémiologie associée dans le but de créer une représentation de celles-ci sous forme d'image. Cette solution présente les caractéristiques suivantes :

- restriction de l'image à la taille requise par le client
- assure la lisibilité du contenu par le navigateur
- aucun transfert de données brute au client
- création dynamique de la représentation par le serveur
- transfert d'une représentation "figée"

Cette solution de transfert est illustrée à la figure C.4. Le séquençage d'un cycle complet de requête et de réponse est illustré à la figure C.7⁸. Les formats utilisés pour de tels transferts sont ceux communément utilisé sur Internet, à savoir le JPEG et le PNG. Cette forme de transfert de l'information géographique correspond au mode adopté majoritairement dans les solutions mises en oeuvre à ce jour.

La solution d'une représentation vectorielle implique l'utilisation d'un moteur de traduction au niveau du serveur et d'un moteur graphique chez le client. Celui-ci a pour fonction d'interpréter les données spatiales et la sémiologie associée reçues

⁶La taille et l'échelle de la représentation cartographique permettent d'en déterminer l'étendue.

⁷Le Structured Query Language (SQL) est le langage principal d'interrogation et de manipulation des données dans les systèmes de gestion de base de donnée. Initialement dédié au données thématique, il a fait l'objet de complément successif autorisant l'interrogation et la manipulation de données spatiales.

⁸La représentation en couches successives des différents composants de l'infrastructure de relève d'aucune hiérarchie entre-eux.

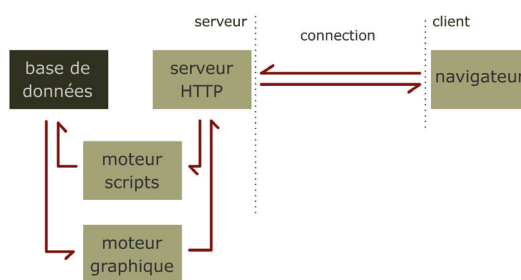


FIG. C.4 Vue schématique de la représentation en mode image.

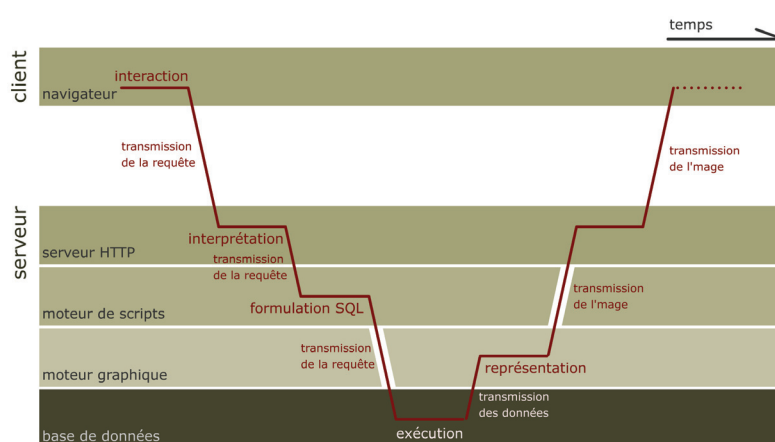


FIG. C.5 Séquencage de la représentation en mode image.

dans le but de créer une représentation écran de celles-ci. Cette solution présente les caractéristiques suivantes :

- transfert de données vectorielles au client (problème de droits sur les données)
- transfert d'une représentation "adaptable"
- implique la présence d'un moteur graphique chez le client
- création dynamique de la représentation par le client

Cette solution de transfert est illustrée à la figure C.6. Le séquencage d'un cycle complet de requête et de réponse est illustré à la figure C.7. En raison d'une mise en oeuvre plus complexe et faisant appel à la présence d'éléments particuliers du coté client, la solution vectorielle est rarement choisie. Cependant, le potentiel d'interactivité et d'analyse (Neumann, 2005b) qu'elle offre implique que nous nous y attardions. Les formats disponibles pour le transfert et la représentation de données vectorielles sont le SVG et le Flash. Tous deux sont liés à la firme Adobe⁹. Toutefois, le format SVG a évolué du caractère propriétaire vers une reconnaissance comme standard pour le transfert sur Internet de données graphiques vectorielles¹⁰.

SVG

⁹La firme Macromedia, à l'origine du format Flash, a fait l'objet d'un rachat par Adobe en 2005.

¹⁰Le World Wide Web Consortium (www.w3.org) présente le SVG dans sa version 1.1 comme le format de référence pour le graphisme vectoriel sur Internet. De plus, son insertion par défaut dans

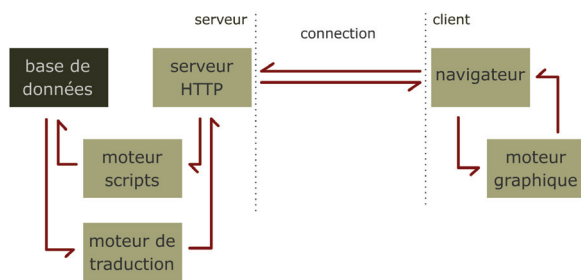


FIG. C.6 Vue schématique de la représentation en mode vecteur.

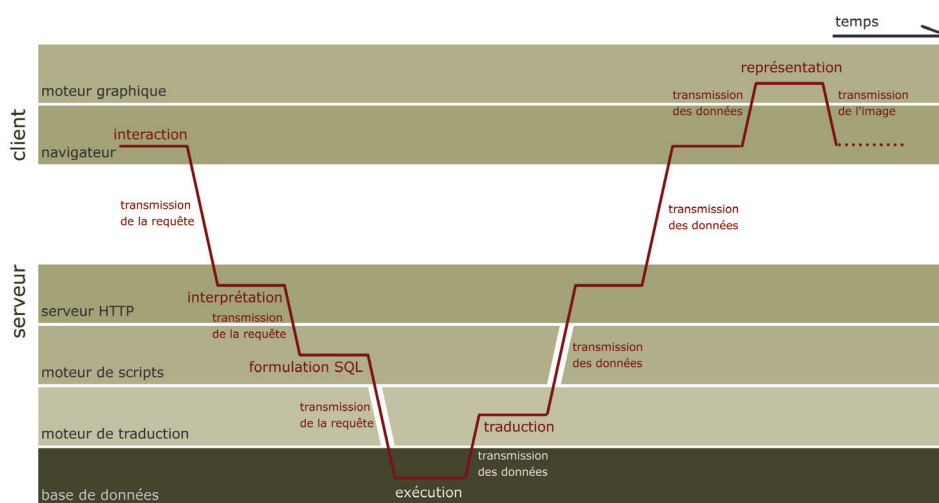


FIG. C.7 Séquencage de la représentation en mode vecteur.

Le format SVG est dérivé du langage de description et de structuration des données XML¹¹. Une série de balises types permettent d'encoder tant les géométries des objets géographique que les éléments de l'interface offerte à l'utilisateur (navigation, position, échelle,...) ou encore des représentation statistiques et graphiques des données. Ceci remplit donc pleinement les besoins évoqués d'une visualisation multiple des données. De plus, le moteur graphique associé au langage autorise le rendu de représentation avancées, intégrant la transparence, les géométries complexes ou encore les filtres visuels. La structuration que lui confère l'imbrication et l'identification des balises permet l'accès à chacun des éléments en vue d'en modifier les propriétés. Un exemple est de rendre une couche invisible par défaut. Les propriétés des objets sont définies par une série d'attribut originaux ou personnalisés liés aux objets.

les navigateurs Internet, en cours, en fait le format de prédilection pour la diffusion de graphiques et de cartes.

¹¹Le Extensible Markup Language (XML) est un langage de balise recommandé par le World Wide Web Consortium. Il permet la description de plusieurs type de données. Son utilité première est de faciliter le partage de données entre différents systèmes, notamment au travers du réseau Internet.

DOM

Un des avantages de la représentation vectorielle sur Internet est la souplesse qu'elle offre en matière d'interactivité et de dynamisme. En effet, la structuration de l'information graphique au sein d'un modèle des objets composant le document (Document Object Model, DOM) intègre la gestion d'évènements associés au document et aux objets qui le compose. Il est ainsi possible de définir des actions associées aux objets en fonction d'interactions qu'a l'utilisateur avec l'interface. Un exemple est de faire ressortir l'objet situé sous le curseur de la souris par modification de sa couleur de remplissage.

Les interactions appelées par les évènements associés aux objets graphiques sont définies par une série de fonctions programmées qui vont traduire les interactions en phénomènes dynamiques sur l'interface. Reprenons l'exemple précédent. Lorsque l'utilisateur place le curseur au dessus d'un objet, l'évènement (onMouseOver) de celui-ci appelle la fonction d'interaction correspondante. Celle-ci est exécutée, appliquant la modification de couleur de remplissage de l'objet en question, utilisant ainsi l'accès à l'objet par la structure du document. La gestion des interactivités est rendue possible par l'addition d'un moteur de scripts du côté client. Le langage le plus répandu est le ECMAScript, lequel s'apparente au JavaScript. La figure C.8 illustre l'addition du moteur de scripts du côté client. Le séquençage d'un cycle complet d'interaction est illustré à la figure C.9.

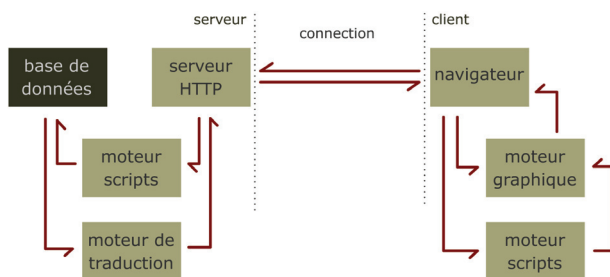


FIG. C.8 Vue schématique de la représentation interactive en mode vecteur.

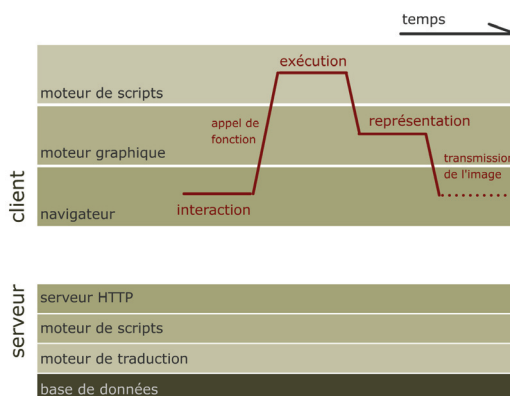


FIG. C.9 Séquençage des interactions client-client en mode vecteur.

Deux éléments de technologie supplémentaires présentent un intérêt particulier pour le travail.

La première, appelée XPath, offre le cadre nécessaire pour la localisation des éléments du document qui répondent à certains critères. A l'instar du langage SQL pour les bases de données, la technologie XPath permet d'interroger les objets d'un fichier XML, et donc SVG. Cette interrogation des objets peut porter tant sur les identifiants des objets que sur leurs attributs.

La seconde, appelée Asynchronous JavaScript and XML (AJAX), est une technique de développement de solution Internet utilisant une combinaison de technologies :

- HTML et CSS pour la présentation du contenu
- DOM pour la manipulation des objets du document, au travers du moteur JavaScript
- l'objet XMLHttpRequest pour l'échange asynchrone de données avec le serveur.

Comme son nom l'indique, la technique AJAX fait appel à un séquençage asynchrone des échanges entre le client et le serveur. Ceci offre l'avantage à l'utilisateur de ne pas avoir à attendre la réponse du serveur avant de pouvoir interagir avec l'interface. Un sentiment de fluidité à l'utilisation s'en dégage. La figure C.10 illustre de tels échanges en comparaison au séquençage synchrone, illustré à la figure C.1.

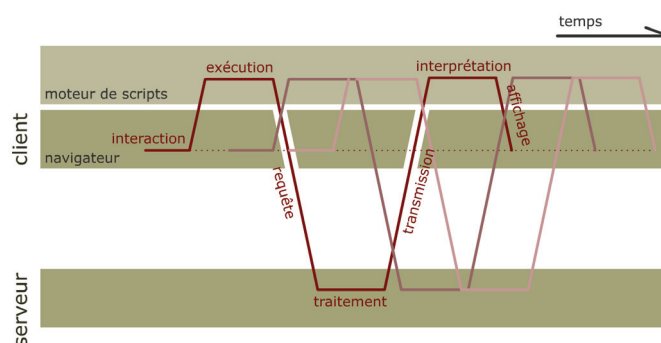


FIG. C.10 Communication client-serveur par séquençage asynchrone.

Il se dégage de la présentation faite que la représentation distribuée en mode vecteur ouvre de plus larges horizons. Dans le même temps, celle-ci exige la mise en oeuvre de technologies actuelles, voire émergentes¹², plus pointues. Toutefois, il ne s'agit pas de choisir entre une technologie en mode raster plutôt que vecteur mais bien de déterminer la complémentarité des deux approches pour répondre aux besoins du travail.

- Le mode vecteur apporte le niveau d'interactivité nécessaire à la fois pour communiquer de manière asynchrone avec le serveur et pour exécuter une sé-

¹²Nous pensons notamment à la technique AJAX

rie d'opérations du côté du client.

- Le mode image permet de transmettre une information "figée" ou dont la nature est "image" (relief, image satellite ou aérienne).

mode couplé

Le couplage est rendu possible par la possibilité qu'offre le format SVG d'intégrer des éléments au format image. La figure C.11 illustre l'intégration des deux modes en une seule infrastructure de diffusion des données. Le séquençage synchrone qui lui est associé est donné à la figure C.12.

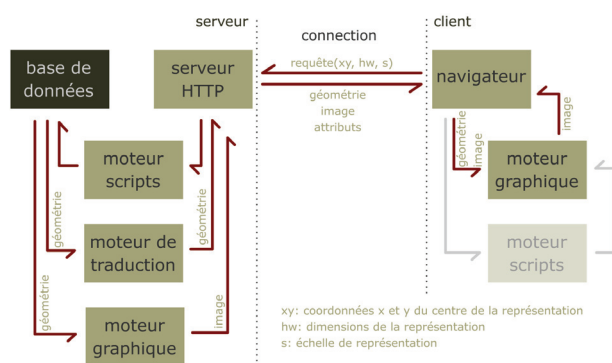


FIG. C.11 Vue schématique de la représentation en mode couplé image-vecteur.

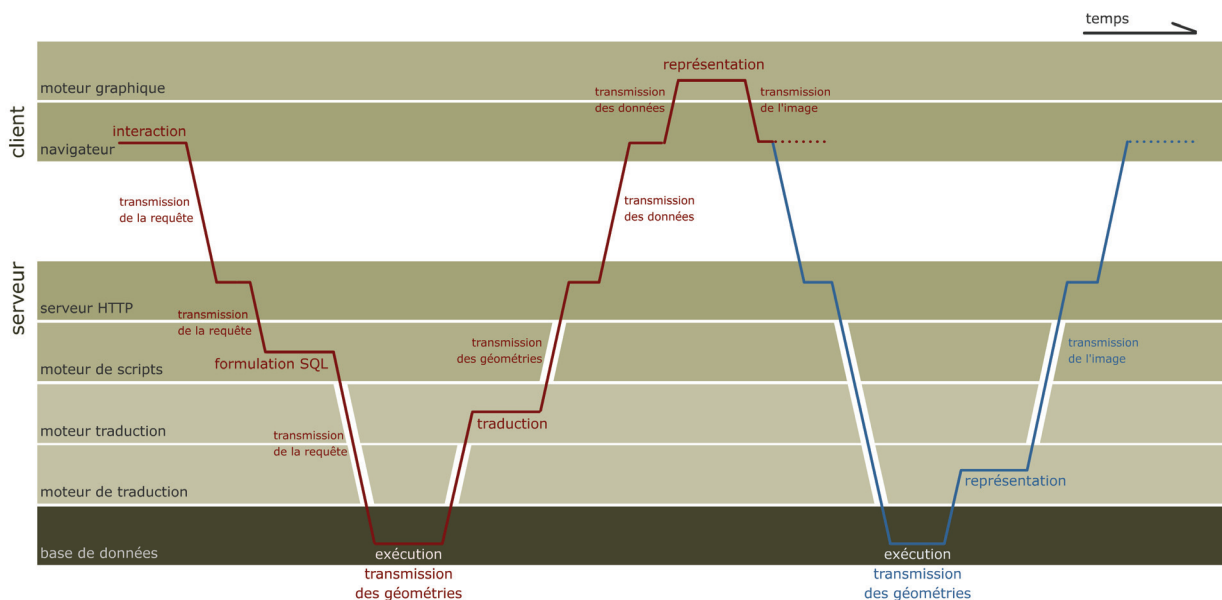


FIG. C.12 Séquençage des interactions client-serveur en mode couplé.

C.3 OPTIMISATION DES ÉCHANGES

Les échanges de données entre le serveur et le client sont limités par les capacités de la connexion à disposition. Cette caractéristique, identifiée sous le terme de “goulet d’étranglement” et propre à toute configuration de diffusion des données, ne doit pas être négligée car elle peut mettre à mal l’appropriation des solutions par les utilisateurs finaux. Ainsi nous nous devons d’optimiser au maximum les échanges. L’optimisation des transferts devra suivre les principes suivants :

principes
d’optimisation

1. seule l’information requise est transférée
2. seule les données qui correspondent au niveau de détail de la visualisation requise sont transférées
3. la précision des données transmises doit concorder avec le niveau de détail
4. seule les données entrant dans la zone vue par l’utilisateur sont transférées
5. toute donnée est l’objet d’un transfert unique
6. la taille des paquets de données échangés doit être réduite au maximum
7. le temps nécessaire à chaque opération doit être optimisé au maximum

Il s’agit dès lors d’identifier les techniques qui permettent d’atteindre les exigences qu’impliquent de tels principes.

Le premier principe qui stipule que seule l’information requise par le client lui est transmise correspond à user de techniques de sélection des couches de données spatiales désirées. Ce principe ne s’applique qu’aux données vectorielles. Sa mise en oeuvre est rendue possible par une fonction d’appel des seules couches activées par l’utilisateur. Cette approche simple en apparence implique de gérer à la fois les états d’activation des couches ainsi que les éventuels changements de ces états.

contenu

Le deuxième principe implique que nous tenions compte de l’échelle de visualisation de la carte. Celle-ci dicte le contenu visible et s’apparente dans son application au premier principe. L’intervalle d’échelles auxquelles l’information est visible doit être déterminé pour chaque couche vectorielle.

échelle

Le troisième principe correspond à ne transférer qu’un niveau de détail concordant à la visualisation. La mise en oeuvre de ce principe est différente selon le mode spatial considéré. Les données en mode image se verront appliqué un traitement d’agrégation spatiale de l’information originale dans le but d’en détériorer la résolution. Les données en mode vecteur peuvent subir deux traitements. Le premier est un arrondi des coordonnées du même ordre que le niveau de détail requis par la représentation. Le second est une généralisation vectorielle.

précision

Le quatrième principe est mis en oeuvre en tenant compte de l’étendue géographique représentée par l’interface cartographique. Cette étendue est déterminée par les paramètres de la visualisation transmis par le client. Ceux-ci sont la position centrale en coordonnées géographiques, l’échelle courante et la taille de l’affichage de la carte en pixels. Considérant le mode spatial propre à chaque couche de données, les actions suivantes sont ensuite entreprises. En mode image, l’étendue permet de découper l’image pour restreindre le transfert à la seule zone visible. En mode vecteur, l’étendue est utilisée comme critère d’une requête qui a pour objectif de sélectionner les objets visibles. Seule la sélection sera ainsi transmise au client.

étendue

Le cinquième principe qui se justifie pleinement dans l'objectif de minimiser les volumes de données à transférer entre en contradiction avec le troisième principe. En effet, une modification de la géométrie telle qu'elle est proposée pour les données vectorielles implique que le même objet géométrique soit transmis à plusieurs niveaux de détail. Un choix doit être fait entre la mise en oeuvre de l'un ou de l'autre. La mise en oeuvre de ce cinquième principe passe par l'indexation au niveau du serveur des éléments déjà transmis au client.

agrégation
généralisation

compression

Le sixième principe prône à la fois pour l'adoption d'un encryptage minimal et pour la compression des paquets transmis. Dans le cas des données en mode image, l'encryptage minimal est assuré par le choix des formats standards au réseau Internet, à savoir le JPEG ou le PNG. La compression de l'information est également offerte par l'un et l'autre. Dans le cas des données en mode vecteur, l'encryptage minimal est rendu possible par la description des géométries utilisant des coordonnées relatives. Une telle approche, autorisée par le format SVG, permet de réduire de manière significative la taille des fichiers. La compression des données vectorielles, s'apparentant à celle de l'interface, est autorisée par la capacité qu'ont les navigateurs à décompresser des fichiers de type GZip à leur réception.

Le dernier principe est d'ordre purement informatique. Il s'agit d'optimiser les traitements au niveau du serveur afin de retourner le plus rapidement possible les résultats de requête. Il apparaît, a priori être en confrontation avec le sixième principe lequel fait appel à de la compression des données, approche susceptible de prendre du temps pour les étapes de compression et de décompression.

Les actions à entreprendre dans le but d'optimiser les transferts sont placées dans le contexte de l'infrastructure présentée (voir figure C.11) et illustrées par la figure C.13.

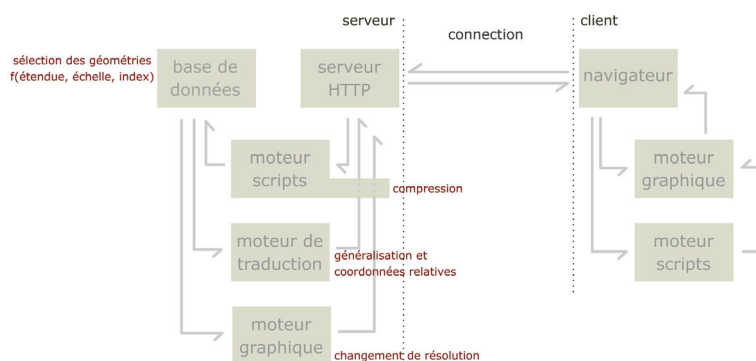


FIG. C.13 Optimisation de la représentation en mode couplé image-vecteur.

Annexe D

Mise en oeuvre du principe de correspondance des échelles

Le principe de correspondance des échelles a une incidence directe sur les échanges d'information entre l'interface du système d'exploration géographique (coté client) et la base de donnée (coté serveur). Nous illustrons les contraintes associées à ce principe par un exemple type de séquence d'échange entre le client et le serveur. La figure D.1 présente les différents éléments de la technologie qui interviennent d'un coté comme de l'autre. De plus, les étapes de la séquence y sont identifiées.

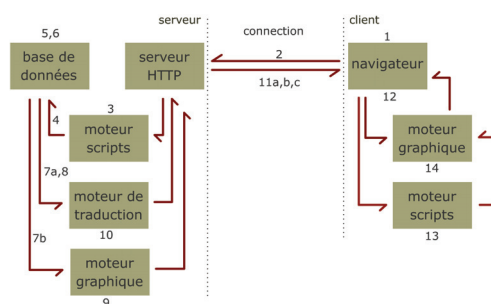


FIG. D.1 Eléments du système de diffusion de l'information relative au relief.

*

La liste des étapes d'une séquence type donnée ci-dessus détaille les rôles et les actions propres à chaque élément du système.

1. interaction de l'utilisateur avec l'interface cartographique \Rightarrow définition de l'étendue visible et de la taille de la représentation.
2. transmission de l'étendue au serveur qui la fait suivre au moteur de script.
3. interprétation de l'étendue et de la taille pour déterminer la résolution et donc la généralisation (échelle d'observation) correspondante.
4. transmission de l'étendue, et de la généralisation à la base de donnée.
5. extraction de l'information d'altitude pour la zone d'intérêt et calcul de sa distribution.
6. calcul des variables morphologiques et de leur distribution.
7. transmission de l'information d'altitude
 - (a) au moteur de traduction.
 - (b) au moteur graphique.
8. transmission de distribution statistique de chaque variable.
9. interprétation de l'information d'altitude et création de la représentation ombrée.
10. encodage de l'information d'altitude et des distributions.
11. transmission au client via le serveur http.
 - (a) de l'information d'altitude.
 - (b) de la distribution statistique de chaque variable.
 - (c) de la représentation ombrée.
12. intégration de la représentation ombrée à l'interface.
13. interprétation de l'information d'altitude.
14. représentation des distributions statistiques dans le tableau de bord du relief.

Le concept de tableau de bord sous-entend qu'un lien dynamique est fait entre la position du curseur sur la représentation cartographique et les valeurs des variables morphologiques représentées. Ainsi, tout mouvement du curseur au-dessus de la carte donne lieu au calcul de nouvelles valeurs. Le caractère dynamique de l'information représentée au sein du tableau de bord impose que cette tâche soit attribuée au moteur de script situé du côté client. Voici une séquence type d'actions qui résultent du mouvement du curseur (voir figure D.2).

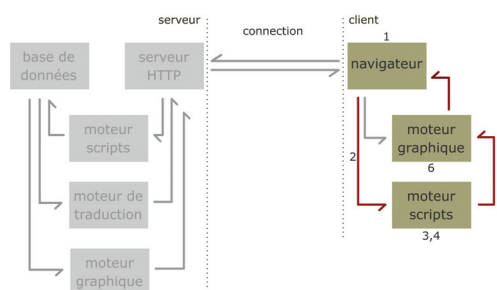


FIG. D.2 Éléments du système impliqués dans la dynamique du tableau de bord.

Les étapes d'une telle séquence sont décrites ci-dessous.

1. interaction de l'utilisateur avec l'interface cartographique \Rightarrow détermination de la position du curseur.
2. transmission de la position au moteur de script.
3. calcul de la valeur de chaque variable morphologique.
4. transmission des valeurs au moteur graphique.
5. modification des éléments graphiques du tableau de bord.

Annexe E
Illustrations agrandies des
interfaces

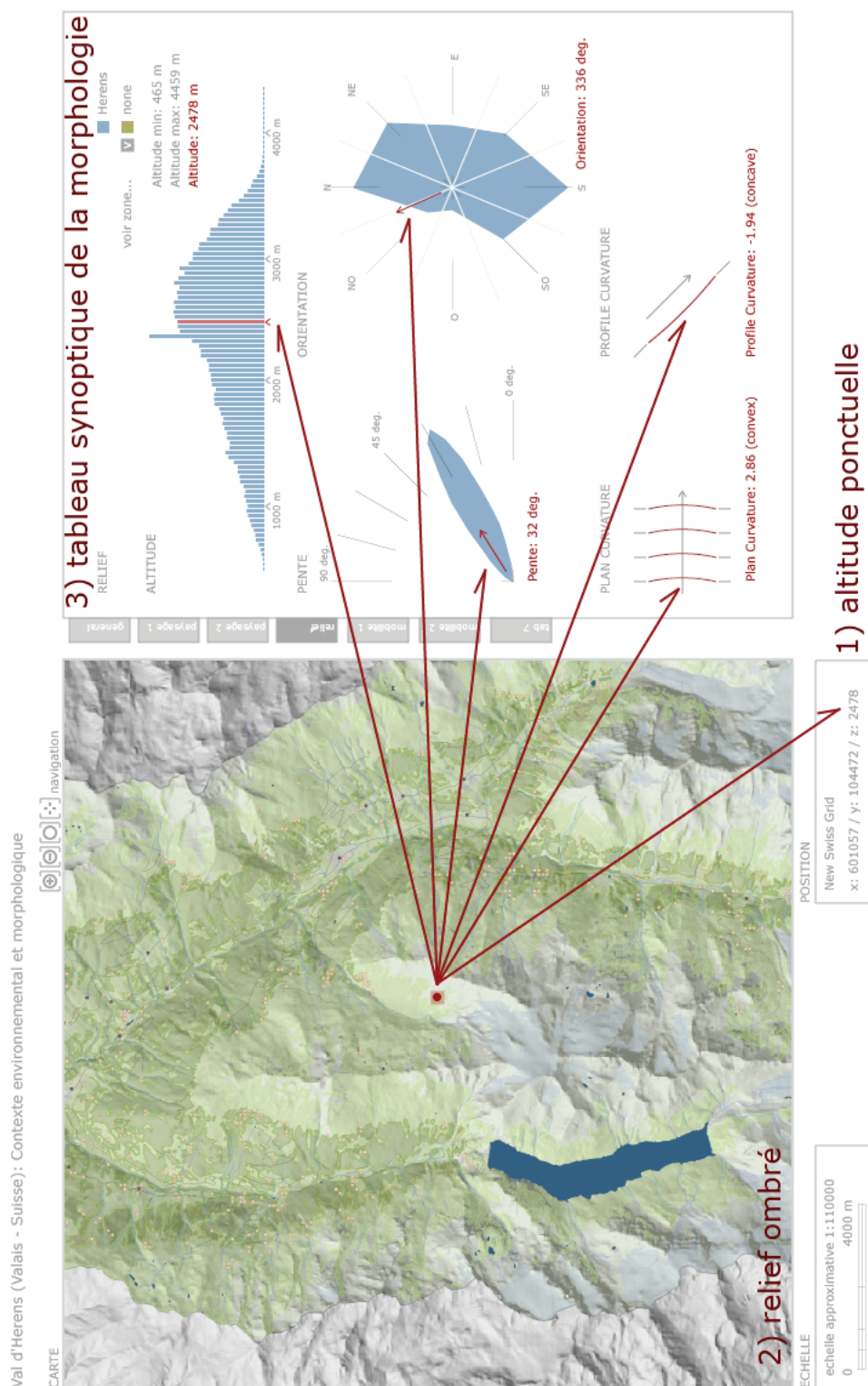


FIG. E.1 Intégration du relief constituée (1) de l'altitude, (2) de la carte ombrée et (3) du tableau synoptique de la morphologie. Le mouvement du curseur au-dessus de la carte principale induit la mise à jour instantanée des valeurs morphologiques du lieu désigné.

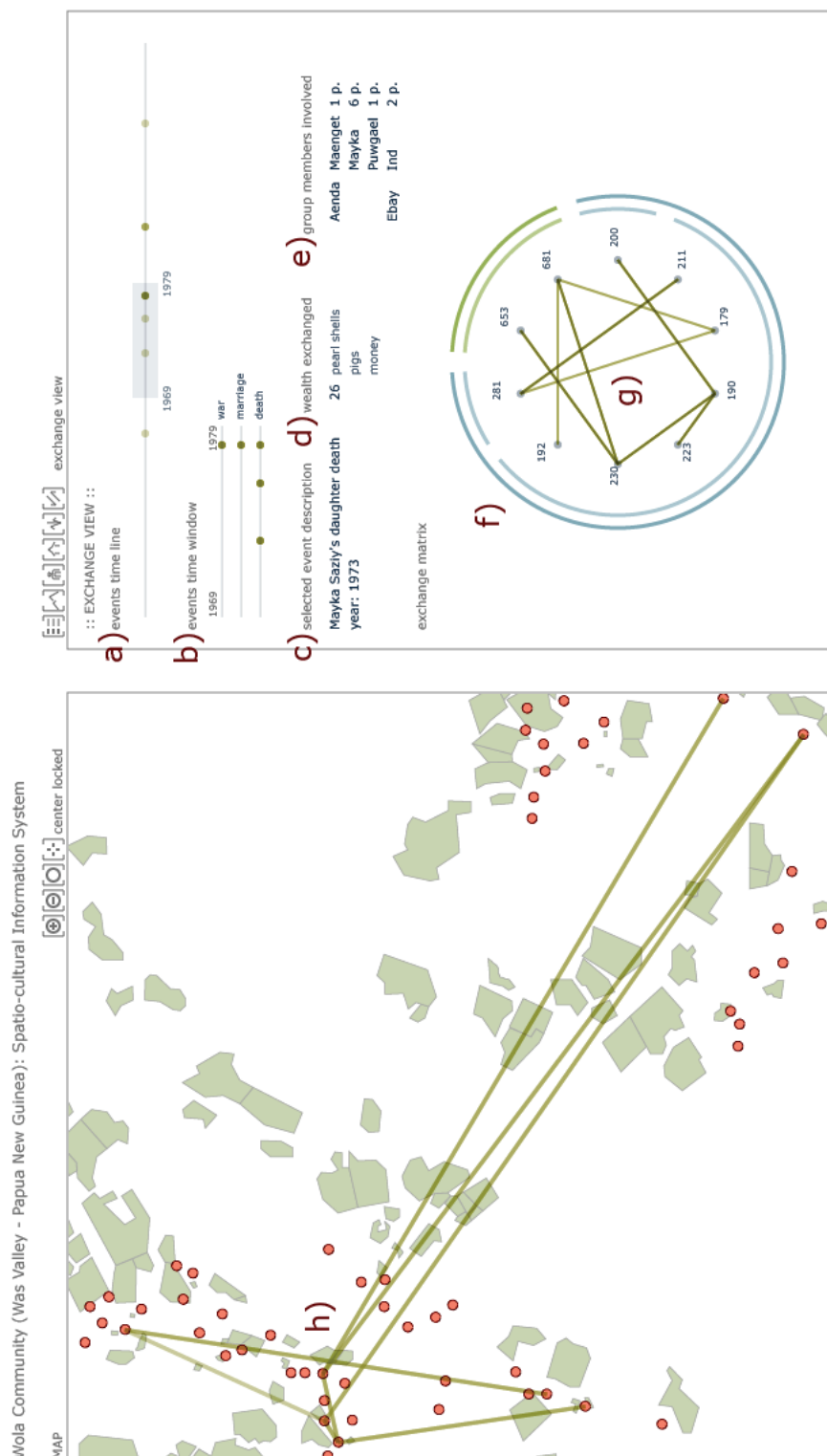


FIG. E.5 Représentation interactive des échanges socio-politiques au sein de la société Wola. Une ligne temporelle (a) met en évidence la tenue d'événements qui ont donné lieu à des échanges. Cette représentation permet en outre de choisir la fenêtre temporelle qui définit la matrice temporelle des événements (b). Le choix d'un événement en particulier dans cette matrice permet d'en afficher une description sommaire (c) et d'en dresser les bilans de biens échangés (d) et des personnes impliqués (e). De plus, le graphe des échanges individuels (g) est créé. Le bilan des groupes impliqués est complété par sa représentation (f) qui encadre le graphe des échanges. Finalement, chaque transaction est représentée dans l'espace géographique (h).

Liste des figures

2.1	<i>Cycle de vie de l'information. Les étapes d'importance particulière pour la recherche (voir section 2.7) sont dans les tons foncés, celles d'importance limitée sont dans les tons moyens. Les tons clairs représentent les étapes de moindre importance pour ce travail.</i>	15
2.2	<i>Caractérisation géographique : la forme, l'arrangement et la proximité.</i>	16
2.3	<i>Dimensions géographique, thématique et relationnelle.</i>	17
3.1	<i>Cadre géographique composé du relief, de l'environnement et de leur combinaison, le milieu. La couleur met bien en évidence ces deux composantes du milieu et leur combinaison dans cet exemple du Val d'Hérens, Suisse.</i>	31
3.2	<i>Lien mutuel entre le relief et l'environnement au sein du cadre géographique.</i>	31
3.3	<i>Relations mutuelles entre l'espace et la culture.</i>	32
3.4	<i>Système de la communauté.</i>	32
3.5	<i>Carte d'une communauté Kuna au Panama (reproduite avec l'autorisation de Mac Chapin - Native Lands).</i>	35
3.6	<i>Exemple de carte de représentation spatiale de la pauvreté : produit national brut par habitant 2005 (source de données : Banque Mondiale).</i>	36
3.7	<i>Cartographie des ressources naturelles liées à une communauté Kuna au Panama (reproduite avec l'autorisation de Mac Chapin - Native Lands).</i>	39

4.1	<i>Étapes de modélisation en science de l'information géographique.</i>	55
4.2	<i>Éléments du diagramme de classe UML.</i>	57
4.3	<i>Modèles spatiaux d'une réalité (à gauche) : régulier (à droite) et irrégulier (au centre).</i>	58
4.4	<i>Pictogrammes spatiaux.</i>	58
5.1	<i>Richesse et diversité de la connaissance anthropologique.</i>	63
5.2	<i>Passage de la connaissance culturelle au modèle de connaissance.</i>	64
6.1	<i>Premier pas de décomposition de la connaissance en phénomènes culturels centraux.</i>	67
6.2	<i>Du premier au cinquième pas de décomposition du phénomène culturel de la "subsistance" au fait anthropologique "un plantage est détenu par une personne de la communauté. Cette illustration a pour objectif de symboliser les premiers pas de la démarche de décomposition. Elle joue un rôle de représentation symbolique et ne reflète par conséquent pas la richesse et les nuances propres à un schéma de décomposition complet."</i>	68
6.3	<i>Mise en évidence du concept de "plantage" dans les derniers pas de décomposition.</i>	69
6.4	<i>Identification et détermination des entités dans les faits anthropologiques, exemple du "plantage".</i>	69
6.5	<i>Distribution des entités et de leurs propriétés dans le modèle de décomposition.</i>	70
6.6	<i>Relation de parenté : l'affinité par mariage et la descendance par naissance qui en découlent.</i>	71
6.7	<i>Relations d'appartenance.</i>	72
6.8	<i>Relations d'échange.</i>	72
6.9	<i>Relations de jouissance.</i>	73
6.10	<i>Charte graphique appliquée au modèle de connaissance.</i>	74
6.11	<i>Modèle de connaissance associé à la communauté Wola.</i>	75
6.12	<i>Noyau explicite dans le modèle simplifié de la connaissance anthropologique. Ce schéma présente simultanément une notion ensembliste par la topologie, et une notion de formalisation par la sinuosité des formes.</i>	77
6.13	<i>Dimension temporelle ajoutée aux dimensions géographique, thématique et relationnelle.</i>	79
7.1	<i>Classes et associations représentatives des entités "personne" et "plantage" : gestion de la temporalité de certains attributs en classes distinctes.</i>	82

7.2	<i>Dimension spatiale des entités “plantage” et “maison” reportée sur leurs classes.</i>	83
7.3	<i>Modèle conceptuel de la relation de parenté donnant naissance aux classes “partenariat” et “descendant”.</i>	84
7.4	<i>Modèle conceptuel de la relation d’échange donnant naissance aux classes “échange” et “événement”.</i>	84
7.5	<i>Modèle conceptuel de la relation de jouissance donnant naissance aux classes “défricheur”, “cultivateur” et “détenteur”.</i>	85
7.6	<i>Modèle conceptuel associé à la communauté Wola.</i>	86
7.7	<i>Degré de normalisation des éléments du modèle conceptuel associé à la société Wola.</i>	88
C.I.1	<i>Passage de la connaissance anthropologique au modèle conceptuel de données.</i>	91
C.I.2	<i>Processus itératifs (boucles) observés lors du passage de la connaissance anthropologique au modèle conceptuel de données.</i>	93
8.1	<i>Position des aspects du message dans l’espace de représentation.</i>	101
8.2	<i>Position des finalités de la représentation selon David DiBiase dans l’espace de représentation de Alan MacEachren.</i>	102
9.1	<i>Propriétés des systèmes de visualisation en science de l’information géographique. Cette tentative à pour objectif de mettre en évidence les points de convergence et de divergence entre la solution dite “idéale” et les systèmes existants.</i>	111
10.1	<i>Éléments constitutifs de l’interface d’exploration distribuée.</i>	119
10.2	<i>Éléments principaux de représentation offerts dans l’interface d’exploration.</i>	120
10.3	<i>Éléments d’interactivité et de dynamique offerts par l’interface d’exploration.</i>	121
10.4	<i>Variables morphologiques : pente, orientation, courbure horizontale et verticale.</i>	123
10.5	<i>Modèle quadratique (Zevenbergen et Thorne, 1987) pour la détermination d’une surface et de ses variables morphologiques.</i>	124
10.6	<i>Intégration du relief constituée ⁽¹⁾ de l’altitude, ⁽²⁾ de la carte ombrée et ⁽³⁾ du tableau synoptique de la morphologie. Le mouvement du curseur au-dessus de la carte principale induit la mise à jour instantanée des valeurs morphologiques du lieu désigné. Voir en annexe E pour une version agrandie de la figure.</i>	125

- 10.7 *Variation de l'échelle d'observation pour le calcul de la courbure horizontale. La première ligne de figures met en évidence le champ de vision tel que perçu par l'utilisateur. Ceci correspond à une modification de l'échelle de représentation. La deuxième correspond à l'effet de la modification du champ de vision sur l'information d'altitude. Autrement dit, cette ligne présente la modification de l'échelle d'observation. Finalement, la troisième correspond à l'illustration de la courbure horizontale dérivée aux différentes échelles d'observation.* 126
- 10.8 *Mécanismes d'incidence entre échelles dans les cas de représentation cartographique "classique" et interactive.* 127
- 10.9 *Agrégation de mailles (à gauche) et agrégation de valeurs (au centre et à droite).* 128
- 10.10 *Différentes approches de changement d'échelle d'observation des variables morphologiques : généralisation spatiale ou modification du contexte.* 129
- 10.11 *Représentation du bilan des gains et des pertes d'occupation du sol dans le Val d'Hérens. La sélection d'une classe dans un des états avec le curseur a les répercussions suivantes : ^(a) l'affichage de la statistique numérique relative à la classe en question dans les deux états, ^(b) l'affichage de leur différence, ^(c) la mise en évidence des barres d'histogrammes correspondantes ainsi que ^(d) celle des zones de l'espace géographiques concernées (en rouge dans la carte). Voir en annexe E pour une version agrandie de la figure.* 133
- 10.12 *Représentation des transitions de l'occupation du sol dans le Val d'Hérens. Les tons attribués aux cellules mettent en évidence l'intensité du changement observé (de faible en clair à fort en foncé) et dirigent ainsi le lecteur vers les articulations principales de la transition. La sélection d'une cellule avec le curseur a les répercussions suivantes : ^(a) la mise en évidence des classes impliquées, ^(b) l'affichage de la statistique relative à cette transition et ^(c) la localisation dans l'espace géographique des changements en question. Voir en annexe E pour une version agrandie de la figure.* 134
- 10.13 *Représentation de la structure et des traits démographiques de la société Wola. Une échelle temporelle ^(a) permet de choisir l'année du recensement à représenter. Ce choix permet de définir et de représenter la matrice d'organisation des groupes sociaux ^(b). La sélection d'un groupe à l'aide de la souris engendre l'affichage des traits démographiques de celui-ci ^(c) ^(d) ^(e). Dans le même temps, la distribution spatiale du groupe est mise en évidence dans la carte ^(f). Voir en annexe E pour une version agrandie de la figure.* 138

10.14	<i>Diagramme fonctionnel de traitements pour l'établissement de la pyramide des âges d'un groupe social.</i>	139
10.15	<i>Diagramme conceptuel de traitements pour l'établissement de la pyramide des âges d'un groupe social.</i>	140
10.16	<i>Représentation interactive des échanges socio-politiques au sein de la société Wola. Une ligne temporelle ^(a) met en évidence les événements qui ont donné lieu à des échanges. Cette représentation permet en outre de choisir la fenêtre (temporelle) qui définit la matrice temporelle des événements ^(b). Le choix d'un événement en particulier dans cette matrice permet d'en afficher une description sommaire ^(c) et d'en dresser les bilans de biens échangés ^(d) et des personnes et groupes impliqués ^(e). De plus, le graphe des échanges individuels ^(g) est créé. La synthèse des groupes impliqués est complétée par sa représentation ^(f) qui encadre le graphe des échanges. Finalement, chaque transaction est représentée dans l'espace géographique ^(h). Voir en annexe E une version agrandie de la figure.</i>	144
C.I.1	<i>Représentation du processus itératif de conception et d'utilisation de l'interface d'exploration géographique.</i>	149
C.I.2	<i>Processus d'inférence comme ultime résonance de l'exploration.</i>	149
C.1	<i>Communication client-serveur par séquençage synchrone.</i>	174
C.2	<i>Vue simplifiée du réseau client-serveur.</i>	175
C.3	<i>Vue schématique des éléments principaux du réseau.</i>	177
C.4	<i>Vue schématique de la représentation en mode image.</i>	178
C.5	<i>Séquençage de la représentation en mode image.</i>	178
C.6	<i>Vue schématique de la représentation en mode vecteur.</i>	179
C.7	<i>Séquençage de la représentation en mode vecteur.</i>	179
C.8	<i>Vue schématique de la représentation interactive en mode vecteur.</i>	180
C.9	<i>Séquençage des interactions client-client en mode vecteur.</i>	180
C.10	<i>Communication client-serveur par séquençage asynchrone.</i>	181
C.11	<i>Vue schématique de la représentation en mode couplé image-vecteur.</i>	182
C.12	<i>Séquençage des interactions client-serveur en mode couplé.</i>	182
C.13	<i>Optimisation de la représentation en mode couplé image-vecteur.</i>	184
D.1	<i>Éléments du système de diffusion de l'information relative au relief.</i>	185

- D.2 *Éléments du système impliqués dans la dynamique du tableau de bord.* 186
- E.1 *Intégration du relief constituée ⁽¹⁾ de l'altitude, ⁽²⁾ de la carte ombrée et ⁽³⁾ du tableau synoptique de la morphologie. Le mouvement du curseur au-dessus de la carte principale induit la mise à jour instantanée des valeurs morphologiques du lieu désigné.* 190
- E.2 *Représentation du bilan des gains et des pertes d'occupation du sol dans le Val d'Hérens. La sélection d'une classe dans un des états avec le curseur a les répercussions suivantes : ^(a) l'affichage de la statistique numérique relative à la classe en question dans les deux états, ^(b) l'affichage de leur différence, ^(c) la mise en évidence des barres d'histogrammes correspondantes ainsi que ^(d) celle des zones de l'espace géographiques concernées (en rouge dans la carte).* 191
- E.3 *Représentation des transitions de l'occupation du sol dans le Val d'Hérens. Les tons attribués aux cellules mettent en évidence l'intensité du changement observé (de faible en clair à fort en foncé) et dirigent ainsi le lecteur vers les articulations principales de la transition. La sélection d'une cellule avec le curseur a les répercussions suivantes : ^(a) la mise en évidence des classes impliquées, ^(b) l'affichage de la statistique relative à cette transition et ^(c) la localisation dans l'espace géographique des changements en question.* 192
- E.4 *Représentation de la structure et des traits démographiques de la société Wola. Une échelle temporelle ^(a) permet de choisir l'année du recensement à représenter. Ce choix permet de définir et de représenter la matrice d'organisation des groupes sociaux ^(b). La sélection d'un groupe à l'aide de la souris engendre l'affichage des traits démographiques de celui-ci ^(c) à ^(e). Dans le même temps la distribution spatiale du groupe est mise en évidence dans la carte ^(f).* 193
- E.5 *Représentation interactive des échanges socio-politiques au sein de la société Wola. Une ligne temporelle ^(a) met en évidence la tenue d'événements qui ont donné lieu à des échanges. Cette représentation permet en outre de choisir la fenêtre temporelle qui définit la matrice temporelle des événements ^(b). Le choix d'un événement en particulier dans cette matrice permet d'en afficher une description sommaire ^(c) et d'en dresser les bilans de biens échangés ^(d) et des personnes et groupes impliqués ^(e). De plus, le graphe des échanges individuels ^(g) est créé. Le bilan des groupes impliqués est complété par sa représentation ^(f) qui encadre le graphe des échanges. Finalement, chaque transaction est représentée dans l'espace géographique ^(h).* 194

Liste des tables

4.1	<i>Jeu des cardinalités reconnues.</i>	56
6.1	<i>Jeu incomplet des propriétés de l'entité "plantage".</i>	78
9.1	<i>Hiérarchisation des retours d'utilisateur et classification de leurs incidences sur la conception.</i>	115
10.1	<i>Bilan des pertes et des gains par classe entre 1985 et 1997.</i>	132
10.2	<i>Matrice de transition d'une classe à l'autre entre 1985 (en lignes) et 1997 (en colonnes).</i>	132
10.3	<i>Matrice d'organisation des groupes sociaux de la société Wola. Cette matrice est basée sur les données d'appartenance des individus acquises lors du recensement de 1976. Elle met en évidence l'imbrication des différentes extensions sociales, à savoir la famille au sens strict (<i>sem</i>), la famille étendue (<i>semgeⁿk</i>) et la communauté (<i>semonda</i>).</i>	137
10.4	<i>Variables démographiques d'un groupe intégrées à l'interface d'exploration géographique.</i>	137
10.5	<i>Aperçu des transactions observées lors de la séquence d'échanges <i>ol tobway / ol bay</i> qui ont suivi la mort de la fille de Mayka Sazy.</i>	142
10.6	<i>Matrice des transactions observées lors de la séquence d'échanges <i>ol tobway / ol bay</i> qui ont suivi la mort de la fille de Mayka Sazy. Les donneurs sont reportés en ligne et les receveurs en colonne. Les biens impliqués correspondent à des colliers de perles.</i>	142

Curriculum Vitae

POINTET Abram

Image and Geographical Information Analyst

Swiss nationality

Born in 1975

Married

LaSIG GIS & RS Laboratory / ENAC Faculty
Swiss Federal Institute of Technology EPFL
CH-1015 LAUSANNE
SWITZERLAND

Tel +41 21 693 5787
Fax +41 21 693 5790

abram.pointet@epfl.ch

<http://lasig.epfl.ch>

<http://abram.ch>

Education

- 2007 PhD at the Swiss Federal Institute of Technology of Lausanne (EPFL)
"Spatial modeling and representation of Anthropological knowledge."
- 2000 Master's degree in Geographical Information & Environmental Sciences,
Swiss Federal Institute of Technology of Lausanne (Switzerland)
- 1996-1999 Rural and Environmental Engineering Studies,
Swiss Federal Institute of Technology of Lausanne (Switzerland)
- 1994 Bachelor's degree in sciences,
St-Michael College Fribourg (Switzerland)

Professional Experience

- Since 2007 Webmapping and spatial analysis specialist at microGIS SA
- Since 2004 Lecturer in spatial information management technologies at EPFL
- 2003-2006 EPFL-ICRC Project manager in spatial and project information management
- Since 2003 Lecturer in Spatial Analysis and Remote Sensing at EPFL
- 2000-2003 EPFL-IADB Project manager and scientist in remote sensing and GIS methodology for social and environmental information analysis in cooperation context, LaSIG EPFL
- 1998-1999 Teaching assistant in soil physics, EPFL
- 1998 Contaminated Sites Assessment Training Course, EPFL
- 1998 Teaching assistant in topography, EPFL
- 1996 Social Help in Romania

Computer Experience

Microsoft Windows, Linux and UNIX Systems

Latex, OpenOffice, Microsoft Office, Microsoft Access, Claris Filemaker, S-PLUS, R, GeostatOffice, Matlab, Dreamweaver, Flash, Photoshop, Illustrator, Acrobat tools

Manifold, MapInfo, Vertical Mapper, MapX, ArcGIS, Microsation, FME, Geogateway, Erdas Imagine, ERMapper, Idrisi, ENVI, eCognition, MySQL, PostgreSQL

Delphi, Visual Basic, Perl, VbScript, JavaScript, php, asp, and html programming languages

Languages

French: mother tongue
English: good knowledge

German: good knowledge
Spanish: basic knowledge

Personal Experience

Travel, Landscape, & Wildlife photography, Trekking, Skiing, Saxophone, Classical & Gospel Choirs

Remote area mapping (Ladakh – Zanskar, northern India)

Journeys: Mexico, Panama, Costa Rica, Cabo Verde, Nepal, China, Senegal, Cameroon, Syria, Lebanon, Libya, USA, Australia, Indonesia, Singapore, Malaysia, Thailand, Turkey, India, Vietnam, Ecuador, Europe

Publications

Pointet A. 2005. Ladakh Zaskar Map – North (Scale 1:150'000) Editions Olizanes

Pointet A. 2005. Ladakh Zaskar Map – South (Scale 1:150'000) Editions Olizanes

Pointet A. et al. 2004. CLAN Cultural Land Use Analysis Methodology Inter American Development Bank Ed. 220 pp.

Pointet A. 2004. Ladakh Zaskar Map – Center (Scale 1:150'000) Editions Olizanes

Pointet A. 2003. GIS internal structure for ICRC operations internal study report, unpublished

Golay F. et al. 2003. Réseaux de (géo)services: Vers une architecture ouverte de services Revue Internationale de Géomatique

Gachet G. & Pointet A., 2003, Mise au point d'une méthodologie pour le calcul du taux de boisement à l'aide des modèles numériques de terrain à très haute résolution, INFO D+M, décembre 2003

Pointet A., 2003, GIS internal structure for ICRC operations: internal study report, unpublished

Golay F., Pointet A., Moreni C., Riedo M., Giger C., Najar C., 2003, Réseaux de (géo)services: Vers une architecture ouverte de services, Revue Internationale de Géomatique, (accepted)

Caloz R, Pointet A, Collet C. 2003. Approche comparée de classification d'image aérienne : une étude de cas. Geographica Helvetica Acta 58(2) p. 141-153

Pointet A. & Dolci C. 2003 CLAN: Cultural Landuse Analysis Methodology, IADB (in press) (software and paper material)

Caloz R. & Pointet A. 2002 Contextual classification of very high resolution images: Application on aerial photograph. Teledetection 3(2-3-4) p.311-322

Pointet A., Riedo M. & Caloz R. 2002 Remote Sensing and aerial images compression: State of the Art. Teledetection 3(2-3-4) p.323-335

Pointet A. 2001 Island Theory Notes: Reptilian fauna of Indonesia and surrounding countries zoogeography, Biogeographica 77(3) p. 97-111

Pointet A. 2001 Geographical Information System and Remote Sensing in Turtles Biology and Conservation Studies: role and capabilities, Manouria 4(10)

Pointet A. 2000 Landscape structure influence on the biodiversity: Woodpeckers Diversity along the "Neuchatel" Lake (Switzerland) Case study. Master of Science Dissertation, Swiss Federal Inst. of Technology.

Pointet A. 1999 Zoogeography and Population Status of Indonesian Turtles, Manouria 2(4)

Pointet A. 1999 Peninsular Malaysia Herpetofauna, Manouria 2 (3)

Pointet A. 1998 Notes on the reproduction of the radiated tortoise *Astrochelys radiata* (Shaw, 1802), Manouria 1 (1)

Communications

Bach M. et al. 2005 Region-based Satellite Image Classification: Method And Validation. IEEE ICIP 2005 Genova, Italy

Caloz R. & Pointet A. 2001 Contextual classification of very high resolution images: Application on aerial photograph. IXe Journées Scientifiques du réseau de télédétection AUPELF Yaounde, Cameroon

Pointet A., Riedo M. & Caloz R. 2001 Remote Sensing and aerial images compression: State of the Art. IXe Journées Scientifiques du réseau de télédétection AUPELF Yaounde, Cameroon

Pointet A., Caloz R. & Mulhauser B. 2000 Landscape structure influence on the biodiversity: Woodpeckers Diversity along the "Neuchatel" Lake (Switzerland) Case study. International ornithology colloquium, Caen (France)