



HAL
open science

Valorisation de l'information dédiée aux événements de territoires à risque. Une application cartographique et géovisualisation de la couronne grenobloise

Aurélie Arnaud

► **To cite this version:**

Aurélie Arnaud. Valorisation de l'information dédiée aux événements de territoires à risque. Une application cartographique et géovisualisation de la couronne grenobloise. Géographie. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2009. Français. NNT: . tel-00664647

HAL Id: tel-00664647

<https://theses.hal.science/tel-00664647>

Submitted on 31 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE JOSEPH FOURIER

Spécialité : Géographie

Préparée aux Laboratoire TERRITOIRES et Laboratoire d'Informatique de Grenoble
(Grenoble 1)

dans le cadre de l'École Doctorale 454
« Science de l'homme, du politique et du territoire » - UMR PACTE 5194

présentée et soutenue publiquement

par

Aurélie ARNAUD

le 6 juillet 2009

Valorisation de l'information dédiée aux événements de territoires à risque

Une application cartographique et géovisualisation
de la couronne grenobloise

Thèse dirigée par

Directeur de thèse : Hervé GUMUCHIAN

Co-directrice : Paule-Annick DAVOINE

JURY

Mme. Valérie NOVEMBER, Professeur FNS en géographie à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse	Rapporteur
M. Thierry JOLIVEAU, Professeur en géographie à l'Université Jean Monnet, Saint-Etienne	Rapporteur
M. Denis CŒUR, Bureau d'étude Acthys diffusion, Grenoble	Examinateur
M. Hervé MARTIN, Professeur en informatique à l'Université Joseph Fourier, Grenoble	Président
Mme. Paule-Annick DAVOINE, Maître de conférences en géographie, Grenoble INP	Co-directrice
M. Hervé GUMUCHIAN, Professeur en géographie à l'Université Joseph Fourier, Grenoble	Directeur de thèse

Résumé

Valorisation de l'information dédiée aux événements de territoires à risque

Une application sur la couronne grenobloise

Mots-clés : événement, information, territoire à risque, représentation cartographique, géovisualisation.

Le « territoire à risque » est un objet géographique où s'accumule l'histoire des événements issus de risque (par exemple des inondations, des éboulements). L'intérêt porté à cette histoire au travers des recherches en archives jusqu'à la mise en place d'observatoires des événements, produit de l'Information Dédicée aux Événements (IDE). Malgré une forte demande des acteurs impliqués dans la gestion (prévision et prévention) des territoires à risque, peu d'outils donnent accès à sa consultation de manière intégrale et organisée. L'opacité relative à l'IDE nécessite d'avoir recours à un processus de valorisation. A cet égard, l'hypothèse principale que nous défendons est celle que les règles de sémiologie graphique qui s'appliquent aux cartes statiques présentent des limites lorsqu'elles convoitent des formes cartographiques plus élaborées (la carte animée, la carte interactive et la carte multimédia). Une étude des cartographies présentes sur Internet renforce ce postulat.

Afin de satisfaire les besoins des acteurs en terme de consultation de l'IDE, il est nécessaire d'étendre cette sémiologie et d'exploiter les potentialités de nouvelles méthodes et techniques de géovisualisation utilisant les technologies Web (environnement interactif, animé et multimédia). Chacune apporte son lot de solutions, mais dévoile aussi de nouveaux problèmes. C'est l'étude de leurs atouts qui nous amène à proposer une méthode cartographique utilisant les techniques de géovisualisation afin d'améliorer la compréhension de l'IDE. Sa validation se réalise grâce à son implémentation dans un outil de géovisualisation dédié aux risques (SIRN : Système d'Information dédié aux Risques Naturels). La méthode prend en compte les niveaux de connaissances de risque des acteurs ainsi que leurs besoins en terme d'actions pour mieux gérer le risque sur leur territoire.

Abstract

Value of information relative to events of territories at risk Grenoble application (France)

Keywords : events, information, Territorie at risk, mapping, geovisualisation, value of information.

“Territorie at risk” are spatial objects defined by the accumulation of events from risks (floods, landslides, etc.) through history. Interest in these events, from archival research to the establishment of observatories, has resulted in information dedicated to events (IDE). This information though, presents certain specificities (multi-dimensions, for example) and few tools permit its consultation in an organized and complete manner, in spite of the strong demand from the risk prevention and forecast sector. The value of IDE must therefore be better appreciated.

The hypothesis that we are attempting to validate is that classical cartography (static maps and more sophisticated mapping (moving maps), interactive maps and multimedia maps) are limited on the Web. It is therefore necessary to extend the bertinian'semiology and to use new methods and techniques which refer to interactivity, dynamics displays, multimedia and visualization, offers to Web environment, in order to satisfy the needs of the actors involved (in terms of consultation of information). Each method and technique bring solutions, but they also reveal new problems. It is taking the strengths of each of them that brings us closer to proposing a dynamic cartographic visualization and multimedia which represent IDE. To validate, this proposal, on one hand, it would be integrated into a knowledge discovery tool, a type of SIHREN (Information System Dedicated to Risks and the History of Natural Events) and on the other hand, its effectiveness in terms of meeting the needs of actors and specificities of IDE, is tested.

Sommaire

<i>Résumé</i>	3
<i>Abstract</i>	5
<i>Sommaire</i>	7
<i>Remerciements</i>	9
<i>Propos liminaire</i>	11
<i>Introduction générale</i>	14
<i>Chapitre 1 : Les événements des territoires à risque</i>	27
Section 1 : Territoire et risque : des relations peu conciliantes	30
Section 2 : Territoire à risque : le risque comme ressource territoriale	59
Section 3 : Du territoire à risque à l'événement : les temporalités à l'œuvre	95
<i>Chapitre 2 : L'information dédiée aux événements issus de risque</i>	123
Section 1 : Définition d'une information sur les événements	127
Section 2 : L'IDE pour enrichir des connaissances et enjeux	149
Section 3 : Problèmes posés pour valoriser l'IDE	173
<i>Chapitre 3 : Des fondements cartographiques à la géovisualisation</i>	239
Section 1 : Règles cartographiques	243
Section 2 : Formes cartographiques	283
Section 3 : De la carte à la géovisualisation	317
<i>Chapitre 4 : De la cartographie de l'IDE à la conception d'un SI</i>	337
Section 1 : Eléments méthodologiques	341
Section 2 : Vers l'outil de géovisualisation SIHREN	361
Section 3 : Une méthode cartographique pour GenGHIS	387
Section 4 : Application à la couronne grenobloise	415
<i>Conclusion générale</i>	453
<i>Table des matières</i>	465
<i>Table des figures</i>	473
<i>Table des sigles</i>	483
<i>Annexes</i>	485
<i>Bibliographie</i>	507

Remerciements

Mon grand-père, instituteur des années 30-60, disait toujours en corrigeant mes dictées : « on n'en fera rien de cette petite ». C'est peut-être pour cela que je n'ai jamais lâché les prises de la falaise, et surtout pour ne pas sombrer dans cette affirmation qui résonne encore dans ma tête. J'ai alors grimpé jusqu'au sommet : la thèse.

Ce travail de thèse n'aurait pu se réaliser et aboutir sans toutes les personnes qui m'ont aidée et soutenue tout au long de ce voyage, parfois juste ponctuellement. Ce ne fut pas un cheminement sans obstacles. En effet, à la croisée de la géographie et de l'informatique, il demeure un espace guère peuplé, qu'il est difficile d'apprécier tant les raisonnements, les perceptions et les représentations sont différents. Je profite alors de cet exercice très personnel pour remercier les géographes, les informaticiens et toutes les autres personnes ayant participé.

Ce travail n'aurait pu être effectué sans l'accord de mes directeurs de thèse Hervé Gumuchian (Professeur à l'université Joseph Fourier) et Paule-Annick Davoine (Maître de conférence à l'Institut National Polytechnique de Grenoble) que je remercie pour leurs conseils et leur confiance.

J'adresse également ma sincère reconnaissance à l'ensemble du jury : Valérie November, Thierry Joliveau, Denis Cœur et Hervé Martin, pour s'être penché sur mon travail et l'avoir évalué.

Je tiens à remercier particulièrement Hervé Martin (Professeur à l'Université Joseph Fourier) et l'équipe STEAMER (Spatio-TEmporal information, Adaptability, Multimedia and knowlEDGE Representation) du Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) pour m'avoir accueillie et fourni le cadre nécessaire à la réalisation de cette thèse, mais aussi à la réalisation de mon DEA en Gestion des Espaces Montagnards.

Ce travail doit aussi beaucoup à la Région Rhône-Alpes qui l'a financé pendant trois ans.

J'exprime ma plus vive gratitude encore à Denis Cœur (Historien du bureau d'étude Acthys Développement), Didier Hantz (Professeur à l'Université Joseph Fourier) et Magali Fraysinne (Géophysicienne) pour leur enthousiasme envers mes recherches, la mise à disposition de données et leur disponibilité malgré leur importante charge de travail.

Je remercie Céline Lutoff et Anne-Laure Amilbat qui sont les toutes premières à m'avoir fait goûter à la recherche lors de la rédaction de mon mémoire de maîtrise sur l'amplification du risque dans les Andes chiliennes. A l'époque, j'étais à mille lieues de penser que leurs encouragements aboutiraient aujourd'hui à une thèse.

Je remercie le groupe Thésorisk (groupe de doctorants dont l'objet de recherche est le risque) et l'équipe STEAMER pour m'avoir régulièrement fait travailler la matière grise, et plus particulièrement Bogdan, le réalisateur de la « scène » : GenGHIS.

Je n'oublierai pas l'optimisme et le réalisme de Jean-Christophe Gaillard qui a toujours eu les mots pour m'encourager, et Dieu sait si c'était indispensable dans les moments les plus bas.

Je n'oublierai pas non plus les encouragements des enseignants, chercheurs, administratifs et doctorants de l'Institut de Géographie Alpine (IGA) et du LIG dont la liste est longue (je vous laisse vous reconnaître).

Je remercie également l'IGA pour m'avoir accueilli en tant qu'Attaché Temporaire à l'Enseignement et à la Recherche (ATER).

Un immense merci à tous mes correcteurs informels que je me dois de lister : Martine David-Andréani, Amandine Meurville, Elise Beck, Maud Hirczak, Coralie Mounet, Elisabeth Cheneau, Xavier Bodin et Sophie Louargan.

Mais aussi un grand merci aux excellents debuggeurs, Yan Grenenberger, Bogdan Moisuc et Nicolas Robinet, toujours disponibles et avec le sourire.

Je terminerai par remercier tous ceux qui m'ont soutenue psychologiquement :

- *Damien et Timoté m'ont quotidiennement remis les pieds sur terre et permis de relativiser l'acte de Thèse ;*
- *Mes parents qui ont cru, sans jamais faillir, en ma soif de savoir. Ils m'ont soutenue jusqu'à la fin et sans eux je n'aurais pu réaliser mes premiers pas dans la recherche ;*
- *Le reste de ma famille, pour leur compréhension et leur intérêt ;*
- *Ma belle famille du continent et de Corse pour leur présence et leur encouragement ;*
- *Mes collègues qui m'ont supportée quotidiennement dans leur bureau ou lors de déjeuners, ils ont joué un grand rôle de « décompresseur » : Céline, Yan, Marius, Vincent, Nicolas, Christiane, Windson, Manuele, Angela, Kamila et bien d'autres ;*
- *Mes amis et connaissances qui ont cru jusqu'au bout, ont compati, m'ont consolée quand je « dévissais » : les grenoblois (Lolo, Sandrine, Libéra, Alex, Séverine et bien d'autres dont les anciens colocataires), le Dugui-group', la Gwada- band, les 40' (ou proche), les « filles de la crèche », les covoitureurs et mes trois coccinelles : Stéphanie, Nathalie et Séverine ;*
- *Enfin, l'orographie, la boule et les corps célestes, inépuisables chargeurs de mes batteries.*

Aux cartes et au risque, pour m'avoir guidés jusqu'ici.

Propos liminaire

Mes travaux de recherche ont débuté en 2002 lors d'un stage de Master 2 en géographie intitulé « spécifications spatio-temporelles pour la valorisation de l'information historique dédiée aux risques naturels », puis se sont poursuivis de 2003 à aujourd'hui dans le cadre d'une thèse qui s'est réalisée au sein de l'UMR PACTE-TERRITOIRES et du LSR-IMAG¹ devenu Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) en 2007. Plusieurs équipes de recherche m'ont accueillies : STEAMER² du LIG, dont les axes de recherche s'orientent vers le développement de systèmes d'information spatio-temporelle et multimédia basé sur le Web, ainsi que le groupe Risque Crise et Catastrophe (RCC) et l'équipe « Territoire/Temporalités » de TERRITOIRES. Ces travaux ont été financés pendant trois ans par la région Rhône-Alpes (2003-2006).

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche de la région Rhône-Alpes (2003-2005) « Thématiques prioritaires : développement durable, aménagement des espaces naturels et risques naturels » et plus particulièrement dans le projet SIHReN (Système d'Information Historique dédiée aux Risques Naturels et aux événements). Ce projet a aussi été soutenu par le Pôle Grenoblois³, en 2003. Ce projet pluridisciplinaire dirigé par Paule-Annick Davoine a rassemblé des géographes (Laboratoire PACTE-TERRITOIRES), des informaticiens (Laboratoire d'Informatique de Grenoble - LIG), un historien (bureau d'étude Acthys Diffusion), un géologue (Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique –LIRIGM- devenu Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique –LGIT- , Grenoble 1), le Syndicat Mixte du Schéma Directeur de la Région Grenobloise (SMSDRG) et la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) de l'Isère (Figure 1).

L'objectif du projet était de définir des méthodes et des outils pour valoriser l'information sur les événements d'inondations de plaine et d'éboulements rocheux de la couronne grenobloise. Les partenaires ont alors mis à disposition l'information sur les événements passés, et ont participé à la validation des propositions de géovisualisation et de cartographie intégrées à un outil d'aide à la formation de connaissances sur les événements passés. Au cours du projet, la plateforme GenGHIS a été développée par l'équipe STEAMER. GenGHIS génère des SIRN (Systèmes d'Information dédiée aux Risques Naturels) et repose sur le principe d'orthogonalité : trois fenêtres interactives permettent la navigation sur les dimensions spatiales, temporelles et thématiques de l'information. GenGHIS a permis l'implémentation des propositions réalisées dans le cadre de ma thèse. Ainsi, un SIHReN (Système d'Information dédiée à l'Histoire des Événements issus de risques Naturels) appliqué à la couronne grenobloise a été généré.

Cette thèse en géographie s'inscrit alors dans un environnement pluridisciplinaire, à la croisée des disciplines de la géographie humaine, de la cartographie et de la géomatique.

¹ LSR-IMAG : Laboratoire Système Réseau – Institut de Mathématique Appliqué de Grenoble,

² Spatio-TEmporal information, Adaptability, Multimedia and KnowlEdge Representation

³ Le Pôle grenoblois met en place des recherches pluridisciplinaires dont le but est de développer des outils scientifiques et techniques dont la finalité est d'aider les gestionnaires des risques.

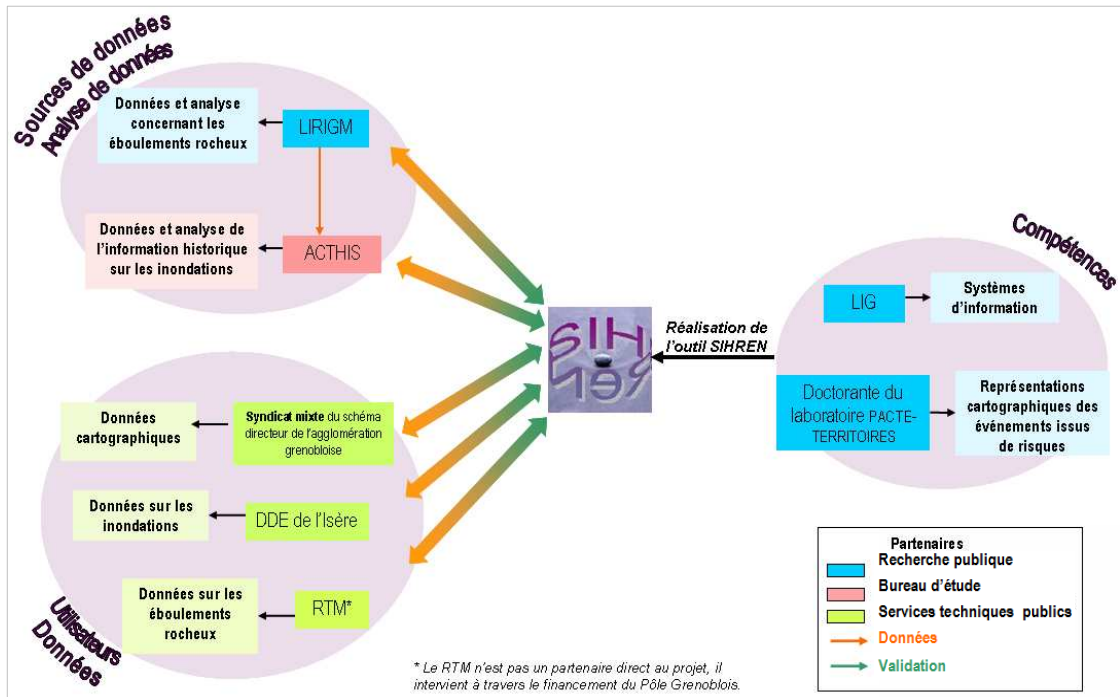


Figure 1 : Les partenaires du projet SIHREN

Introduction générale

Introduction générale

Contexte

Mes premières recherches en géographie ont porté sur la valorisation de l'information historique dédiée aux risques naturels (Arnaud, 2003). L'objectif était de définir les spécifications spatio-temporelles de celle-ci afin de tendre vers une proposition de visualisation multimédia. Ces travaux ont révélé que l'information cartographiée aide les acteurs à gérer leurs territoires face aux risques naturels. Ces recherches ont également mis en évidence certaines préférences des acteurs en termes d'affichages de l'information sur un écran d'ordinateur à travers des cartes, et en termes de fonctionnalités utilisées pour manipuler des outils cartographiques. Les résultats ont montré les décalages entre la valorisation de l'information actuelle concernant le risque et le besoin bien réel de celle-ci :

- d'un point de vue qualitatif et quantitatif, les acteurs souhaitent une lecture des informations sur les événements passés, les vulnérabilités et les informations sur les informations (méta-informations) associées dans le temps. Par exemple, les volumes d'éboulements à plusieurs dates et l'information sur l'incertitude de ces volumes (liée à des instruments de mesure, ou à l'ancienneté des empreintes de l'événement) ;
- sur un plan visuel, ils souhaitent s'imprégner de l'information spatiale, en lisant une carte, mais aussi de l'information temporelle, avec une frise chronologique par exemple. Ils désirent également afficher les photos, les graphiques et d'autres types de documents audiovisuels associés aux éléments consultés. En effet, ces visualisations leur permettraient d'améliorer leur compréhension de l'information mais aussi leur analyse ;
- toutefois, d'un point de vue analytique, les outils qui proposent un affichage de l'information pour faciliter son étude sont peu diversifiés : par exemple les systèmes d'information géographique et les systèmes d'information spatio-temporelle. De plus, ils ont du mal à afficher l'information multimédia ou à juxtaposer des cartes et des documents. Pourtant, ces techniques permettent une meilleure interprétation et analyse des faits passés ou de phénomènes évolutifs.

Cette demande sociale valide une expression bien connue « *reconstituer et connaître le passé pour mieux comprendre le présent* »¹, et la prolonge même puisque les acteurs souhaitent comprendre les évolutions ainsi que le présent pour mieux agir sur leur territoire.

Ces recherches antérieures ont également mis en évidence des problèmes sémantiques et techniques concernant ce sujet. Premièrement, l'information utile aux acteurs repose

¹ L'historien Denis Cœur, du bureau d'étude Acthys Diffusion, a souvent utilisé cette phrase lors de nos discussions. Cette expression est également mobilisée fréquemment dans les émissions scientifiques radiophoniques (France culture et France Inter). Par exemple, elle a été citée par l'immunologue Ameisen J-C, en parlant de la naissance de la théorie de Darwin sur les ondes de France Inter, dans l'émission « *La tête au carré* » le 03/11/08. Raimbault et Sanogo dans « *recherches archéologiques au Mali* » (1991) citaient aussi « *reconstituer le passé pour comprendre le présent* ».

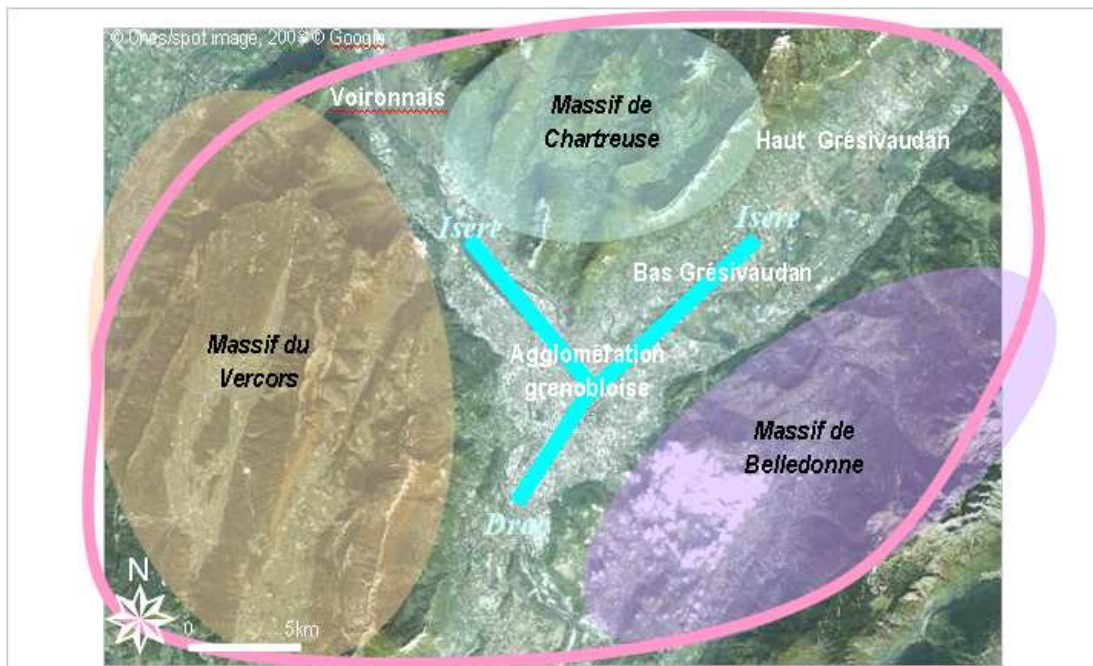
d'avantage sur l'histoire des événements issus de risques que sur celle des risques. Deuxièmement, la « connaissance » est un terme ambigu et polysémique au sein des disciplines de la géographie et de l'informatique. Cet éclaircissement est nécessaire puisque apparemment la connaissance est la source de la compréhension des événements. Enfin, l'information sur les événements est spécifique (multi-dimension, hétérogène et dispersée) mais la cartographie et les technologies Web promettent un avenir certain dans sa valorisation. Les perspectives proposées furent :

- d'élargir les recherches vers des propositions de représentations cartographiques dynamiques (animées et interactives) ;
- d'afficher l'information multimédia ;
- de cartographier les événements issus de risques et les vulnérabilités.

Demande sociale

Des recherches liminaires mettent en évidence une demande sociale en termes de besoins pour consulter et pour comprendre l'information sur les événements passés. Elles soulèvent des problèmes sémantiques concernant les notions d'« événement », de « risque », de « connaissance » mais aussi d'« information ». Des difficultés techniques pour sa valorisation apparaissent à cause de ses spécificités. La représentation cartographique et les technologies Web sont des pistes prometteuses à approfondir, sur lesquelles la thèse va se pencher.

Terrain d'étude



Carte 1 : La couronne grenobloise

Cette thèse sera appliquée à un terrain d'étude privilégié, la couronne grenobloise. Situé dans le département de l'Isère de la région Rhône-Alpes, ce territoire couvre la surface

formée par les cours d'eau de l'Isère et du Drac, mais prend également en compte les trois massifs entre lesquels ils s'écoulent : Belledonne, Vercors et Chartreuse (Carte 1). Il est ainsi nommé « couronne grenobloise » (intérieur du cercle rose de la Carte 1).

Ce territoire présente un grand intérêt d'un point de vue géographique puisque les origines du risque y sont variées et génèrent régulièrement des événements : éboulements, inondations de plaine, crues torrentielles, avalanches, glissements de terrains, tempêtes et feux de forêt. Le Tableau 1 en montre quelques exemples récents.

Événement sur la couronne grenobloise	Date	Dommages
Eboulement sur la route des Ecouges (Vercors)	20 avril 2008	Environ 250 tonnes de roche se sont décrochées d'un pan de falaise, 200 mètres au-dessus de la route départementale (RD) 35 entravant celle-ci au niveau du tunnel des Ecouges (RD 35 « route des Ecouges ») reliant Saint-Gervais à Rencurel par le col de Romeyère).
Crue torrentielle du Doménon à Revel, Saint Martin d'Uriage et Domène (massif de Belledonne)	22 et 23 août 2005	Erosion importante du lit et des berges. La route communale, une prairie et une maison d'habitation ont ainsi été emportées. 200 habitants ont dû être évacués. Environ 70 habitations ont été fortement endommagées. Rupture de digue de l'Isère.
crue torrentielle à Villard Bonnot	22 et 23 août 2005	280 employés au chômage technique. Nombreuses habitations envahies par l'eau et la boue. Voie ferrée, RD 523 et RD 165 coupées.
Crue torrentielle à Sainte Agnes	22 et 23 août 2005	De nombreuses maisons sont inondées et en partie détruites. La route communale et un pont sont détruits. L'érosion des berges très importante. De nombreuses personnes sont relogées. Un glissement de terrain s'est produit suite à l'affouillement d'une berge du torrent. La route a été fissurée sur plusieurs dizaines de mètres de longueur en son milieu.
Chute de pierres et de blocs à Crolles	21 mars 2005	Les blocs se sont dispersés dans le massif forestier sans atteindre les habitations ni les ouvrages pare-blocs.
Eboulement à Séchillienne	24 janvier 2004	La route nationale a été coupée, mais pas de victime.
Feu de forêt à Saint Martin Le Vinoux et St Egrève, massif du Néron	28 juillet 2003	Plusieurs hectares de végétation ont été brûlés. Cet incendie est exceptionnel par son ampleur, sa durée (un mois environ) et les moyens qui ont été mobilisés pour le maîtriser.
Chute de pierres et de blocs Lumbin	2 janvier 2002	Environ huit blocs de 2 à 13 m ³ se sont détachés du massif de la Chartreuse. La plupart des blocs ont arrêté leur course en forêt mais l'un d'entre eux (de 30 tonnes environ) a détruit une maison et une voiture. La commune et le service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) ont fait procéder quelques jours plus tard à la purge à l'explosif des blocs instables restés dans la forêt qui surplombe Lumbin.
Crue torrentielle à Fontaine	du 14-17 novembre 2002	Quelques habitations ont été inondées ainsi que la zone industrielle et une route où la chaussée a été partiellement inondée, et un carrefour.
Tempête à Grenoble	22 octobre 2002	Une rue barrée, une voiture totalement détruite par un arbre et deux autres endommagées.

Sources : IRMA (Institut des Risques MAjeurs)

Tableau 1 : Événements récents sur la couronne grenobloise

Nous rappelons que seuls les événements naturels alimentent nos recherches du fait d'informations disponibles sur les éboulements et les inondations de plaine. Les travaux de Cœur (2003) et Frayssines *et al* (2006) en témoignent à travers des recueils d'informations sur les inondations passées et les éboulements rocheux passés et potentiels.

De plus, il s'agit d'un territoire métropolitain, et particulièrement stimulant du point de vue de la gestion du risque. Cela tient en partie au fait qu'il est soumis à une vulnérabilité grandissante, s'expliquant par sa croissance démographique couplée à sa dynamique d'extension urbaine particulièrement significative dans ses marges périurbaines. Or, du fait de la spécificité géographique du site, les coteaux et plus généralement la pente et la montagne se peuplent davantage chaque année. Des constructions proches de lits de torrents

ou soumises à un risque de chute de blocs sur les contreforts des massifs, augmentent la vulnérabilité des habitants.

Autre résultante de la spécificité géographique du site, les fonds de vallée sont également très prisés, pour une occupation efficace d'un espace soumis à une forte pression foncière. Les exigences environnementales (artificialisation des sols, renchérissement du prix de l'énergie, etc.) concourent à la diffusion du modèle de quartiers durables denses et favorisant les logiques de proximité fonctionnelle. Ainsi, les implantations humaines en proximité de cours d'eau derrière des digues, ou encore dans la plaine inondable, constituent aussi des exemples d'extensions urbaines augmentant la vulnérabilité des habitants.

La couronne grenobloise est également tout à fait pertinente dans le cadre de notre recherche par sa grande activité dans le domaine de l'information sur le risque : l'élaboration de Documents d'Information Communale sur les RISques Majeurs (DICRIM), la diffusion de l'information sur tous les événements remarquables du département par l'Institut des Risques MAjeurs (IRMA), ou encore la communication autour du SYMBHI (projet de restauration des berges de l'Isère en amont de Grenoble).

Problématique de la thèse

Aujourd'hui, un accès à l'information se démocratise grâce à l'évolution des technologies informatiques et du Web, comme en témoigne notamment la croissance des sites liés à la thématique du risque (ex. CatNat, Sisfrance, IRMA). Ce phénomène implique simultanément le problème de l'adaptation de ces sites à la demande sociale. En effet, les évolutions technologiques remarquables semblent manquer de réflexions sur l'impact de l'information observée et manipulée par l'acteur. Notre recherche s'inscrit alors dans l'étude des présentations et des fonctionnalités de systèmes d'information, dont le souci est d'améliorer la connaissance du risque et des événements par la transmission objective des informations. La carte constitue le type de présentation sur lequel cette recherche se concentre, d'autant plus qu'elle s'avère être un outil de travail privilégié pour la gestion des territoires (Arnaud, 2003).

Tout en exploitant les perspectives proposées dans Arnaud (2003), nos recherches actuelles se recentrent sur la question de la valorisation de l'information dédiée aux événements issus de risques, pour aider les acteurs à gérer des territoires à risque. Plus précisément, il s'agit d'interroger les potentiels de représentation cartographique et de géovisualisation adaptés à cette problématique.

Les cartes qui représentent le risque et les événements sont nombreuses :

- les cartes d'aléas mettent en avant les périmètres où sont susceptibles de se réaliser des phénomènes ;
- les cartes de vulnérabilités sont variables selon les auteurs. Elles sont souvent issues de calculs et de modélisations multicritères, représentant des objets plus ou moins vulnérables en fonction de leur emplacement, du type d'aléa, de sa soudaineté, etc. ;

- les cartes d'enjeux, comme celles des Plan de Prévention des Risques (PPR), montrent les éléments susceptibles de subir des dommages en cas de phénomène ;
- les cartes de risques réglementaires du Plan de Prévention des Risques (PPR) présentent à travers trois couleurs (blanc, bleue et rouge) les zones respectivement constructibles, constructibles sous conditions et non constructibles. Ces zones sont issues d'un croisement des cartes d'aléas et d'enjeux ;
- les cartes de phénomènes localisent leur extension. Par exemple, la Carte de Localisations Probables des Avalanches (CLPA) cartographie les phénomènes avalancheux ;
- les cartes d'événements sont peu définies et peu courantes. Nous verrons ultérieurement qu'elles peuvent s'apparenter à des cartes de phénomènes qui comprennent en plus de l'information sur les dommages.

Notre recherche se focalise sur les cartes d'événements qui offrent un apport indéniable dans la gestion des territoires à risque et plus particulièrement dans le cadre de la prévision et de la prévention du risque, ainsi que de l'aménagement du territoire.

Néanmoins, plusieurs difficultés apparaissent. D'une part, les cartes demandent une attention particulière quant à leur construction puisqu'elles sont capables de révéler une information et son contraire (Gould et al, 1995). Auparavant, la réalisation des cartes était confiée aux cartographes qui maîtrisaient les méthodes de construction issues, en partie, des théories bertiniennes (Bertin, 1967). Or, depuis les années 80, il revient à chacun (du géographe au néophyte en la matière) de réaliser des cartes grâce aux outils informatiques, qu'il s'agisse de logiciels cartographiques ou de Systèmes d'Information Géographique (SIG). D'autre part, ces cartes ne tiennent pas nécessairement compte des besoins des acteurs du territoire, désormais utilisateurs des applications cartographiques de l'ordinateur. En plus du besoin d'examiner la spatialisation des événements de leur territoire, volet couramment développé en matière de cartographie, les utilisateurs ont également besoin de lire des informations sur les informations : les méta-informations. Ceux-ci souhaitent aussi comprendre les évolutions des événements (dont les temporalités), ainsi que connaître les imperfections de l'information.

Cadre théorique et courants de pensée

Pour traiter notre problématique, nos courants de pensée se situent dans le cadre de la géographie humaine afin d'étudier plus particulièrement le « territoire » sous l'angle du risque et de ses interrelations avec celui-ci, mais aussi, et surtout, sous l'angle de l'information qui le constitue, de la cartographie et des technologies Web qui en produisent des représentations. Plus précisément, notre approche se focalise sur l'étude de la valorisation de l'information des événements sur les territoires à risque au moyen de la représentation cartographique et des technologies Web.

Par conséquent, en préalable, l'étude de l'événement dans une approche géographique amène à s'interroger sur la définition du « **territoire à risque** », l'émergence de ce concept

se situant dans la lignée de l'évolution de la notion même de territoire. En effet, au départ seulement issu de limites institutionnelles (Raffestin, 1980) et de représentations de la société (Brunet, 1992), le territoire est aussi organisé, contrôlé, en perpétuelle évolution et cohérent grâce à une ou plusieurs homogénéités (Di Méo, 1991). Il est différencié de l'espace (Scheibling, 1998) et identifié par la société (Ferrier, 1998), et plus récemment, le territoire est considéré comme un « construit » à partir de projets menés par les acteurs (Gumuchian, 2003 ; Levy *et al*, 2003). Son épaisseur est composée de sa construction, de son développement et de son évolution, et elle est issue d'une osmose entre la société et son environnement naturel nommée « territorialisation » (Roussel 2001). Le territoire est aussi issu de la fabrication des acteurs dans un but de développement, constituant la ressource territoriale (Gumuchian *et al*, 2007). Quant à la notion de risque, elle est communément acceptée comme la croisée d'au moins un aléa, susceptibilité qu'un phénomène réel se produise (Gleyze, 2002) et d'une vulnérabilité, conséquences prévisibles sur des enjeux (D'Ercole, 1995). Cependant, nous approfondissons cette définition en nous appuyant sur les recherches de Lutoff (2000) et Zimmerman (2003) qui permettent de nous orienter vers une notion de risque composée d'un aléa qui expose plus ou moins des éléments (par exemple, une route ou une maison). Cette exposition est fonction de l'intensité de l'aléa et de la vulnérabilité des éléments, la fluctuation de la vulnérabilité dépendant de l'enjeu de l'élément exposé dans un contexte de risque (par exemple, une caserne de pompier est l'élément moteur d'un contexte de crise et possède alors un enjeu élevé).

A partir de là, les notions de territoire et de risque sont mises en relation. Nous faisons ici référence aux travaux de November (2002) qui considère le territoire non plus comme un support de risque mais comme une « co-habitation » du risque et du territoire où les acteurs vivent avec le risque. Ces travaux permettent de mettre en mouvement les notions de territoire et de risque afin d'en créer une nouvelle, celle de « territoire à risque », composée du triptyque « société / espace physique / événement », que nous validons à travers l'application des travaux de Maby (2003) sur l'objet géographique. En effet, notre vision de **l'événement** comme composante du territoire s'appuie sur les travaux d'Elissalde (2000) et Fumez (2005) pour montrer qu'une conjonction de temporalités du risque est source d'événement. D'autre part, l'information sur cet objet est vecteur de lien entre le territoire et le risque, point de vue encore peu développé.

Cette information sur les événements est un élément de gestion des territoires à risque et constitue une source d'alimentation de la connaissance des acteurs concernant le risque. L'élaboration de la notion d'**information dédiée aux événements issus de risque** s'appuie en partie sur les travaux de Cœur *et al* (1998) au sujet de l'information historique, ainsi que de Granet-Abisset *et al* (2002) sur la reconstitution des catastrophes. L'étude des spécificités de cette information s'articule autour des travaux de Brunet *et al* (1993) et Beguin *et alii* (1994) sur les dimensions de l'information, de Bard *et alii* (2003) et Thomson *et alii* (2005) s'appliquant aux imperfections de l'information - dont l'incertitude - et d'El Adnani *et alii* (2001), Pedauque (2003) et Turbout *et al* (2002) sur l'hétérogénéité de l'information. L'étude des enjeux de cette information pour alimenter **la connaissance** des acteurs se fonde en majorité sur les travaux de Landel (2004), Funnel (2000) et Brochot (2001) concernant la connaissance, et Bourrelier (1997), Lang *et alii* (2003) et Davoine (2002) sur l'indispensable

information des événements pour alimenter cette connaissance. Comme nous l'avons découvert dans la problématique, un des éléments capables de valoriser cette information est la carte qui représente de manière spatiale l'information, mais aussi les technologies Web qui garantissent un meilleur accès à l'information et ouvrent les possibilités de nouvelles représentations.

Ainsi, un état de l'art de l'existant en terme de **cartographie** des événements en ligne incite à étudier les règles cartographiques, qui constituent un premier pas vers la valorisation de l'information dédiée aux événements. Cette étude se fonde en partie sur les travaux de Bertin (1987) et Weger (1999) concernant la sémiologie graphique, de Perrin (2006) et Weger (1999) relatifs à l'approche cognitive, d'Itten (1967) et Chesneau (2006) sur les contrastes, mais aussi de Beguin *et al* (1996) et Cauvin (2007b) appliqués à la généralisation cartographique. A ce sujet, elle mobilise plus précisément les travaux d'Ormeling (1995) et l'Hostis (2003) à propos des variables de mouvement, ainsi que ceux de Bard *et alii* (2003) sur l'incertitude. Le second pas vers la valorisation de l'information se réalise avec l'apport des travaux de Kraak (2001) sur la *Web cartography*, Andrienko *et al* (1999) concernant la cartographie interactive, Peterson (1994), Segura (2003) et Caquard (2001) appliqués à l'animation, Dibiasi *et al* (1992) et Kraak (1997) sur les variables, cartes et légendes dynamiques, ainsi que Peterson (1999), Cartwright (1999) et Caquard (2001) au sujet du support multimédia et de la cartographie multimédia. Ces recherches permettent aux utilisateurs des cartes de réaliser des analyses telles que la géovisualisation. Nous les étudions à travers les travaux d'Andrienko (1999 et 2007), Gatalsky (2004), Kraak (2003) et MacEachren *et al* (2001). L'analyse de ces travaux nous permet alors de proposer une méthode de cartographie de l'IDE utilisant la géovisualisation. Son implémentation dans un outil de géovisualisation permet de réaliser un bilan sur la valorisation de cette information particulière.

A cet égard, nous considérons que l'information sur les événements est un vecteur privilégié créant du lien entre le territoire et le risque. En effet, sans information, les acteurs ont des difficultés à anticiper les événements ou tout simplement s'y préparer. L'information va changer le regard sur le risque et même plus, donner un regard complémentaire à la dimension de la gestion du territoire.

Question de recherche

Dans le but d'aider les acteurs à gérer des territoires à risque, les représentations cartographiques utilisant la géovisualisation sont-elles capables de valoriser l'information dédiée aux événements issus de risque ?

Notre problématique et le cadre théorique utilisé soulèvent un certain nombre de questionnements et d'hypothèses.

Questionnements de recherche et hypothèses

La valorisation d'une information pour améliorer la gestion de territoires est une problématique qui suscite trois groupes de questionnements portant sur la définition de notre problème et les termes employés, l'objet de recherche ainsi que sa valorisation.

Problème et définitions : une approche territoriale de la notion d'événement

L'approche territoriale de la notion d'événement englobe la notion de risque, et naît du postulat que les acteurs d'un territoire à risque doivent connaître les événements (ex. les inondations historiques, les séismes) afin d'en limiter les dommages et même, pour en créer des ressources. L'expression « territoire à risque » peut-elle être une notion pertinente pour désigner les territoires où les acteurs vivent et acceptent le risque et les événements grâce à des modes de gestion « intégrée » ? Quelles peuvent être les limites de tels territoires ?

L'« histoire des événements » et la « vulnérabilité » que souhaitent connaître les acteurs constituent des informations qui font partie de ce type de territoire. Quelles sont leur définition et leur place dans le « territoire à risque » ?

Le « risque » est un mot couramment utilisé. On y associe la « vulnérabilité » et l'« aléa », en les croisant même. Toutefois, derrière la notion de risque, probabilité, se cachent souvent des « événements » biens réels. Comment se construit cette notion d'événement ? De quoi les « événements issus de risques » sont-ils composés ? Quelles informations sont associées à ces événements ?

⇒ **Première hypothèse : il existe un « territoire à risque » sur lequel se produisent des événements qui marquent le territoire d'empreintes. Celles-ci constituent l'origine du contenu d'une information : l'« information dédiée aux événements ».**

L'objet de recherche : existence d'une information dédiée aux événements, utile et spécifique

Comment se positionne la notion d'« information » par rapport à la « donnée » et la « connaissance » ? Qu'est-ce qu'une information dédiée aux événements ? Quelles sont ses particularités ? De quoi est-elle composée ? Quelles connaissances alimente-t-elle ? En se focalisant sur le support cartographique numérique et interactif, quels impacts a-t-il sur les lecteurs ? Quels sont les problèmes qui freinent la transmission de l'information ?

⇒ **Deuxième hypothèse : l'« information dédiée aux événements » constitue une notion à part entière. Cette information constitue un enjeu fondamental pour la gestion des territoires à risque, mais elle reste peu accessible compte tenu de ses spécificités (ses dimensions et ses imperfections) qui sont peu valorisées par le support cartographique couramment employé sur Internet.**

Valorisation de l'objet : des moyens sous-exploités pour valoriser l'information

La carte aide les acteurs à comprendre leur territoire. Cependant, compte tenu des dimensions qu'ils désirent afficher, celle-ci demeure limitée, présentant facilement l'espace,

mais peu les évolutions, les méta-informations, la superposition d'information, etc. Comment lire ces éléments relatifs aux événements passés sachant qu'à l'aide d'une simple carte statique, cela s'avère peu plausible ? La carte étant un document de recherche et de négociation privilégié des acteurs, comment améliorer son efficacité ? La sémiologie graphique classique appliquée à des cartes statiques peut-elle s'étendre à d'autres formes cartographiques telles que des cartes animées, dynamiques et multimédias ? Les technologies Web apportent-elles des solutions ?

⇒ **Troisième hypothèse : les méthodes de cartographie associées aux technologies Web ouvrent des perspectives pour l'amélioration de la valorisation de l'information sur les événements en adéquation avec les besoins des acteurs.**

Cette série d'hypothèses permet de fixer un certain nombre d'objectifs.

Objectifs

Les trois objectifs principaux de la thèse sont :

- s'exercer à faire le lien entre l'information, le territoire et le risque
- d'apporter des définitions aux notions qui constituent le cœur de notre problème ;
- d'apporter des réponses en termes de propositions cartographiques, d'affichages et de fonctionnalités afin de consulter l'information sur les événements ;
- ces propositions seront intégrées à un outil de géovisualisation dont l'objectif est d'aider les acteurs en terme de gestion des territoires à risque afin d'en limiter les dommages causés par les événements.

Démarche méthodologique

La démarche méthodologique permet maintenant d'exploiter notre cadre théorique dans le but de répondre à la problématique. En lien direct avec ce qui a été évoqué dans le cadre théorique, les événements issus de risque composent, mais contraignent aussi les objectifs d'un territoire, sa vie et son développement. Aussi, dans un premier temps, en s'appuyant sur la littérature grise, on constate bien l'émergence d'un « **territoire à risque** », mais aussi d'une information sur les événements issus de risque - « **l'information dédiée aux événements** » - qui émane de ce territoire. Ces empreintes indirectes, une fois reconstituées, génèrent l'histoire des faits marquants. C'est pourquoi une approche plus qualitative s'appuyant sur des entretiens auprès d'acteurs de terrain (Arnaud, 2003 et Annexe 7) permet de montrer que cette information présente un enjeu fondamental lorsqu'elle enrichie leur **connaissance** pour gérer un territoire à risque.

Par ailleurs, une littérature spécialisée dans le domaine de l'informatique et de la géomatique concourt aussi à mettre en évidence les spécificités de cette information, notamment sa multi-dimension. Néanmoins, une analyse de nombreux sites Web (Annexe 5)

montre une accessibilité et une réutilisabilité réduite de ce type d'information. Notre objectif est alors de valoriser l'information dédiée aux événements afin de la rendre plus compréhensible et exploitable par les acteurs.

C'est pourquoi, de nouvelles recherches davantage axées dans le domaine de la cartographie et de la géomatique montrent cette fois-ci que les **représentations cartographiques** de l'information et les **technologies Web** présentent des perspectives. Elles permettent de réaliser des propositions méthodologiques et techniques utilisant un environnement interactif, animé et multimédia. Leur validation se réalise grâce à leur implémentation dans la plateforme GenGHIS. En effet, celle-ci génère des **outils de géovisualisation**, et plus précisément des Systèmes d'Information capables d'afficher les dimensions spatiales (au moyen d'une carte), temporelles (à travers un graphique) et thématiques (en affichant l'information attributaire, même multimédia) d'une information. Appliqué à la couronne grenobloise, un SIHREN sera généré. En conséquence, cette double démarche méthodologique, pluridisciplinaire, mène : d'une part à penser l'outil de géovisualisation ; d'autre part, à valoriser l'information de manière adaptée aux acteurs de territoires (Figure 1).

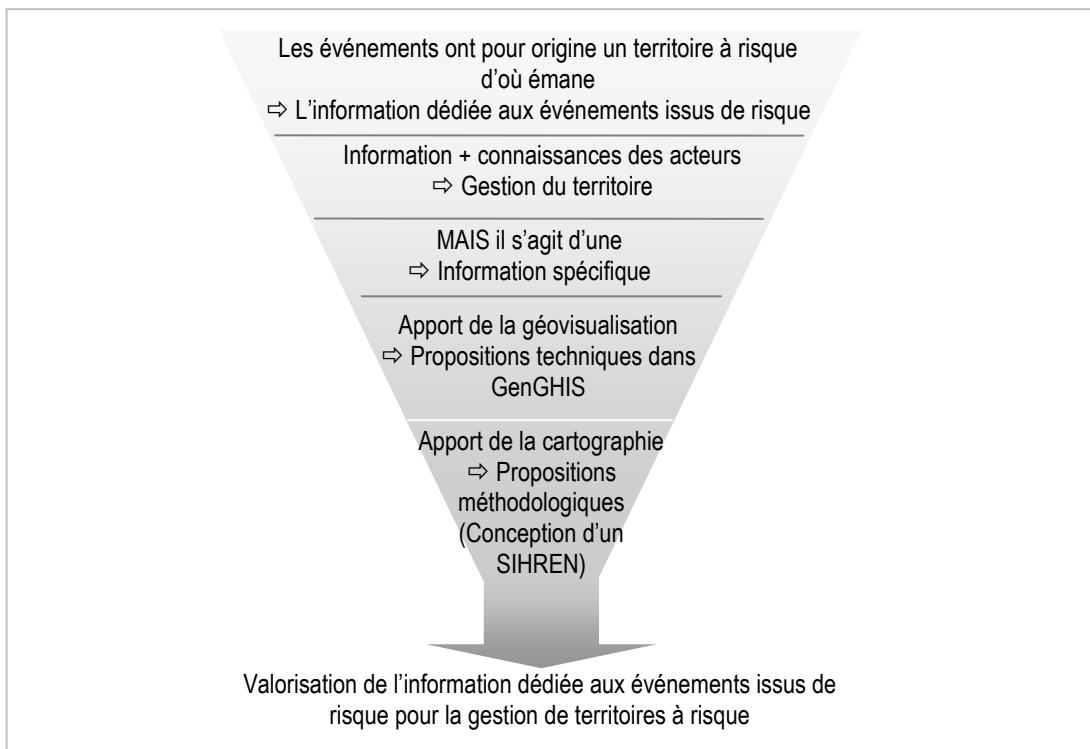


Figure 1 : Cheminement de la thèse

Synthèse de la démarche méthodologique

La valorisation de l'information sur les événements passés afin d'améliorer la gestion de territoires à risque est au cœur de notre problématique. L'étude de son origine, de son contenu et de ses enjeux, permettra d'en analyser les moyens de valorisation par le biais de nouvelles formes cartographiques. Des propositions méthodologiques et techniques seront validées grâce à l'implémentation d'une plateforme qui permettra de créer un SIHREN.

Organisation de la thèse

Pour répondre à l'ensemble de notre questionnement, la recherche suivante se déroule en deux phases : la première centrée sur l'approche en géographie (Chapitre 1 et 2) chemine vers un moyen d'améliorer la gestion des territoires soumis aux risques, tandis que la seconde s'inscrit davantage en cartographie et en géomatique, en se destinant à valoriser l'information sur les événements issus de risque, capable d'aider les territoires (Chapitres 3 et 4). Aussi, quatre chapitres sont proposés (Figure 2).

Tout d'abord, le premier chapitre s'intéresse à vérifier l'hypothèse selon laquelle il existe des territoires où le risque est considéré comme une ressource territoriale. Celle-ci s'active par les acteurs au moyen de la compréhension des événements passés et de leurs temporalités. L'étude des territoires à risques de la couronne grenobloise montre que ceux-ci produisent des informations sur les événements dont la connaissance permet de diminuer les dommages et d'augmenter les ressources de ces territoires.

Puis, le second chapitre définit une « Information Dédiée aux Événements issus de risques (IDE) » qui est spécifique et à fort enjeu pour la gestion d'un territoire à risque. En effet, elle alimente la connaissance des experts et des décideurs disposant parfois de moins d'expertise sur la question des risques. Il est donc nécessaire de valoriser cette information. Une évaluation de sa diffusion est réalisée en se focalisant sur les cartes des événements en ligne. Cependant, celle-ci semble présenter des problèmes à plusieurs niveaux : elle n'affiche pas l'ensemble des spécificités de l'IDE et ne répond pas aux besoins des acteurs dans une optique de gestion de territoires à risque.

C'est pourquoi, le troisième chapitre propose une analyse des théories, des méthodes, ainsi que des outils (les règles cartographiques, les technologies Web, les outils de géovisualisation) capables de faire émerger des propositions de valorisation de l'IDE, afin d'améliorer sa compréhension.

Enfin, le dernier chapitre s'appuie sur ces potentiels afin de proposer des fonctionnalités d'outil de géovisualisation et une méthode cartographique qui permettent l'affichage de l'IDE et ses spécificités. Elle adapte également les représentations cartographiques aux besoins des acteurs des territoires à risque. Une partie de ces propositions seront validées en les implémentant dans un outil de géovisualisation généré par GenGHIS : SIHREN, un Système d'Information dédiée à l'HistoIRe des Evénements issus de risques Naturels et appliqué à la couronne grenobloise.

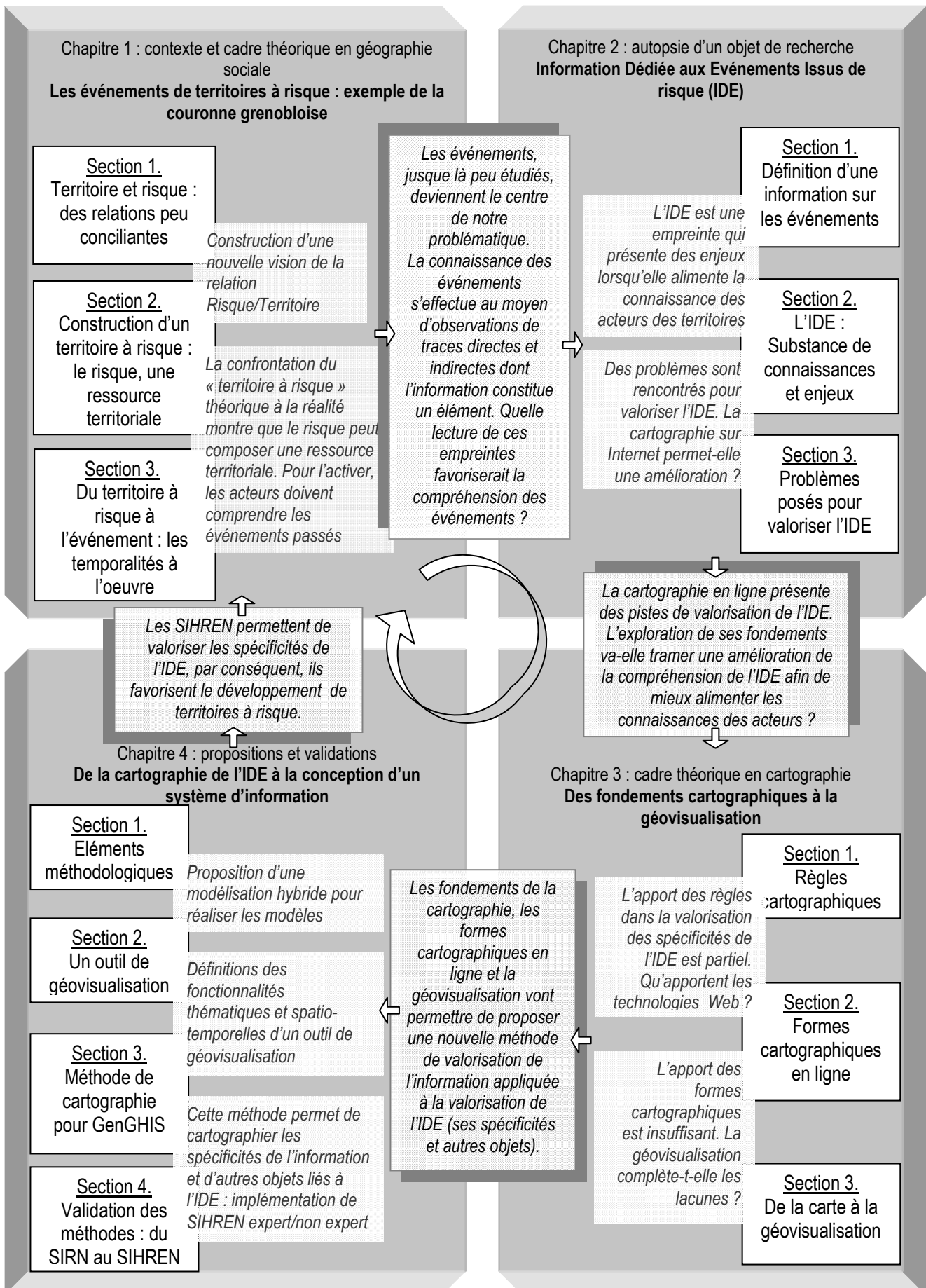


Figure 2 : Organisation de la thèse

Chapitre 1

Les événements
des territoires à risque

Exemple de la couronne grenobloise

Chapitre 1

Les événements des territoires à risque Exemple de la couronne grenobloise

Le risque est souvent considéré comme un élément perturbateur de l'organisation d'un territoire. Celui-ci fait peur à l'Homme qui tente de s'en prémunir. Cependant, ne peut-on pas regarder le risque sous un angle différent où ce dernier serait non plus un handicap pour le territoire mais une ressource territoriale ? Ce nouveau point de vue fait apparaître une notion originale, celle de « territoire à risque ». Toutefois, cette ressource territoriale peu commune doit être activée. L'hypothèse est que la connaissance et la compréhension des événements permettraient de l'activer. En effet, elles paraissent fondamentales pour aider les acteurs à créer ou à gérer des territoires à risque. L'« événement » devient alors le centre de notre problématique, terme encore peu utilisé par les géographes français, il nécessite une définition.

Le premier objectif de ce chapitre est de présenter le contexte et le cadre théorique d'un point de vue géographique en construisant un « territoire à risque » et en vérifiant son existence sur la couronne grenobloise. Le second objectif consiste à montrer que la compréhension des événements est indispensable à la création et à la gestion de ce genre de territoire.

Pour répondre à ces objectifs, la première section définit les notions maîtresses de « territoire » et de « risque » qui mènent progressivement à poser un autre regard sur leur relation, de prime abord répulsive, où le risque est considéré comme un frein au développement des territoires. La seconde section compose la notion de « territoire à risque » où le risque devient un vecteur de développement. Cette notion va être vérifiée en l'appliquant sur la couronne grenobloise et en se questionnant sur la présence de « territoire à risque » dans les différentes échelles territoriales. La troisième section définit l'« événement », l'activateur de la ressource territoriale, comme une conjonction des temporalités d'un territoire à risque. Un schéma relationnel et une application à la couronne grenobloise permettent de comprendre l'articulation des temporalités et leurs apports pour ce genre de territoire.

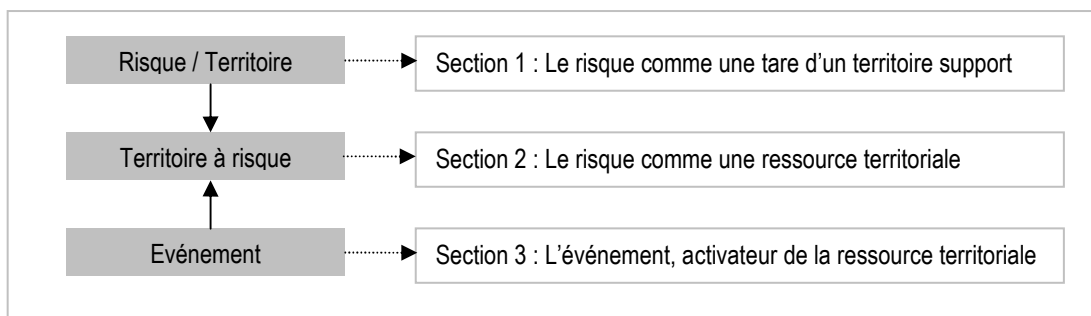


Figure 1 : Organisation du Chapitre 1

Section 1. Territoire et risque : des relations peu conciliantes

S'intéresser seulement au risque, en considérant uniquement son caractère handicapant, comporte des inconvénients : premièrement, cette méthode peut occulter certaines facettes de la gestion des territoires déjà établies depuis longtemps dans les administrations (communes, département, région, Etat). Deuxièmement, le risque, bien qu'il soit omniprésent spatialement et temporellement, n'est qu'une partie du quotidien d'une société et l'échelle de celui-ci ne représente qu'une partie de l'organisation humaine sur un territoire (Gilbert, 2006). Les supports spatiaux du risque peuvent être considérés comme des lieux, des localisations, ou bien encore des espaces. Pourtant nous choisissons le terme de « territoire » pour certaines dimensions sous-jacentes qui nous paraissent pertinentes à la réflexion, mais surtout parce que l'échelle du territoire paraît plus pertinente pour aborder le risque. En effet, ce dernier peut ainsi être traité au sein de chacune des politiques territoriales et donc des administrations compétentes (ex. gestion des routes par la DDE ; gestion de la scolarité par l'Etat et la région selon les niveaux ; gestion de l'habitat par les communes ; gestion de la prévention routière par l'Etat ; etc.), tel que l'expose Gilbert (2006). Nous nous intéresserons donc à l'échelle du territoire pour aborder le risque.

L'objectif est de présenter un contexte sémantique, préalable à la construction d'une notion de « territoire à risque ».

La première expérience est de montrer, seulement en définissant de manière isolée la composition des termes de « territoire » et de « risque » (§1.1) et ses composantes, l'« aléa » et la « vulnérabilité » (§1.2), si ces termes peuvent s'associer sur une base théorique et s'ils peuvent entretenir une relation singulière. Notre hypothèse est que le risque est d'abord considéré comme un poids qui déstabilise sans cesse le territoire, et que ce dernier est observé comme un simple support.

1.1 Le risque, perturbateur d'un territoire support

L'exploration des définitions courantes de « territoire » et de « risque » permet d'extraire une base théorique. Elle permettra d'étudier le rapport entre territoire et risque dans des définitions qui n'ont pas été destinées à la confrontation de ces deux termes. Cette partie permettra en plus de définir selon notre problématique leurs notions dérivées.

1.1.1 La composition d'un territoire et ses ressources

Nous ne déconstruisons pas la notion de « territoire » pour la reconstruire (travail réalisé à plusieurs reprises notamment dans les thèses issues de l'Institut de Géographie Alpine : Roux, 1999 ; Lajarge, 2000 ; Louargan, 2003), nous cherchons seulement à donner une définition adaptée à notre problématique.

Dans le domaine de la géographie, le territoire peut être défini simplement comme une « *étendue de la surface terrestre où est établie une collectivité humaine* » (Lacord, 1848). Plus précisément, L'Office de la langue française (2001) le définit comme un « *élément constitutif d'un Etat qui en constitue l'assise géographique ou, plus particulièrement, un espace délimité où vit une communauté humaine, un individu, un couple ou une communauté animale* ». Ces définitions considèrent qu'un territoire est constitué d'une surface nettement délimitée où sont implantés des êtres vivants. Cependant, ces définitions paraissent restrictives. Des recherches scientifiques sur la notion de « territoire » sont conduites depuis les années 1970. Levy *et al* (2003) comptent huit définitions. Compte tenu de notre problématique, seules les définitions capables de l'alimenter sont analysées. La première considération du « territoire » pour notre recherche est de distinguer celui-ci de l'« espace », qui ici constitue un support physique. Cette distinction se réalise à partir des années 1990 (Scheibling, 1998). Le territoire est également le fruit d'une identification de la société : Ferrier (1998) parle d'intersection entre la nature et la culture, la nature étant l'espace physique, et la culture de la société. Di Méo (1991) ajoute à cette identification l'organisation du territoire et son contrôle :

« Le territoire se traduit dans les consciences par des images et par des paysages familiers, vecteurs de forte charge émotionnelle. Il résulte cependant d'une lente et patiente structuration de l'espace temps dans laquelle interfèrent des facteurs d'ordre économiques, géographiques, politiques et idéologiques » (Di Méo, 1991).

Ce chercheur s'appuie également sur le fait que la construction d'un territoire est aussi une question de temps, et qu'une fois ce territoire construit, il évolue sans cesse : « *rarement figé, le territoire évolue en permanence, au rythme des modifications que subissent ses éléments constitutifs* » (Di Méo, 1991). Lajarge (2000), quant à lui, montre que le territoire est un espace physique sur lequel vit une société et que ce dernier contient des spécificités homogènes : « *une substance qui rend compte des particularismes, une étendue qui offre une cohérence réelle* ». Il montre également qu'un territoire, même sous contrôle, contient toujours des limites : « *des limites qui définissent les bords et instituent donc la centralité et enfin un pouvoir* ». Ces limites peuvent être plus ou moins nettes (ex. frontières, « zones tampons » d'individus), ce qui dépend de l'échelle d'observation (nous discuterons de cet aspect plus loin), Levy *et al*, 2003. Raffestin (1980) apporte un volet complémentaire à la définition de « territoire », celui du territoire qui fait sens et qui constitue une « *issue de l'agir collectif* » et donc d'une intentionnalité. November (2002), géographe suisse, rassemble les paramètres qui nous intéressent et inclut celui de la représentation en s'inspirant de Brunet :

« Le territoire est une « projection » sur un espace donné de structures spécifiques d'un groupe humain, qui incluent aux modes de découpage et de gestion de l'espace, l'aménagement de cet espace. Il contribue en retour à fonder cette spécificité, à conforter le sentiment d'appartenance, il aide à la cristallisation de représentations collectives » (Brunet, 1992 in November, 2002).

Ces définitions trament un territoire constitué d'un espace physique et d'une société qui s'en fait une représentation. L'**espace physique** contient un environnement naturel propre (ex. la géologie, la pédologie, le couvert végétal, le climat, l'eau), des propriétés physiques propres (ex. sol fertile, topographie). Cet environnement naturel peut être modifié, ainsi que ses propriétés physiques, par un changement (événement climatique, intervention de l'homme : cas où l'homme s'implante selon les ressources naturelles offertes par l'espace

physique pour en obtenir des bénéfices - économie plus ou moins active, conséquente de la maîtrise de l'environnement naturel et des propriétés physiques de l'espace). La **société** est constituée de ces hommes vivant en collectivité où les relations entre eux, éphémères ou durables, sont organisées ou improvisées. Cette société s'identifie à ce territoire, elle se le représente et lui donne un sens. Elle est façonnée par ses cultures, ses idéologies et son identité, qui dépendent de son espace, mais aussi des événements qu'elle subit. Une même société pastorale peut avoir une pratique particulière en fond de vallée, distincte de la culture présente en altitude, où le climat particulier incite à des pratiques et des modes de vie adaptés (Barrué-Pastor *et al*, 1998).

Ce territoire est façonné par des **acteurs** et ce sont les **projets** qu'ils construisent et qu'ils mènent à bien, qui le font évoluer. Ces notions qui alimentent la notion de « territoire » sont plus récentes (Levy *et al*, 2003 ; Gumuchian, 2003 ; Roux, 1999). Les acteurs sont définis comme des « actants » qui ont une intention, un besoin et une volonté d'agir. Leur capacité d'arbitrage et leurs compétences énonciatives et stratégiques engendrent des effets remarquables (Levy *et al*, 2003). Cependant, Crozier *et al* (1977) insistent sur le fait qu'un acteur n'agit pas forcément de manière réfléchie, lucide ou objective dans un contexte donné. Sa réponse peut découler d'objectifs contradictoires, et de connaissances qui peuvent faire changer son point de vue. Un acteur agit uniquement en interaction avec d'autres acteurs. Et chaque acteur exerce un pouvoir sur les autres acteurs. Chacun d'eux cherche à « *manipuler ses partenaires* » afin de tirer un profit personnel (Crozier *et al*, 1977) : « *les hommes en société sont donc d'abord des acteurs qui (inter) agissent et qui pour et par cela organisent leur mode d'action selon trois grands registres : celui de la maîtrise des choses, celui du rapport aux autres, celui du rapport à soi* » (Foucault, in Levy *et al*, 2003). Ces acteurs ont pour but de faire vivre le territoire à travers des actions particulières (entretien de relations, influences, contrôles, interdictions, permissions, éloignement, rapprochement, stratégies) afin de créer des réseaux (Raffestin, 1980). Ces actions peuvent être considérées comme un projet sur le territoire et pour le territoire. Le projet est une partie constituante du territoire en rapport direct avec l'acteur. Si l'acteur est celui qui a, ou prend, du pouvoir dans le système d'actions où il s'inscrit, ce système d'actions peut être défini comme un projet. Lajarge (2000) inclut le terme de projet dans le terme d'« acteur » : « *la notion d'acteur sert à dire en même temps l'homme, l'individu et la personne, le principe de l'action, l'existence du sujet agissant et le résultat de ses actes* ». Son application au territoire en fait un acteur territorialisé dont l'objectif est de participer au processus de décision qui accompagne la création d'un nouveau territoire, et le « *projet de territoire* » est issu de décisions faisant consensus entre un intérêt général construit et des intérêts particuliers défendus (Lajarge, 2000).

Notre définition de territoire s'appuie alors sur ces définitions de l'acteur où ce dernier permet de construire le territoire grâce à ses actions « calculées » prenant en compte de nombreux paramètres (la relation avec les autres acteurs, les qualités de l'espace physique, la société, la santé économique, les politiques locales, etc.). Une société est alors composée d'acteurs dont les actes s'inscrivent dans les différentes échelles temporelles et spatiales du territoire, où toute action a une durée de vie, se réalise sur un espace délimité, et concerne un public visé. Nous considérons qu'un territoire théorique est construit dans la consensualité entre tous les individus de cette société (dont ses acteurs). Ce territoire vit grâce à ses acteurs

et grâce aux projets que ces derniers réalisent (en adéquation avec les aspirations des populations locales). Le territoire est organisé et contrôlé, et même limité par les acteurs regroupés en institutions plus ou moins munies de pouvoirs (Etat, associations, groupes d'individus, etc.) et en interaction entre elles. Ce territoire est en constant mouvement.

Trois éléments forts, constitutifs du territoire et en continuelle interaction sont maintenant distingués : une société, un espace et des événements. Ce dernier terme a été évoqué lors de notre définition de la société et de l'espace physique. Il nous paraît être un élément important du territoire. « Événement » est juxtaposé à « société » et « espace physique », du fait de sa grande influence sur ces derniers et donc sur l'évolution du territoire. En effet, la société vit ou pratique un espace, où se produisent des événements économiques, politiques, naturels, etc. (éléments temporellement définis - début/ fin - issus et/ou induisant un changement social et/ou environnemental). Ces événements peuvent être, par exemple, des projets, de leur stade de création à leur réalisation.

Nous nous attardons davantage sur cette notion d'**événement**, puisqu'elle va constituer le cœur de notre problématique. « Événement » est défini dans les disciplines de l'histoire et de la sociologie, plus que dans les autres disciplines des sciences sociales (Farge, 2002 ; Bensa *et al*, 2002 ; Ozouf-Marignier *et al*, 2000). La discipline de l'histoire considère que l'événement ne se définit pas seulement par sa durée. Il est constitué d'un avant et d'un après (Azouf-Marignier *et al*, 2000 ; Bensa *et al*, 2002). C'est même un point, voire une frontière entre l'avant et l'après (Bensa, 2002). L'événement « *génère une mémoire* » (Farge, 2002). Il se définit par un « *système complexe de temporalités* » et sa durée est plutôt longue à l'échelle temporelle d'une société. Il est considéré comme un « *morceau de temps* » qui est discuté. Un assemblage de ces morceaux par les historiens fait sens et devient cohérent. Qu'il crée des traumatismes ou non, l'événement a de grands effets. Il peut être créateur, par exemple, de nouvelles représentations. Des événements peuvent être annoncés sans se réaliser. Son apparition et sa durée dépendent du contexte dans lequel l'événement surgit : société, politique, etc. En géographie, « événement » est peu employé. Cependant, le groupe de recherche de géographes l'EPEES (Espace Post-Euclidiens et Evénements spatiaux) s'est constitué afin de définir ce terme. Nous exposons simultanément sa controverse (l'EPPEES, 2000b). 1) L'EPEES (2000a) définit plus particulièrement un « événement spatial ». Cette notion prend en compte son aspect temporel, souvent abordé en histoire, mais aussi son aspect spatial encore peu étudié. Un événement spatial a des conséquences durables sur l'organisation d'un système spatial. Or, Brunet (in EPEES, 2000b) souligne que ce ne sont pas forcément les événements qui sont spatiaux mais leurs conséquences, et remet donc en cause l'adjectif « spatial » (ex. un événement politique a des conséquences sur l'espace). 2) L'apparition d'un événement spatial est brusque et ses effets sont rapides. En conséquence, comme pour les historiens, l'extraordinaire crée l'événement, ainsi que sa surprise (Ozouf-Marignier *et al*, 2000) : « *l'action qui fait advenir l'événement fend le glacis de la routine* » (Bensa *et al*, 2002). 3) L'événement spatial est lié à l'état de l'espace : pour qu'un événement spatial ait lieu avec des modifications durables, le système spatial doit être, à la base, instable ou bien les causes du changement doivent être suffisamment fortes. Contrairement à ce qu'avance l'EPEES (2000a), pour Ozouf-Marignier *et al* (2000), il n'existe pas d'espace plus propice que d'autres aux événements, c'est le fait de croire en la stabilité d'un système qui va mettre en avant le caractère de surprise et créer l'événement. 4)

L'événement spatial se mesure en observant le changement de l'organisation spatiale, qui se caractérise par des seuils, son caractère imprévisible et son niveau d'organisation spatiale. D'après l'EPPEES (2000a), si les acteurs s'attachaient davantage à leur probabilité, à la coïncidence d'événements et à la connaissance des processus au niveau local, les événements spatiaux seraient plus maîtrisables, et les perturbations locales, limitées. 5) Brunet (in EPEES, 2000b) souligne que la différence entre un fait et un événement n'est pas nette. Cependant, Ferrier cite Ricœur (in EPEES, 2000b), pour qui l'événement est un fait qui a une importance pour l'homme car il le construit. Quant à Suter (1997), il distingue nettement le fait quotidien, l'événement et l'événement historique. L'événement se caractérise par sa soudaineté et par l'importance de ses effets. Cet événement est historique seulement si les conséquences sont importantes sur le déroulement de l'histoire (Suter, 1997). En effet, l'aspect surprenant dépend du point de vue des acteurs (Ozouf-Marinier *et al*, 2000). Dans le cas d'inondations, un même événement peut surprendre des habitants non habitués et non renseignés alors qu'il ne surprendra pas d'autres habitants préparés. Néanmoins, c'est l'importance de ses dégâts qui en fait un événement historique.

Des questions triviales telles que « quand est-ce qu'un fait est considéré comme un événement ? », et des propos tels que « le temps est indissociable de l'espace pour définir l'événement », remettent en cause la notion d'événement spatial (Brunet, in EPEES, 2000b). De plus, ni les temporalités, ni l'historicité ne sont expliquées dans le texte de l'EPEES (2000a), même si dans le débat associé à cet article, Ferrier (in EPEES, 2000b) précise qu'il existe non pas un événement mais bien un ensemble d'événements dont les temporalités sont distinctes. Par ailleurs, Durand-Dastés (in EPEES, 2000b) précise que l'événement est le déclenchement d'une boucle de rétraction.

Dans le cadre de cette recherche, la notion d'événement n'est pas considérée comme « spatiale » pour les raisons évoquées par les controverses et pour d'autres raisons qui nous sont propres : l'espace est considéré ici comme l'espace physique, alors que l'EPEES considère l'espace avec une composante sociale qui se rapprocherait de notre définition de « territoire ». De plus, les géographes définissent peu les temporalités. Or celles-ci sont à nos yeux une composante indissociable de la spatialité de l'événement. Ces temporalités seront décrites dans la troisième section.

Nous définissons l'événement comme tel s'il dépend de son espace physique naturel ou anthropisé. Par exemple, la morphologie du bassin versant d'un cours d'eau est génératrice d'une crue particulière, dont la propagation dans la ville est fonction de la morphologie urbaine. Un événement dépend donc de la manifestation de l'espace physique mais également de la société qui vit sur cet espace (localisation d'un événement politique, un progrès technologique, etc.). Un événement positif (les progrès industriels, les transports qui ont révolutionné les pratiques spatiales) comme un événement catastrophique (source d'importants dégâts humains ou matériels déstabilisant un territoire), forgent la culture d'une société (ex. la « culture du risque »¹) qui peut transformer l'espace ou les organisations pour l'adapter à ses besoins (ex. la construction de paravalanches ou la modification de la

¹ Nous considérons que la culture du risque se construit en fonction des événements qui se produisent ou de la médiation du risque ou des événements. La société acquiert ainsi une certaine quantité de connaissances et de savoirs qui vont lui permettre d'agir ou de réagir de manière appropriée lors de l'occurrence d'un nouvel événement ou lors d'une alerte.

politique de gestion du risque). A l'inverse, lorsqu'un événement modifie l'espace physique, la société peut subir les changements (ex. reconstruction d'une route nationale après chaque éruption volcanique : Photographie 1). Les événements ont des effets sur l'espace physique (en laissant des traces), et des effets sociaux (politiques, économiques, etc.).



Photographie 1 : La société subit les événements

La composition du **territoire** varie selon l'espace sur lequel il est implanté, la société qui l'affecte et les événements qui s'y produisent. Il est donc la combinaison de trois éléments « société – espace – événement » (Figure 2). Un territoire peut contenir plusieurs événements, espaces et sociétés. C'est l'identification des sociétés à ce même territoire qui prime. Plusieurs territoires peuvent se chevaucher. Ces trois éléments sont en constante interaction : la modification ou l'apparition/disparition de l'un engendre la modification des deux autres. La modification de l'espace physique (naturel ou urbain) produit par exemple la modification de la société (nouvelle représentation) et des événements (production de nouveaux événements). Même si la modification de l'espace physique et de la société est issue d'événements, nous préférons isoler ce terme et le considérer sur le même plan que les deux autres en raison de sa forte composante temporelle et de son pouvoir de modification du territoire. L'événement constitue en quelque sorte l'inertie du système. Ce sont les événements qui font évoluer la société et l'espace physique qu'elle occupe et donc le territoire.

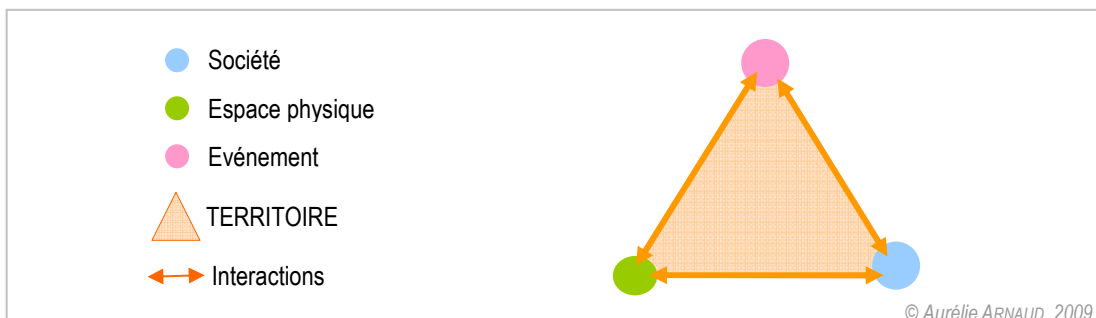


Figure 2 : Composition d'un territoire

Les territoires sont temporellement définis : ils naissent, vivent, puis meurent (Gumuchian, 2003). L'histoire du territoire, sa mémoire et la prise en compte des événements dans les processus de décision sont indispensables à sa construction, à son développement et à son évolution : c'est-à-dire à sa **territorialisation**. La définition de Roussel (2001) nous paraît être la plus pertinente pour définir cette notion : la territorialisation est un « *processus d'action collective maillant concrètement les enjeux du local et les intérêts des acteurs globaux. Il s'agit alors d'un produit hybride créé par une logique d'intérêts partagés* ». La définition de Roux (1999) complète ces propos : ce processus consiste à décomplexifier cet environnement « *afin de donner de la certitude et donc de la cohérence à l'action. Dans ce processus de simplification de la complexité, la dénomination et le « bornage » ou la définition de périmètres constituent des actes forts de territorialisation* ».

L'événement complexe provient ici de l'espace physique et/ou de la société. La compréhension de leurs interactions permet de structurer des actions (développement économique, social, etc.) afin de mieux cerner le territoire. Ce processus de territorialisation évolue (Figure 3) et peut être d'importance variable selon le dynamisme des acteurs territoriaux (en tant que personnes impliquées dans la gestion du territoire) : « *quelle est l'épaisseur temporelle de notre aujourd'hui territorial ?* » (Piveteau, 1995). Ou encore : quelle est l'épaisseur territoriale hier, aujourd'hui et demain ? A ce sujet, Raffestin (1986) parle de « *chronique d'un corps à corps* » et « *d'histoire d'une relation dans laquelle la nature et la culture fusionnent* ». Sa réflexion sur le territoire dans le temps nous intéresse d'autant plus qu'il met l'accent sur la force des événements naturels et anthropiques à entraîner l'engrenage de la territorialisation : le territoire renvoie « *à un travail humain qui s'est exercé sur une portion d'espace qui, elle, ne renvoie pas à un travail humain, mais à une combinaison complexe de forces et d'actions mécaniques, physiques, chimiques, organiques, etc.* » (Raffestin, 1986).

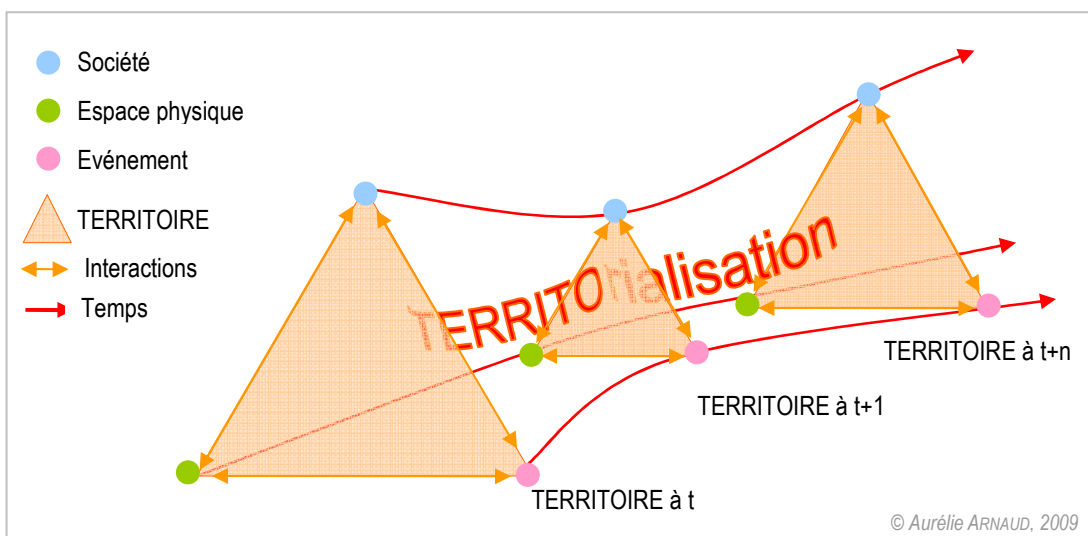


Figure 3 : Processus de territorialisation

Enfin, pour exister, le territoire possède des « **ressources territoriales** ». Communément, la ressource territoriale est la nourriture ou le carburant du territoire. C'est

ce qui va déterminer l'inertie de sa territorialisation et donc sa vitesse d'expansion ou de rétraction et donc la vitesse de son développement. La ressource territoriale est la ressource propre du territoire (Gumuchian *et al*, 2007). Elle n'est pas issue d'un don de la nature (ressource naturelle), mais de la fabrication des acteurs dans un objectif de développement (Gumuchian, 2003). Cet objet est intentionnellement construit par des acteurs sur des composantes matérielles (environnementales : faune, flore, patrimoine, etc.) et idéelles (l'histoire : authenticité, profondeur historique), (Gumuchian *et al*, 2007). Si les composantes matérielles sont dues et ne sont pas réparties de manière égale à la surface du globe, la composante idéelle émanant des acteurs est mouvante et donc, tous les territoires ont des ressources potentielles (Landel *et al*, 2004). Nous pourrions comparer ce postulat à la scène d'une abeille (un acteur) qui butinerait une fleur (composante matérielle du territoire) pour faire émerger un fruit (la ressource territoriale). Tout dépend de la volonté de l'acteur.

La ressource territoriale est donc relative et dépend des acteurs et de leurs interactions (Brunet *et alii*, 1992). Il s'agit alors d'un statut à faire émerger pour que le territoire en profite, et ceci en faisant appel à la connaissance des acteurs sur leur histoire, leur culture et leur identité territoriale (Hirczac, 2007) : « *elle devient un objet de référence qui participe activement à la construction culturelle et identitaire du territoire, un objet aux propriétés proches de celle du patrimoine* ».

Les trois composantes en interaction (société - espace physique - événement) que nous avons définies, produisent du territoire mais ont besoin de ressources territoriales activées pour l'entretenir et le faire vivre.

De très nombreux territoires sont affectés par le risque, et les acteurs tentent de prévoir les événements et de s'en protéger sans toutefois échapper à des événements catastrophiques. Cependant, ne peut-on pas développer une autre vision du risque où le risque, objet qui nous questionne, ne constituerait plus un frein au développement des territoires, mais une ressource territoriale ?

1.1.2 Le risque, un élément perturbateur

La compréhension de la composition de la notion de « risque » est nécessaire pour tenter, par la suite, de la juxtaposer à celle de « territoire ». Elle est d'autant plus indispensable que ce concept est instable et constamment remis en cause. Si les chercheurs travaillent autant sur cette notion, c'est pour tenter d'aider les acteurs à mieux le gérer. Nous nous attarderons peu sur la construction de la notion, déjà bien définie dans de nombreux ouvrages : Hewitt (1983), Douglas *et al* (1984) (précurseur de l'approche par la représentation) et Burton *et alii* (1978), et plus récemment D'Ercole (1994), Beck (2002) et Bailly (2005). Nous nous appuyerons sur la discordance des discours pour découvrir une définition qui s'applique à notre problématique grâce à une approche par les contextes de risque.

La racine du mot risque est incertaine. Du latin *resicare* « couper » qui signifierait coupure dans le cours des choses (Levy *et al*, 2003), ou du grec *rhizikon* « risque », de *rhiza* « racine », en arabe *rizq* « le sort ». L'usage de ce terme semble s'être répandu à l'époque de

la Renaissance, autour de la notion de perte de marchandises transportées par voie maritime, avant d'être employé dans le milieu des assurances.

Un risque peut être considéré élevé pour les uns, faible pour les autres : « *quand nous écrivions dans la clandestinité, les risques étaient pour nous minimes, considérables pour l'imprimeur* » (Sartre, 1965). Le risque est souvent associé au danger. Par exemple, Levy et al (2003) le définissent comme « *la probabilité d'un danger menaçant ou portant atteinte à la vie et, plus globalement, au cadre d'existence d'un individu ou d'un collectif* ».

Le risque est avant tout un état latent. Il est une période d'incubation, antérieure à la déclaration d'un événement. Le risque peut cependant persister au-delà d'un événement. Suite à une inondation, le risque persiste, il est toujours probable qu'un orage en amont provoque une crue en aval. Ou encore, suite à une chute de blocs, le risque que d'autres blocs se détachent est toujours d'actualité tant que l'escarpement rocheux est présent.

Un risque est « majeur » si la gravité prévue sur le plan humain, matériel ou environnemental est grande. Sa probabilité est alors faible. L'existence d'enjeux économiques et / ou humains élevés différencie le risque majeur du risque simple². Le risque est d'autant plus majeur si la menace est invisible et si la population n'y est pas préparée ou l'ignore sciemment (ex. une personne qui privilégie un hédonisme paysager).

La temporalité, la spatialisation et l'intensité d'un risque sont des dimensions utilisées pour élaborer des échelles : par exemple l'échelle macrosismique européenne EMS 98 (Annexe 1) pour les séismes, et les niveaux de risque des Plan de Prévention des Risques³ (PPR) à travers une échelle de contraintes d'urbanisation : zones d'interdiction / zones de contraintes particulières / zones de contraintes faibles. Ces échelles sont issues de réflexions sur l'aléa, composante du risque. Ces réflexions donnent lieu à de multiples définitions. D'une manière générale, elles diffèrent entre les sciences dites « dures » ou « physiques » (la sismologie, la nivologie, la géologie, l'hydrologie, etc.) et les Sciences Humaines et Sociales (la sociologie, la géographie sociale, les sciences politiques, etc.). Au sein même des Sciences Humaines et Sociales (SHS), il existe des courants distincts qui peuvent différer d'un pays à l'autre :

« Selon les pays, le risque a été réparti dans des sections disciplinaires différentes. La géographie française a, par exemple pris l'habitude d'étudier les risques naturels selon les spécialisations de la géographie physique ; la géographie humaine s'occupait plutôt des risques sociaux et technologiques. Ces répartitions ont été différentes dans d'autres pays anglo-saxons où les risques naturels d'inondation ont toujours été étudiés sous l'angle de géographie humaine » (Ribas Palom, in November, 2001).

Nous allons voir que cette vision est en train de changer. En effet, l'équation du risque, qui est traitée officiellement (appels à projets de recherches ministériels, PPR, programmes IUFM, etc.) comme le produit d'un aléa et d'une vulnérabilité (AxV)⁴, n'est pas toujours

² Définition de <http://www.catnat.net>

³ Un Plan de Prévention des Risques se compose d'une carte des aléas, une carte des enjeux et une carte réglementaire des risques où des zones de couleur indiquent les zones constructibles (blanches), constructibles sous condition (bleues) ou non constructibles (rouges). Un règlement écrit accompagne cette dernière carte.

⁴ White et ses collègues (1974) ont été les premiers à dire que les catastrophes ne sont pas synonymes de menaces naturelles. « *Le risque de subir une catastrophe ne dépend pas seulement de l'ampleur de la menace naturelle en tant que telle mais aussi de la vulnérabilité de la société exposée à la menace* » ($R = \text{Vulnérabilité} \times \text{menace}$).

acceptée au sein des sciences sociales, jugée trop simpliste, omettant les facteurs temps et sociaux.

La démonstration suivante consiste à pointer du doigt les éléments sous-jacents d'une crise de ce concept. Au-delà du différent entre les sciences dures et les sciences humaines, n'existe-t-il aucun compromis ? C'est en cherchant à approfondir notre réflexion sur le « contexte de risque » que nous trouverons peut-être une solution.

1.1.2.1 Le risque dans les sciences « dures » et les sciences humaines

Nous appelons sciences dures (aussi appelées exactes) les sciences de la physique et de la mathématique (géographie physique, géologie, hydrologie, nivologie, météorologie, etc.).

Le « risque naturel », selon une définition qui fait aujourd'hui consensus dans les sciences dures, s'établit autour des notions d'« aléa », de « vulnérabilité » et parfois de « résilience » « Risque = (Aléa x Vulnérabilité) / résilience ». La première s'intéresse à la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel d'une certaine intensité dans un espace donné tandis que les suivantes traduisent la fragilité d'un système territorial pour l'une et sa capacité à surmonter un événement produit pour l'autre. Rappelons que l'aléa prend en compte, entre autres, deux caractéristiques : l'occurrence et l'intensité du phénomène considéré, et la vulnérabilité au sens le plus large, qui exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux (cf. définitions §1.2). Selon cette définition, un même risque peut résulter de plusieurs combinaisons d'aléas et de vulnérabilités : un aléa fort et une vulnérabilité faible, ou l'inverse, ou bien encore des valeurs moyennes pour chaque composante.

Le gouvernement français adhère à cette équation. Le MEDD (Ministère de l'écologie et du Développement Durable) propose la définition suivante : « *un événement potentiellement dangereux n'est un risque majeur que s'il s'applique à une zone où des enjeux humains, économiques ou environnementaux sont présents. [...] Le risque majeur est donc la confrontation d'un aléa avec des enjeux* »⁵. Cette définition est utilisée dans la méthode d'élaboration des PPR. Le « mémento du maire et des élus locaux » définit le risque comme « *la combinaison d'enjeux soumis à un aléa, conformément à la formule classique : aléa x enjeux = risque* »⁶. Le programme de géographie de l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres (IUFM) s'inscrit également dans cette vision : « *Le risque est une notion difficile à appréhender qui ne prend sens que lorsqu'un aléa entre en relation avec la vulnérabilité d'une société* »⁷.

Selon cette équation ($R = A \times V$), il peut y avoir un aléa sans risque s'il n'y a pas d'éléments vulnérables. Par exemple, l'explosion d'un astéroïde au-dessus de la Toungouska (Sibérie Centrale) en 1908, avec une énergie dégagée équivalente à mille bombes atomiques

⁵ Portail sur la prévention des risques majeurs du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire : http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/definition.html#definition

⁶ Mémento du maire et des élus locaux : www.mementodumaire.net/00presentation/definitions.htm. (Mise en ligne par l'Institut des Risques Majeurs via des crédits de la Préfecture de l'Isère, du Conseil Général de l'Isère et de la région Rhône-Alpes.)

⁷ IUFM de l'académie d'Aix-Marseille : <http://www.aix-mrs.iufm.fr>

de type « Hiroshima », n'a engendré aucune catastrophe humaine car le phénomène est survenu en un lieu désert. La catastrophe peut cependant être considérée comme écologique. En revanche, il ne peut y avoir de risque sans aléa.

Cette définition, largement approuvée par ces corps de sciences, n'a cependant cessé d'être critiquée par les sciences sociales qui lui reprochent d'être restrictive et de ne pas prendre en compte d'autres phénomènes qui entrent en jeu et amoindrissent ou aggravent le risque. La relation de l'équation est de cause à effet, où les éléments vulnérables passifs subissent le phénomène et où leur endommagement dépend de l'intensité de ce dernier. L'aléa est donc mis en avant, et son étude approfondie, grâce à la récolte de données et à l'utilisation d'outils, ce qui permet d'élaborer encore aujourd'hui des cartes d'aléas et des actions publiques. Ce diktat de l'aléa facilite les négociations avec les décideurs, puisqu'il fournit « un cadre de référence pratique » (Gilbert, 2006). Pourtant, une publication de l'ONU (UN/ISDR, 2002) (qui déclarait les années 1990 – 2000 comme « décennie internationale pour la prévention des catastrophes naturelles ») fait état des progrès dans ce domaine et propose une définition du risque plus orientée vers la considération des facteurs sociaux : « *The probability of harmful consequences, or accepted loss resulting from interactions between natural or human induced hazard and vulnerable/capable conditions* » se résumant sous la forme d'une équation représentant la conjonction de l'aléa (H) et de la vulnérabilité (V), tempérée par la capacité de la société à faire face à la menace (C)⁸ : $Risk = Hazard (H) \times Vulnerability (V) / Capacity (C)$. Cette définition fait également référence au niveau international. Cette équation n'a pas réellement été reprise par les chercheurs des sciences sociales, ces derniers estimant qu'elle privilégiait démesurément l'aléa.

Les sciences sociales vont-elles réussir à sortir de ce « diktat » ?

Si le risque existe, c'est parce que l'homme l'a construit. Pour les tenants des Sciences Sociales et Humaines, le risque est surtout une représentation socialement construite, où la notion joue le rôle de révélateur des relations qu'une société entretient avec son milieu. Chaque société a une perception propre du risque selon ses expériences, valeurs, croyances et selon l'importance et la considération accordées aux éléments exposés et aux aléas. Le risque constitue alors un élément constitutif de la culture locale, la « culture du risque ». Cette culture influence directement la capacité des habitants à réagir (de manière positive ou négative) lors d'événements. La vulnérabilité n'est alors pas un élément fixe du risque (contrairement à l'approche des sciences dures). Elle varie dans l'espace et dans le temps en fonction des sociétés (croyances, politiques, etc.).

L'état de compromis dans lequel doit se plonger la société (entre développement et sécurité) correspond à son acceptation du risque. Cette acceptation peut être décidée d'office par les acteurs territoriaux ayant le pouvoir de décision, ou faire l'objet de concertations, débats et négociations entre les experts (exogènes au territoire), les acteurs et les citoyens du territoire (les formes de démocratie technique de Callon, 1999). Les décisions sont également guidées par la sensibilité des acteurs territoriaux qui dépend de leur bagage socio-culturel (formation, vécu, profession, etc.) et des contraintes du territoire.

⁸ Cette « *capacity* » peut être assimilée à la résilience (considération des sciences sociales)

Ne serait-il pas alors plus pertinent de traiter le problème du risque à travers des secteurs existants : la prévention routière, l'entretien des réseaux, l'urbanisation, l'aménagement paysager, etc. ? En effet, le risque est un problème public. La question qui suit prend toute son importance dans la légitimation de toute action autour du risque sur un territoire :

« peut-on construire un champ de recherche spécialisé sur les risques et leur gestion ou faut-il au contraire estimer que le sort de ce thème est de contribuer à une réflexion plus générale autour des différents états que peut endosser un problème public et des conséquences qui en découlent en termes de gestion politique ? » (Gilbert, 2005).

Le risque dépend de paramètres subjectifs tels que la représentation⁹ et la perception¹⁰, eux-mêmes dépendant de la culture des personnes qui influence l'acceptation du risque. Ces paramètres conditionnent la vulnérabilité lorsqu'ils déterminent la réaction physique et psychologique de l'homme menacé.

Cet angle de vue des SHS entraîne un problème d'appréhension du risque. Peut-on connaître le risque sur un espace ? Quelles priorités peut-on choisir sur un territoire présentant un risque ? Comment hiérarchiser le risque : selon les aléas, selon les éléments exposés ? Où placer le seuil des limites acceptables ? Qu'est-ce qui entre dans la norme ? (Douglas et Wildavski, 1984, in November, 2001). A l'issue de ses recherches sur le risque technologique, Zimmerman (1994) souligne d'ailleurs le problème de la gestion des activités à risque dans les espaces urbanisés, dotés d'un risque à forte incertitude spatio-temporelle : *« sur quelle base décider de la structuration spatio-temporelle future d'un territoire ? »*

Nous ne nous attardons pas sur d'autres approches - les approches normative, probabiliste, sécuritaire et assurantielle détaillées dans l'ouvrage de November (2001) - qui apporteraient peu à notre objectif de définition de territoire à risque.

Dans tous les cas, le risque est étroitement lié au temps et à l'espace. La protection de la société et des aménagements qu'elle a produits implique une projection dans le temps du risque : quand et où un phénomène aura lieu ? Les services liés à la gestion du risque délimitent alors des zones réglementées, des règles de construction d'habitat (groupé, dispersé, normes parasismiques). Le paradoxe est que ces actions dans l'espace sont réalisées face à une probabilité, une projection dans un temps incertain du risque, qui demeure invisible (November, 2001). D'Ercole (1994) conclut d'ailleurs, suite à ses investigations sur les vulnérabilités autour du volcan Cotopaxi (Equateur), qu'au lieu de s'entêter sur des calculs de probabilités, la gestion préventive du risque devrait davantage prendre en considération les représentations des locaux :

« la prise en compte des représentations du risque chez les personnes concernées aboutit ainsi à une géographie beaucoup plus opératoire et efficace que le simple constat des zones dangereuses. Il serait temps de voir se développer ce genre d'étude dans les zones les plus exposées, afin d'établir un juste équilibre entre science physique et sciences sociales, dans le domaine de recherche sur lequel s'appuie l'activité préventive. »

⁹ Nous définissons « représentation » au sens : image de la réalité construite par un individu ou un groupe d'individus. La représentation est une construction de l'homme (ATILF).

¹⁰ Nous définissons « perception » au sens : organisation des données sensorielles perçues par l'individu (*via* la vue, le toucher, l'odeur, le son et le goût), qui engendre immédiatement une réaction affective de la situation ou de l'objet dont il est question (ATILF).

L'exposition de cette crise des définitions de « risque » montre bien qu'il s'agit d'une notion considérée comme un obstacle au fonctionnement des sociétés, sans donner aux territoires de réelles issues à sa gestion : trop « science physique », les définitions ne prennent pas suffisamment en compte la société, ou trop « science sociale », elles ont du mal à aboutir à une gestion du risque objective.

Nous tentons alors de percevoir si les recherches du côté de la classification des aléas et du risque apportent une amélioration pour une définition neutre et un changement de vision du statut de risque.

1.1.2.2 Une classification du risque basée sur le contexte

La classification est une manière apparemment simple pour utiliser la notion de risque, par exemple pour leur gestion. L'Etat se sert d'ailleurs d'une classification du risque dans l'élaboration de lois et de rapports. Au-delà d'une classification, un travail sur le contexte de risque, dans le sens où il s'oppose aux autres contextes d'un territoire (contexte économique, contexte politique, etc.), ne révèle-t-il pas une gestion du risque qui reflète notre cheminement vers un territoire à risque ?

Les classifications diffèrent selon les finalités des études. La dénomination du risque est également façonnée au gré des contextes socio-éco-politiques de chaque pays.

Dauphiné (2001) propose une classification du risque qui permet de décrire le risque de manière descriptive par types : il s'agit du risque issu d'aléas endogènes / exogènes. En revanche, la classification du risque collectif / individuel de Gilbert (2005) s'appuie sur des éléments anthropiques et a pour finalité l'étude de la gestion des vulnérabilités.

Des sous-classifications sont réalisées et très utilisées dans la gestion du risque menée par l'Etat. Par exemple, pour le risque issu d'aléa naturel, Besson (1996) distingue le risque atmosphérique, d'incendie de forêt, d'inondation, de mouvement de terrains, d'avalanche, de retrait-gonflement, le risque sismique et le risque volcanique.

Les classifications dépendent le plus souvent de l'origine de l'aléa et de ses conséquences :

- le macro-environnement ou environnement naturel : risque dit « naturel ». Un risque naturel implique l'exposition des populations humaines et de leurs infrastructures à un événement catastrophique d'origine naturelle ;
- le micro-environnement : risque « biologique ». Le risque biologique est un risque encouru par les êtres vivants lors d'exposition à des agents pathogènes. Il comprend le risque lié à l'agroalimentaire ;
- la réaction corporelle : risque « sanitaire », dont les effets sur l'homme dûs à la pollution, au bruit, à l'alimentation et à l'environnement provoquent des troubles de la santé ;
- la société : risque « de guerre » / risque « économique », qui est l'incertitude relative à la production de biens et de services réels dans l'économie¹¹, et risque « technologique ». Il peut inclure le risque lié aux transports de matières dangereuses¹².

¹¹ www.lesechos.fr/formations/risques/articles/article_7_9.htm

Un aléa peut engendrer un autre aléa (un séisme qui engendre un tsunami ou l'explosion d'une centrale chimique). Des phénomènes qui paraissent naturels peuvent être d'origine technologique (Martin, 1998). Les inondations et les chutes de blocs, *a priori* d'origine naturelle, peuvent être d'origine technologique lors d'une rupture de barrage ou lors d'une explosion à proximité d'un escarpement rocheux. On parle alors de phénomènes ou de risque associé. Autre exemple, celui d'un phénomène sanitaire, qui peut avoir comme origine un phénomène technologique (Tchernobyl le 18 avril 1986, la marée noire sur le golfe de Gascogne le 11 décembre 1999, l'explosion de l'usine AZF à Toulouse le 21 septembre 2001, etc.) ou biologique (les épidémies de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine, de la fièvre aphteuse, de la grippe aviaire, du Chicungunia, etc.).

Le risque est souvent assimilé à l'aléa et prend une forme plurielle « les risques ». Or les tendances actuelles le considèrent davantage dans sa globalité (Aléa et risque). Ce constat mène à une réflexion complète sur le risque : il convient de le regarder dans son ensemble de manière à bien conduire leur gestion (Delpeuch, in November, 2001). Cependant, outre cet aspect global, son aspect temporel apparaît peu dans la littérature.

Fort de ces constats, nous choisissons une classification qui justement correspond aux temporalités de la gestion du risque. Elle apporte un regard global à travers une approche contextuelle qui considère le temps et prolonge la définition de risque jusqu'à l'événement (en tant que risque déclaré). Cette classification consiste à différencier des contextes liés à la présence de risque. Nous la nommons « **contextes de risque** ». Trois états sont distingués pour trois raisons : les acteurs impliqués sont différents, l'état du risque est différent (latent, se déclarant, déclaré), les politiques appliquées sont reconnues par l'Etat et distinctes :

- **Prévention/Prévision** : lorsque le risque est une probabilité, les politiques de prévention et la prévision du risque s'appliquent sur un territoire défini. Par exemple, en France, on parle de « politique de prévention » qui comprend l'information sur le risque majeur. Ces deux états sont présent constamment dans le temps.
- **De l'alerte à la crise** (état d'urgence) : un phénomène se produit, seules des informations permettent aux acteurs de se préparer physiquement et psychologiquement pour protéger leur territoire en cas d'aggravation. L'alerte est lancée lorsque le phénomène est trop menaçant. Lorsque ce dernier commence à provoquer des dommages, c'est l'état de crise où les acteurs agissent pour limiter les dégâts, et donc limiter la gravité de **l'événement** qui est en train de se produire ;
- **Rétablissement/Reconstruction** (catastrophe) : le phénomène est terminé, mais les acteurs doivent réparer, voire reconstruire le territoire.

Ce choix de définition du risque, aussi triviale qu'elle soit, définit la notion à travers ses temporalités et intègre le fait qu'il existe une définition étendue du risque (lorsque

¹² « Le risque technologique est un événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion, en relation avec un développement incontrôlé d'une activité industrielle, entraînant un danger grave, immédiat ou différé pour l'homme, et/ou pour l'environnement » (Portail risque technologique : <http://assodis.free.fr/risque.html> : Association Développement Informatique Sécurité).

nous parlons de « contextes de risque » et qu'il désigne un tout : risque, événement et conséquences), et une définition plus stricte du risque (la probabilité) qui glisse sur la notion d'événement (l'événement réel issu du risque) pour finir sa course vers la gestion de ses conséquences (le rétablissement). Cependant, cette définition montre encore que le risque ne peut pas s'assimiler à une ressource territoriale. Il est un élément perturbateur. Nous choisissons tout de même de retenir cette définition qui permettra de répondre à notre problématique en prenant en compte la notion d'« événement ». De plus, elle constitue une base qui, plus loin, va nous permettre une étude des vulnérabilités ainsi que des temporalités.

1.1.2.3 Notre définition de risque

Nous ne tenons pas à proposer une définition consensuelle du « risque » qui concilierait les scientifiques des sciences fondamentales et des SHS avec les acteurs territoriaux, mais nous présentons une définition dans le but de fédérer les différents acteurs du risque pour qu'ils puissent travailler sur une même base sémantique. En effet, une étude de ce type est en cours de réalisation par le groupe grenoblois *Thésorisk*¹³ (Théso'risk, 2007) auquel nous appartenons. Nous nous sommes aperçus, suite à l'organisation de séminaires, que les définitions de « risque » diffèrent d'un acteur scientifique ou non, à un autre. D'ailleurs, Gilbert (*in* Tricot, 2001) mentionne bien le fait que la définition du « risque » ne peut être définitive, car elle dépend du contexte d'une recherche et d'une demande sociale :

« Les risques sont des objets à géométrie variable : leur définition évolue au fil des temps en fonction des types d'appropriation, des enjeux mais aussi des connaissances mobilisées à un moment donné. On restera donc prudent quant à leur définition, qui ne peut être donnée une fois pour toutes ».

Dans notre objectif de définir un « territoire à risque » où le risque est une ressource territoriale, nous définissons le terme de risque de manière à prouver cette hypothèse.

D'après les définitions présentées, le risque dépend, entre autre, de l'**aléa** de son périmètre, de son intensité et de son type. Le risque est simultanément dépendant de la société (ses aménagements, ses politiques de risque, sa culture du risque, etc.) qui a une **vulnérabilité**. Enfin, il est façonné par des **événements** qui se traduisent par des actions de la part des acteurs des territoires (projets d'information sur le risque, les projets d'aménagement pour une protection, etc.), et qui se traduisent également par un risque qui passe la frontière de la réalité et l'actualise, (Arnaud *et alii*, en soumission). Ces événements sont des artefacts qui marquent et transforment, à chacun de leur déclenchement, l'espace physique et la société qui habite cet espace. La fréquence des événements peut alors conditionner la considération du risque par la société.

Le risque est donc composé au minimum d'un élément vulnérable qui fait notamment intervenir la perception de la société, et d'un aléa qui fait partie d'un espace physique, dont l'association génère un événement ou plus. La définition de ces termes se précise dans la section suivante (Figure 4).

¹³ Groupe de doctorant issus de disciplines des sciences dures et des SHS. Leur objectif est de comprendre la diversité des définitions de risque selon les différents acteurs des territoires.

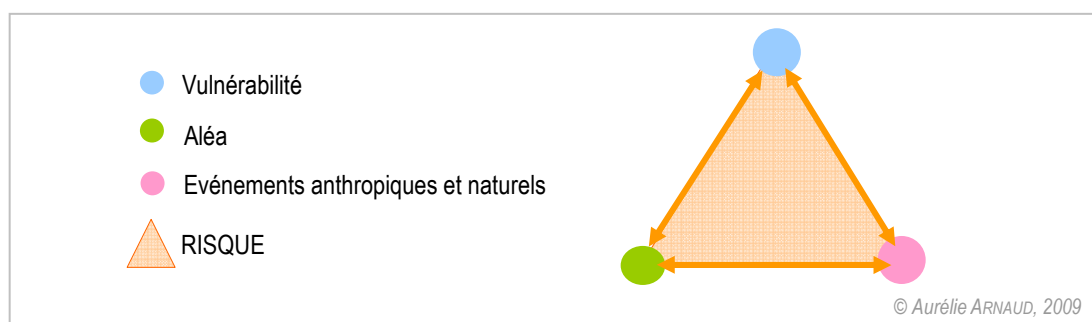


Figure 4 : Composition de la notion de « risque »

A travers cette présentation, nous reconnaissons le triptyque réalisé pour la notion de « territoire » (société – espace physique – événement) et nous considérons alors qu’il existe des territoires (tels que nous les avons définis), qui supportent des probabilités issues d’aléas et d’éléments vulnérables et donc de risque, dans lesquels s’effectuent des événements issus de risque. Le territoire est alors un support de risque. Au-delà de cette analyse, peut-on parler de « territoire de l’aléa » ? Le terme « territoire vulnérable » est-il valable ? Nous tentons de répondre à ces questions afin d’entrevoir une autre considération du risque et une lecture du territoire singulière qui dépasserait le simple fait d’être un support.

1.2 L’aléa et la vulnérabilité malmènent le territoire

Puisque les notions de « territoire » et de « risque » ont une composition semblable (une composante sociale, une composante environnementale et une composante événementielle), qu’en est il des éléments du risque : l’aléa et la vulnérabilité ? En associant ces termes au territoire, on parle de « territoire de l’aléa » et de « territoire vulnérable » : y a-t-il une ressource qui se trame ?

Les définitions d’aléa et de vulnérabilité vont permettre d’analyser la pertinence des expressions « territoire de l’aléa » et « territoire vulnérable » afin de vérifier la présence ou non d’indices qui aiderait à construire un « territoire » où le risque est une ressource territoriale.

1.2.1 Aléa et territoire

La définition d’aléa est consensuelle. L’aléa est la susceptibilité qu’un phénomène se produise dans une zone. Comment exprimer le fait qu’un territoire contienne des aléas ? L’aléa peut-il être « territorial » ? Ce raisonnement va permettre de postuler la pertinence d’un « territoire de l’aléa ».

1.2.1.1 De l’aléa au phénomène

L’aléa est une susceptibilité d’occurrence d’un phénomène réel, elle peut par exemple être exprimée en probabilité ou en période de retour. Il n’est pas visible dans le paysage (se sont les conséquences du phénomènes qui sont visibles), il n’est pas palpable, mais il peut être supposé et estimé. L’aléa naturel se traduit dans le monde réel par un phénomène naturel, c’est-à-dire d’origine naturelle (crues, chutes de blocs, avalanches, etc.). Il en est de

même pour l'aléa technologique. Ce dernier ne fait pas l'objet de recherches concrètes dans notre travail. Lorsque nous aborderons désormais le terme d'aléa, il s'agira d'aléa naturel.

L'occurrence d'un aléa fait couramment l'objet de recherches des sciences « dures ». Selon Gleyze (2002), l'étude des aléas est le traitement des incertitudes et des aspects probabilistes d'un phénomène. L'auteur distingue deux courants : une interprétation « fréquentiste » et une interprétation probabiliste. Cependant, les scientifiques se basent le plus souvent sur la méthode stochastique. Elle se traduit par une modélisation des phénomènes à partir de résultats mathématiques (approche déterministe) et d'observations empiriques (approche probabiliste). La simulation du risque via la méthode Monte Carlo¹⁴ (Leger, 2006) est un autre exemple. Il s'agit de rechercher des causes à partir de bases de données. Concrètement, ces méthodes tentent de connaître le plus précisément possible sous quelle forme temporelle (ex. pas de temps du siècle, du jour, de la seconde, période de retour) et sous quelle physionomie (emprise au sol et intensité) se réalise le passage d'un aléa à un phénomène.

La connaissance des formes temporelles de l'aléa varie selon son origine. L'aléa endogène, provoque des phénomènes à intervalles de temps irréguliers (éruptions volcaniques et séismes). Les phénomènes issus de ces aléas sont peu prévisibles et peuvent être très destructeurs (Tableau 1). Certains volcans sont sous haute surveillance, comme le piton de la Fournaise (île de la Réunion), volcan le plus surveillé au monde. L'aléa exogène est saisonnier et peut être davantage prévisible. Par exemple, les avalanches ont lieu en hiver (mis à part les avalanches de fonte et les chutes de séracs en hautes altitudes) ; l'aléa de chute de blocs augmente au printemps avec le dégel de l'eau dans les interstices des roches, et les crues d'un cours d'eau sont très régulières. Les crues les plus remarquables sont celles qui ont lieu au printemps, à la fonte des neiges, et en fin d'été et automne, lors d'orages en amont des cours d'eau qui font fondre rapidement la neige fraîchement tombée. D'ailleurs, cet aléa se caractérise couramment par sa « période de retour » : une crue centennale ou décennale (crue dont l'intensité typique se reproduit tous les cent ou dix ans en moyenne). Un pourcentage peut également exprimer le pas de temps de l'aléa à travers une probabilité, c'est à dire le nombre de chances d'occurrence d'un aléa sur cent.

Phénomène	Localisation et date	Dommages en chiffres
Séisme et tsunami	Sumatra (Indonésie) : 26/12/2004	144 000 à 219 000 morts
Eruptions volcaniques	Nevado del Ruiz (Colombie) : 13/10/1985	25 000
Séisme	El Asnam (Algérie) : 10/10/1980 et 21/05/ 2003	2600 morts, 330 000 sinistrés 2300 morts, 15 000 sinistrés
Nuée ardente de la	Montagne Pelée (Martinique) : 8/05/1902	29 000
Séisme de	Lisbonne (Espagne) : 1755	100 000

Sources : Cindyniques ou sciences du danger, école des mines de Nancy ; <http://www.mount-pelee.com/lfactf.htm>,
<http://www.azurseisme.com/seismeAlger.htm>.

Tableau 1 : Effets destructeurs des aléas d'origine endogène

¹⁴ La méthode Monte Carlo, impulsée par Neumann et Ulam permet de simuler sur des bases de calculs de probabilité.

La forme spatiale de l'aléa est fonction des propriétés physiques des aléas endogènes ou exogènes de l'espace. Cette extension peut être concentrée (crue torrentielle) ou diffuse (crue de plaine).

L'intensité d'un aléa probable s'exprime en quantité physique probable : des mètres cubes de neige, de blocs ou d'eau ; des vitesses de propagation (dimension temporelle distincte de la période de retour) ; des hauteurs de matières, etc.

Les relations entre les paramètres *temps – extension – intensité* de l'aléa ne sont pas toujours évidentes. L'extension d'un aléa n'entretient pas de rapport direct avec ses temporalités (période de retour et vitesse de propagation) ou son intensité. En revanche, un aléa de forte intensité a une occurrence faible alors qu'un aléa de faible intensité a une occurrence forte (ex. crues régulières d'un cours d'eau de l'ordre de la saison).

La connaissance de l'occurrence, de l'intensité et de l'extension spatiale évolue en fonction des progrès des méthodes et des centres d'intérêt de la science. La récolte de données sur les phénomènes et leur traitement de plus en plus sophistiqué (ex. grâce aux nouvelles technologies des ordinateurs, des centres de stockage et de traitement, la télédétection : Raclot, 2003) améliorent et aident considérablement le travail prévisionniste des scientifiques. Les méthodes de modélisation numérique et les simulations physiques d'aléas foisonnent afin d'approcher au maximum la réalité. Pour illustrer ce progrès, la commune de Saint-Barthélemy-de-Séchilienne (38), après avoir fait appel à Haroun Tazieff en 1985 pour étudier le danger d'un éboulement (Carcano, 2002), se voit en quelques années (20 ans) menacée d'un aléa de chute de blocs estimé à quelques milliers de m³ à 3 millions de mètres³ aujourd'hui (Durville *et alii*, 2005), avec une probabilité de déclenchement estimée pour les dix années à venir.

L'intensité et la fréquence d'occurrence des aléas peuvent évoluer en fonction de phénomènes exceptionnels (à l'échelle générationnelle) : un grand changement climatique, une anthropisation particulière d'un lieu, etc. La fréquence des inondations est probablement celle qui a le plus augmenté au cours des temps à cause de plusieurs faits simultanés : une déforestation excessive du territoire français avant la première guerre mondiale, une grande urbanisation des vallées alpines suite à la seconde guerre mondiale, la fonte excessive des glaciers alpins due à un réchauffement du climat très net des années 1910 à 1940 et depuis 1975¹⁵, qui engendre également la disparition des pergélisols (Prick, 2003). Un autre exemple, à la fin du XIX^{ème} siècle : le développement de l'hydroélectricité et la construction de barrages associés vont amplifier l'intensité de l'aléa inondation dès lors que l'on considère la rupture de l'ouvrage, mais diminuent sa fréquence.

L'aléa glisse dans la réalité à travers la réalisation de phénomènes. Ces notions se définissent de manière spatiale et temporelle, dotées d'intensités différentes et dépendantes de leur origine et de l'espace physique.

¹⁵ <http://www.alertes-meteo.com/glaciaire/glaciaire.htm>

1.2.1.2 « Territoire de l'aléa »

Un territoire de l'aléa est-il concevable ? Des territoires sont affectés par un ou plusieurs aléas. L'ensemble des aléas affecte l'intégralité spatiale d'un territoire, donc tout territoire du globe est concerné par au moins un aléa d'origine endogène ou exogène, naturelle ou anthropique. Un « territoire de l'aléa » signifierait qu'il existe un territoire dont les limites correspondent à celles de l'extension d'un aléa. Si nous considérons les cindyniciens¹⁶, qui composent une communauté scientifique de la « société », étudiant un élément physique de l'espace, ils s'identifient à l'espace couvert par un type d'aléa, et réalisent des projets sur cet espace correspondant. L'issue de ces projets scientifiques crée des événements (ex. la découverte de nouveaux espaces soumis aux chutes de blocs) qui engendrent une prise en considération du risque par la société pour protéger ses biens. L'événement est également le phénomène, c'est-à-dire la réalisation de l'aléa. D'un point de vue scientifique, il est alors possible d'utiliser l'expression « territoire de l'aléa » (Figure 5). Mais cette expression est restrictive, car elle se préoccupe uniquement de l'aspect d'occurrence d'un phénomène naturel physique, et est utilisable dans le seul contexte d'étude d'un aléa. Or sur un même territoire se chevauchent plusieurs aléas et cet aspect n'est pas pris en compte dans ce raisonnement. Le météorologue se préoccupe des phénomènes atmosphériques, le géologue de l'extension de l'aléa chute de blocs, etc. Une vision globale des aléas affectant un même territoire n'existe pas dans la communauté scientifique des sciences dites « exactes » qui peut alors parler de « territoire de l'aléa ».

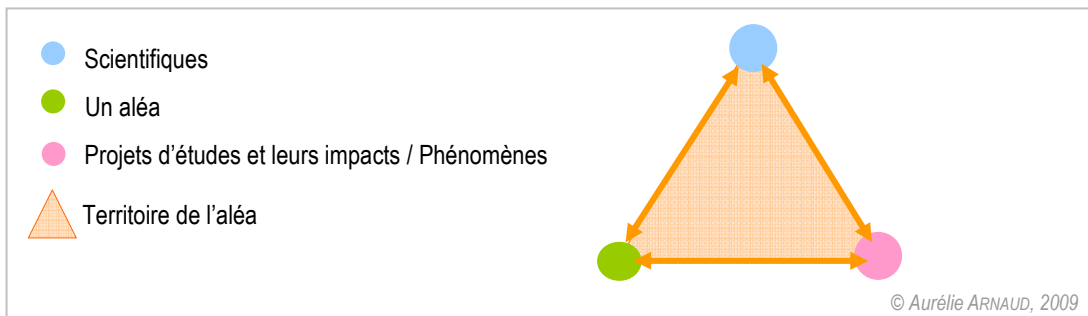


Figure 5 : Territoire de l'aléa

¹⁶ Communauté scientifique dont les recherches portent sur la science du danger. Les cindyniciens travaillent sur l'évaluation et la gestion des risques. Le terme « cindyniciens » vient de « cindynique » né du grec Kindunos qui devient Kindynos et signifie « danger ». Cindynique est la science du danger et plus précisément l'ensemble des sciences et des techniques qui étudient les risques (par exemple dans les disciplines de la géologie, de l'hydrologie et de la climatologie pour le domaine des sciences dures ou dans les disciplines de la géographie, de l'histoire et de la sociologie dans le domaine des sciences humaines et sociales). Ces experts sont spécialistes de questions précises sur une facette d'un risque particulier. Ce terme est repris par Kerven, auteur de « Archipel du danger : introduction aux cindyniques », 1991. Antoine (2008) précise que la cindynique traite de la phénoménologie du risque et de sa formalisation multidimensionnelle, analyse des cas concrets et valide des résultats par expérimentation. Il justifie alors la cindynique comme une véritable « science du danger ».

L'aléa limite les projets du territoire qui est contraint d'en tenir compte. L'aléa ne peut donc pas être considéré comme une ressource territoriale.

Un espace n'est pas seulement caractérisé par des aspects physiques du sol. Des hommes investissent cet espace par le biais de projets émanant des sociétés, faisant surgir du sol des bâtiments, créant des flux de matériaux et de personnes, mettant en place des exploitations des ressources de ces espaces, etc. Cet aspect est appelé communément, dans un contexte de risque, vulnérabilité.

1.2.2 Vulnérabilité et territoire

Contrairement au terme « aléa », celui de « vulnérabilité » fait l'objet de nombreuses définitions, parfois très différentes. Tantôt attribuée à un espace, tantôt attribuée à un objet ou à une société, la « vulnérabilité » s'associe également à de nombreux autres termes tels que « enjeu », « élément exposé », « dommage », qui eux non plus ne possèdent pas une seule définition. Qu'est-ce qui est vulnérable ? Qu'est-ce qu'il est important de connaître dans cette notion ? Existe-t-il un « territoire vulnérable » dans un contexte de risque ?

De nombreuses définitions s'attardent sur la notion de vulnérabilité, car elle renvoie à la fragilité d'une société. Réduire cette fragilité comporte de nombreux enjeux puisque notre survie en dépend. Ces définitions se classent dans le monde du probable : « *mesure d'endommagement potentiel* » (D'Ercole, 1995), « *niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux* » (Guide général des PPR, 1997), où « *réduire la vulnérabilité des enjeux* » revient à la « *limitation d'éventuels dommages* » (MEDD, 2005). En outre, le dictionnaire Larousse définit « vulnérable » comme quelque chose « *susceptible d'être atteint* ». Cependant, les définitions se classent également dans le monde du réel : « *mesure des dommages de toutes sortes rapportée à l'intensité de l'aléa* » (Commissariat au plan, 1997), la vulnérabilité « *traduit la fragilité d'un système socio-économique face au risque* » (Hubert *et al*, 1999).

Les études sur la vulnérabilité développent plusieurs théories ou tentatives de théorisation. Sociale ou physique, la vulnérabilité est définie à travers des approches quantitatives (Léone, 1996 ; Chardon, 1994), qualitatives (Slovic et Weber 2002), synthétiques (Provitolo, 2002), et des approches moins courantes, telles que les approches considérant le temps (Burton, Kates et White, 1978), systémiques (D'Ercole, 1994 ; Dauphiné et Peguy, 2003), par l'enjeu (Luttot, 2003), et organisationnelles (Gilbert, 2006). L'objectif principal reste de la réduire, action parfois nommée « mitigation ».

A partir de toutes ces approches de la notion de « vulnérabilité », peut-on proposer une définition susceptible de concourir à la construction d'un « territoire vulnérable » et à la découverte d'une ressource territoriale ?

1.2.2.1 Recherche d'un consensus sur la notion de vulnérabilité

Afin de chercher une définition de vulnérabilité qui se rapprocherait d'un consensus, nous commençons par explorer les différentes approches du terme pour ensuite formuler une interprétation qui permettra de répondre à notre problématique.

Les approches présentées ci-dessus sont les plus communes dans la littérature française et anglo-saxonne. Elles ont longuement été étudiées et ont fait l'objet de nombreuses applications sur divers territoires. A ce jour, peu de solutions ont été trouvées pour diminuer les vulnérabilités des territoires. Nous tentons toutefois d'extraire de ces approches les éléments à retenir pour connaître la vulnérabilité d'un lieu ou d'une organisation et sa considération.

D'après D'Ercole (1994), l'approche analytique de la vulnérabilité s'apparente à « **l'approche quantitative** », aussi appelée « approche classique ». Elle s'appuie sur la vulnérabilité physique ou « vulnérabilité directe » représentant le nombre de morts ou encore le nombre de bâtiments endommagés. Le Plan de Prévention des Risques (PPR) propose une définition qui s'inscrit dans la continuité de cette approche : « *la vulnérabilité, au sens le plus large, exprime le niveau de conséquence prévisible d'un phénomène naturel sur les enjeux* ». La *mitigation* de la vulnérabilité considère les enjeux uniquement économiques : construction privée et publique, bâtiments industriels et commerciaux, ceux nécessaires à la gestion de crise, réseaux de communication, électricité, etc. (MEDD, 2005). Pour chaque enjeu défini est établie une évaluation des dommages en fonction des niveaux de l'aléa. D'une manière générale, l'approche analytique propose une évaluation de la vulnérabilité physique. Elle se base sur des analyses de paramètres comme des critères socio-économiques, et des estimations de la valeur d'un ensemble d'éléments vulnérables sur une portion de territoire (Léone, 1996 ; Howard, 1983 ; Dauphiné, 2001). L'approche quantitative permet de chiffrer la vulnérabilité et aboutit, dans certaines recherches, à des cartographies de la vulnérabilité (Oberlin, 1993 ; Gilard, 1998 ; Chardon, 1994 ; Manche, 1997). Cependant, cette approche ne prend pas en compte les aspects qualitatifs de la vulnérabilité.

L'approche qualitative induit la composante « vulnérabilité sociale » qui se définit comme l'exposition aux aléas de certaines populations. Thouret et D'Ercole (1994) définissent cette vulnérabilité comme « *la propension d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique* ». Elle se définit également sous un angle économique où un nouveau mode de développement peut engendrer une vulnérabilité (CEPAL, 2001)¹⁷. Cette définition s'étend à notre problématique lorsque le « sentiment de risque » provoqué par l'« implantation d'un nouveau mode de développement » dans un espace encore non anthropisé, se révèle subitement menaçant, à l'issue de recherches géologiques ou à l'issue de la déclaration inattendue d'un phénomène naturel par exemple. L'approche qualitative prend en compte les aspects socioculturels et subjectifs d'une situation vulnérable (Schoeneich *et al*, 1998 ; Slovic *et al*, 2002 ; Festinger, in Schoeneich *et al*, 1998). Cependant, il est délicat d'en extraire des données quantifiables pour une spatialisation et une visualisation intéressante. En effet, cette approche repose sur des données appliquées à la perception des sociétés, difficilement palpable (Deguise, 2004), et traduisant la subjectivité des habitants et leur capacité à réagir et à s'organiser lors d'un phénomène naturel. L'approche qualitative comprend également la communication du risque

17 Comisión Económica Para América Latina y el Caribe. CEPAL (2001), Panorama Social de América Latina 1999-2000, Santiago de Chile, <http://www.eclac.org>, p.52.

et son évaluation, domaines encore peu exploités. Les approches semi-quantitatives (D'Ercole, 1994) lient les approches quantitatives et qualitatives. Elles sont souvent critiquées du fait de leur assemblage quantitatif – qualitatif. En effet, chiffrer qualitativement une perte humaine peut paraître aberrant. A travers cette analyse, les approches montrent leurs limites lorsqu'il s'agit de passer de l'évaluation à des mesures concrètes visant à la représentation spatiale de la vulnérabilité, mais aussi visant à sa mitigation. De plus, les études de perception à un temps « t » sont éphémères. Un phénomène récent peut changer totalement cette dernière (ex. une campagne d'information télévisée sur les comportements des conducteurs ou un événement catastrophique augmente l'intérêt de la population et donc une représentation précise du risque à un moment donné).

L'**approche mixte ou synthétique** de Wilchez-Chaux (1993) considère qu'une étude des vulnérabilités doit se réaliser à travers une « approche globale ». Il considère alors toutes les vulnérabilités existantes et leurs influences réciproques : les vulnérabilités naturelle, physique, économique, sociale, politique, technique, idéologique, culturelle, éducative et institutionnelle. Cette approche a donc l'intérêt de prendre en compte de nombreux paramètres ainsi que leurs interactions, dans le but d'en apprécier des niveaux de vulnérabilités objectifs sur un territoire choisi. Cependant, son application nécessite une parfaite connaissance du terrain, ce qui constitue un frein à la généralisation de ces méthodes pour leurs applications sur d'autres territoires.

Ces approches restent statiques (ou passives) et sont reprises par les approches systémiques et organisationnelles. Parallèlement et plus récemment, ces approches ainsi que les approches par le temps ou l'enjeu, prennent en compte des facteurs temporels ou en mouvement, ce qui en fait des approches dynamiques, plus proches de la réalité.

L'**approche systémique** tient compte des nombreux paramètres contenus dans les notions de vulnérabilité (d'Ercole, 1994 et Thouret, 1996) en sont les précurseurs. Ces derniers considèrent que les approches définies ci-dessus peuvent faire l'objet d'analyse de système. Cette approche de la vulnérabilité prend également en compte de nombreuses variables et leurs interactions. D'une manière générale, lors d'une analyse systémique, c'est le problème qui se pose dans son contexte qui est étudié, afin d'identifier et de décrire les différents éléments du « système » dans lequel il s'inscrit, les relations entre les éléments, les « boucles de rétroactions » et les mécanismes de régulation. Les mêmes conséquences peuvent avoir plusieurs causes et les mêmes causes peuvent avoir des effets différents. La solution est complexe et dépend de la capacité des acteurs territoriaux et des habitants à considérer plusieurs facteurs et à jongler avec eux. L'évolution de ce système est liée à la variable *temps*. Cette évolution peut être modifiée par les observateurs (ex. des points de vue différents), l'espace (ex. un changement d'échelle) et la culture de la société vulnérable (ex. des perceptions différentes du risque). Provitolo (2002) privilégie les interrelations entre les enjeux, pour réaliser une modélisation de la vulnérabilité. L'auteur s'appuie sur les écrits de Blaikie qui définit la résilience comme la capacité de résistance des éléments où la vulnérabilité n'est alors plus une somme de dommages potentiels, mais un état, fonction de plusieurs facteurs : les facteurs culturels et institutionnels¹⁸ et les facteurs techniques (bâti,

¹⁸ La vulnérabilité humaine qui est fonction de l'âge et de la richesse. La vulnérabilité dérive donc de variables culturelles et institutionnelles, techniques et fonctionnelles (D'Ercole, 1994). Les facteurs

accès) et organisationnels (gestion de la catastrophe, organisation des secours, diffusion de l'information). Ces facteurs varient selon les types d'aléas. L'approche systémique est très intéressante dans le but de comprendre les engrenages de vulnérabilités associées. Cependant, compte tenu de notre finalité, elle demeure trop complexe à la visualisation.

La **vulnérabilité organisationnelle**, d'après Gilbert (2006), dépend des enjeux et de la résilience des collectivités. La résilience est considérée comme dynamique ou active, et la mise en place de certaines politiques (notamment en prévention et gestion de crise), la construction de certains aménagements et la mise en place de systèmes d'alerte deviennent alors des indicateurs de vulnérabilité. Nous retenons de cette approche l'importance de connaître (et donc d'afficher) les aménagements liés au risque (digues, filets anti-sous-marins, etc.). Cependant, les politiques et systèmes d'alertes nous paraissent délicats à représenter visuellement compte tenu de l'aspect éphémère de ces derniers.

L'**approche par le temps** est peu utilisée. Contrairement à l'intensité maximale connue d'un aléa qui évolue peu, la vulnérabilité peut changer rapidement. Dans une approche comportementaliste, les auteurs Burton, Kates et White (1978) font référence au temps dans leur évaluation du risque des personnes en considérant et différenciant les vulnérabilités à court et à long terme : par exemple, la vulnérabilité sociale (variation à court terme, du jour au lendemain) et la vulnérabilité physique de bâtiments (variation dans le long terme). Cette différenciation est indispensable dans le cadre d'établissement de plans de gestion de crise d'une part, et dans le cadre des plans d'aménagements d'autre part. L'approche systémique fait également référence à ceci à travers l'influence de facteurs (culturels, institutionnels, etc.) à un temps « t » sur un système vulnérable. Ces facteurs varient constamment, faisant évoluer le système. Néanmoins, peu de solutions qui prennent en compte ces changements n'ont été trouvées à ce jour.

L'**approche par l'enjeu** est développée par Lutoff (2000). Cet auteur considère que l'impact final d'un phénomène dépend de l'endommagement de certains éléments, moteurs d'un système (ex : une caserne de pompiers dans un contexte de crise). L'appréciation de la vulnérabilité se redéfinit, pour différents moments de la journée, par le rapport « Enjeu / Facteur de vulnérabilité » et les facteurs de vulnérabilités (ex. l'organisation des communications, les constructions parasismiques, les connaissances du risque). Des « zones d'enjeux principaux » sont définies : elles dépendent des enjeux patrimoniaux, humains, économiques, fonctionnels, identitaires et politiques du territoire. L'Etat a également adopté une approche par l'enjeu. En effet, dans les Plans de Prévention des Risques (PPR) réalisés par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), ce sont les « enjeux » qui sont considérés. Ces derniers sont les éléments de l'occupation du sol et font l'objet d'une réglementation ; ils possèdent une certaine « vulnérabilité ». La sémantique de ces deux notions est décrite avec précision par le PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques) et elle peut parfaitement s'adapter à au risque naturel :

« les enjeux sont les personnes, biens, activités, éléments du patrimoine culturel ou environnemental, menacés par un aléa ou susceptibles d'être affectés ou endommagés par celui-ci. Ils sont liés à l'occupation

culturels et institutionnels imposent une nouvelle géographie des risques et des catastrophes, qui sont donc fonction des aires de civilisation. La perception des risques varie d'un pays à l'autre, d'une religion à l'autre.

*du territoire et à son fonctionnement. La **vulnérabilité** est la sensibilité plus ou moins forte d'un enjeu à un aléa donné » (MEDD, 2006).*

Concernant un aléa d'origine naturelle, la vulnérabilité dépend du type et des caractéristiques de l'aléa (par exemple la vitesse et la charge d'une inondation, ou le volume, la zone de dépôt et la nature de la roche d'une chute de blocs) et des moyens de protection physiques (des paravalanches, des structures parasismiques, etc.) et de protection de la société (les secours, des informations préventives, etc.) mis en œuvre. Pour le MEDD (2006), la vulnérabilité des enjeux peut être indirecte (coupures de réseaux routiers, énergie, transmission, eau, etc.) et peut engendrer un effet domino sur d'autres aléas d'origines différentes (ex. la santé) et situés au-delà des périmètres d'exposition. La vulnérabilité dépend également des conditions socio-économiques des personnes et des activités endommagées (MEDD, 2006). Selon cette approche par l'enjeu et l'analyse de ces derniers, les éléments importants à connaître sont, en premier lieu, la localisation des Etablissements Recevant du Public (EPR), des infrastructures, l'usage des espaces publics, la localisation des ouvrages et des équipements d'intérêts généraux. Dans un second temps, la densité des populations résidentes et l'estimation globale des emplois doivent être évalués. L'aspect temporel ne semble pas être pris en compte mais si l'on visualise la population résidente, il s'agit des heures où cette dernière n'est pas sur le lieu de travail, donc la nuit, et le week-end. Enfin, il s'agit de prendre en compte l'utilisation d'éléments connexes comme l'historique de l'urbanisation, les perspectives de développement et les autres enjeux, qui imposent la mise à la connaissance de Plans Locaux d'Urbanisme (PLU), de Plans d'Occupation des Sols (POS), la visualisation de la localisation des enjeux économiques, environnementaux et patrimoniaux. Cette définition est particulièrement avantageuse car elle classe les enjeux sur trois niveaux d'importance, et elle tient compte de la concentration des personnes à des moments différents (lieux de résidence et lieux de travail). Par contre, les concentrations de véhicules (qui dépendent des heures, des jours de fréquentation, et des lieux caractéristiques, comme les lieux de travail, les centres commerciaux, les parcs de loisir, etc.) apparaissent peu.

Dans ces dernières approches, la vulnérabilité est considérée comme dynamique car elle évolue sur le « territoire », selon les événements, l'espace physique et son anthropisation. Elle se définit alors de manière spatiale et temporelle. De plus, l'évolution des dommages potentiels liés aux besoins et aux personnes, et leur répercussion sur leur environnement économique sont constantes. A noter que son évaluation peut être précise (un chiffre, une proportion), comme floue (la description d'une perception du risque par une communauté). Elle contient des éléments plus ou moins stables (ex. immeubles, forêt) qui évoluent constamment (ex. individus, véhicules). Les interactions de ces éléments sont alors stables ou évolutives. L'appréciation de la vulnérabilité possède une grande part de subjectivité. Le tableau suivant récapitule les réflexions sur la notion de « vulnérabilité » afin d'analyser sa considération (Tableau 2).

Cette présentation des approches (Tableau 2) montre que l'évaluation de la vulnérabilité requiert de nombreuses variables, différentes et complexes dans leurs interactions : variables

concernant les enjeux humains et matériels, la morphologie urbaine, les fonctionnalités d'un territoire, les représentations et pratiques sociales (D'Ercole *et al*, 1994). De plus, les approches récentes de la vulnérabilité considèrent un système social (dont la culture lui est propre) en interaction avec son environnement naturel mais aussi politique et économique. Ceci ne facilite pas la tâche pour proposer une définition consensuelle du terme et encore moins pour trouver une ressource territoriale dans la vulnérabilité. Toutefois nous tentons, dans le paragraphe suivant, de dégager des éléments qui nous paraissent importants à connaître et surtout faciles à identifier sur un territoire (facile au sens où l'évaluation tente de se baser sur des observations et des données accessibles).

Approches de « vulnérabilité »	Éléments pris en compte
Quantitative ou physique	Nombre de morts, nombre de bâtiments endommagés. Conséquences sur les enjeux économiques. Evaluation de la vulnérabilité physique à travers des critères socio-économiques. Evaluation des dommages en fonction de l'aléa.
Qualitative ou sociale	Exposition aux aléas des populations => aspects socioculturels et subjectifs (perception des sociétés). Fonction du développement
Mixte ou synthétique	Vulnérabilités naturelle + physique + économique + sociale + politique + technique + idéologique + culturelle + éducative et institutionnelle
Systémique	Définition des éléments du système, leurs interactions, boucles de rétroaction et mécanismes de régulation. Interrelations entre les enjeux : facteurs culturels et institutionnels, et facteurs techniques et organisationnels => résilience
Organisationnelle	Enjeux + résilience des collectivités (politique, aménagement, système d'alerte = indicateurs de vulnérabilités)
Par le temps	Vulnérabilité qui varie de façon rapide ou lente. Variation cyclique
Par l'enjeu	Enjeu (patrimoniaux, humains, économiques, fonctionnels, identitaires et politiques) / Facteur de vulnérabilité (organisation des communications, constructions parasismiques, connaissances du risque, etc.) + vulnérabilité des enjeux indirecte qui dépend des conditions socio-économiques + activités endommagées 1- localisation des EPR, des infrastructures, usage des espaces publics, localisation des ouvrages et équipements d'intérêts généraux 2- densité des populations résidentes et nombre d'emplois 3- historique de l'urbanisation, perspectives de développement et autres enjeux : PLU, POS, enjeux économiques, environnementaux et patrimoniaux

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 2: Tableau récapitulatif des approches de la notion de « vulnérabilité »

Selon le contexte de risque, la prise de décision peut se faire à l'échelle locale (le maire d'une commune, le préfet par exemple) avec une définition de « vulnérabilité » *locale*. Toute définition consensuelle aide à l'élaboration de documents de prévention du risque tels qu'un PPR (Plan de Prévention des Risques), un PCS (Plan Communal de Sauvegarde) ou un DICRIM (Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs). Lorsque la prise de décision se réalise à une échelle plus globale ou internationale (ex. l'attribution de financement pour aider le développement de pays suite à une catastrophe, ou en prévention d'un phénomène prédit), les discordances sur une définition commune peuvent freiner les négociations voire créer des malentendus sur les objets principaux d'aide commune à des territoires, parfois en péril. Il est donc important de rechercher une base commune pour tous les acteurs.

Cette thèse ne prétend pas formuler une définition consensuelle mais avancer un pion dans le jeu de la définition de vulnérabilité pour y tendre. Aussi, nous proposons de définir la

vulnérabilité autour des notions d' « **élément exposé, son enjeu et sa vulnérabilité, notions qui s'inscrivent dans le temps** ».

L'analyse des approches de vulnérabilité a permis d'adopter un point de vue dans cette investigation, point de vue qui définit une partie de notre futur « territoire à risque ». Notre définition est inspirée de Lutoff (2000) qui apporte la notion d'enjeu, et Zimmerman (2003) qui, pour analyser la vulnérabilité, considère des éléments exposés qui ont des facteurs de vulnérabilité associés (cette définition n'appartient pas à une approche en particulier). Notre travail enrichit cette définition avec l'articulation des termes « élément exposé », « enjeu », « vulnérabilité » et « dommage ».

Élément exposé et enjeu

Un **élément exposé** désigne tout élément susceptible de subir des dommages lors de phénomènes. Tout élément exposé appartient à un territoire : une école, une maison particulière, une caserne de sapeurs pompiers, une forêt, un plan d'eau, une personne etc. L'élément exposé peut être physique ou humain. Il peut s'agir d'une forêt, élément exposé naturel qui peut être soumis à une protection particulière.

Un élément exposé peut être **statique** dans une échelle temporelle considérée (une maison ou une route implantée sur un territoire pour une durée centennale / une personne ou un véhicule présents sur un territoire pour une durée de l'ordre de la seconde). L'élément exposé peut également être examiné de manière **dynamique**. Il peut être considéré comme un flux ou une concentration (l'évolution d'un flux de personnes ou de matières dangereuses, l'évolution d'une concentration de véhicules dans une tranche temporelle choisie).

Chaque élément exposé possède un **enjeu** plus ou moins marqué dans un contexte de risque, où l'enjeu de l'élément est fonction d'un contexte (prévention/alerte-crise/rétablissement) décrit précédemment. Par exemple, en situation d'alerte, la caserne des pompiers est indispensable pour assurer les premiers secours, tandis qu'en situation de post crise, la DDE est indispensable pour gérer la reconstruction des réseaux routiers. Un élément peut avoir plusieurs enjeux dans divers contextes : par exemple un plan d'eau habituellement dédié au tourisme et donc important dans un contexte économique, peut dans un contexte de risque et plus précisément en cas de crise, se transformer en point de ravitaillement pour éteindre un incendie.

La vulnérabilité

Chaque élément exposé possède une vulnérabilité. Celle-ci dépend de l'état physique de l'élément exposé (hauteur d'un bâtiment, matériaux de construction, contenance, âge, etc.), du type de l'aléa (une avalanche, une inondation, etc.), de la puissance prédite puis réelle du phénomène (ex. m³ de roche, hauteur d'eau d'une crue) et des politiques appliquées dans un contexte de risque.

Les temporalités de la vulnérabilité peuvent être longues (résistance des bâtiments dans le temps) ou courtes (déplacement des véhicules ou d'une personne). L'âge d'une personne est un autre exemple d'une vulnérabilité qui varie à l'échelle de temps d'une vie. En effet,

les personnes très jeunes et les personnes âgées sont davantage vulnérables que des adolescents ou de jeunes adultes. Ces temporalités seront détaillées plus loin.

Les dommages

Un dommage est l'accomplissement d'une vulnérabilité affectant un élément exposé dans le monde de la réalité. L'endommagement témoigne d'une vulnérabilité antérieure et intègre l'histoire de la vulnérabilité d'un élément exposé.

Les dommages font partie de l'histoire d'un événement. Ils indiquent une certaine vulnérabilité du territoire ou d'une partie de territoire, passée mais aussi présente à travers des traces. Ces empreintes sont étudiées dans la troisième section.

Ces définitions distinguent donc quatre termes associés à la vulnérabilité : l'élément exposé, son enjeu dans un contexte de risque, sa vulnérabilité, et le dommage qui dépend de la vulnérabilité de l'élément. Comment instaurer un ordre de grandeur pour qualifier un élément exposé « plus vulnérable » qu'un autre ? Cette étude de la quantification de la vulnérabilité a été réalisée dans un but de la cartographier (Arnaud, 2005). Elle ne sera pas traitée dans cette thèse car elle s'inscrit en marge de la problématique étudiée. Cependant, les connaissances qui semblent importantes, liées à la « vulnérabilité », sont les suivantes :

- **la localisation des éléments exposés ;**
- **l'enjeu de l'élément exposé : quel est l'état de l'élément exposé dans un contexte de risque, c'est à dire, joue-t-il un fort ou un faible enjeu ?**
- **la vulnérabilité de l'élément exposé : état physique, type d'aléa menaçant, puissance prédite de l'aléa et puissance connue de phénomènes anciens ;**
- **les dommages connus.**

Ces connaissances s'inscrivent à la fois dans l'espace (localisation des éléments exposés), le temps (phénomènes anciens, dommages connus) et l'information (autre que spatiale et temporelle : ex. enjeu). La définition de vulnérabilité donnée, et les connaissances indispensables à son appréciation déterminées, peut-on parler de « territoire vulnérable » ? Une ressource territoriale se distingue-t-elle ?

1.2.2.2 « Territoire vulnérable »

La plupart des territoires sont composés d'éléments exposés plus ou moins vulnérables. La vulnérabilité peut s'appliquer aux trois éléments constitutifs du territoire : la société (plus ou moins vulnérable), l'espace (vulnérabilité physique d'aménagements, d'une roche, d'une ressource ou d'une personne) et l'événement (décision politique plus ou moins adaptée à une situation), (Figure 6).

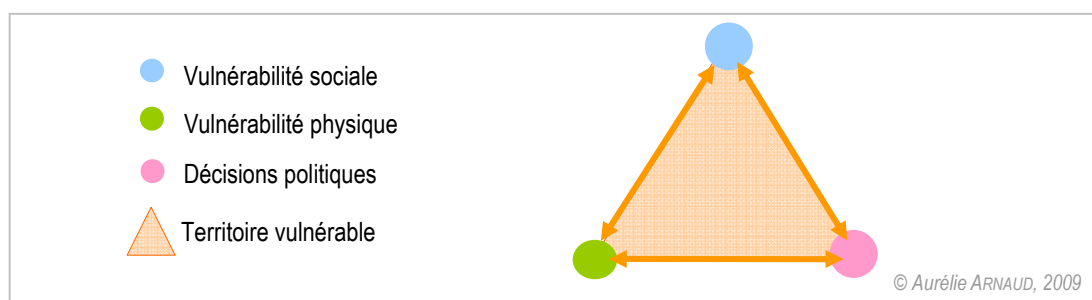


Figure 6 : Territoire vulnérable

Un « territoire vulnérable » signifie alors qu’il existe un territoire dont les limites correspondent à celles d’un territoire préconstruit par les acteurs, où une population a le sentiment d’être affectée par les mêmes menaces qui peuvent être de sources différentes, et où s’appliquent des décisions politiques adaptées pour développer le territoire dans ce contexte particulier. Le territoire dit « vulnérable » doit-il être une qualification temporelle avant de tendre vers un territoire « non vulnérable » ? Le cas d’une réponse positive considère le territoire vulnérable en difficulté, à développement limité, et doit tendre progressivement vers un état de développement plus dynamique, au moyen par exemple de décisions politiques appropriées. Le cas d’une réponse négative implique l’acceptation totale de la vulnérabilité de la part des acteurs mais aussi de la population qui finalement vit avec le risque. Il peut également s’agir d’un territoire non soumis aux aléas (territoire théorique imaginaire).

La qualification de territoire plus ou moins vulnérable peut varier selon le point de vue des différents acteurs territoriaux (élus, scientifiques, habitants, etc.).

Si l’aléa impose des contours au « territoire d’aléa », le « territoire vulnérable » tient ses limites d’un territoire déjà tracé par ses acteurs. Cette notion nous convient peu car elle est restrictive : elle ne considère qu’une seule partie de la définition de risque. L’aspect aléa, et donc l’aspect prévision du risque issu des acteurs scientifiques, semble absent.

Bien qu’elle ne paraisse pas comme une ressource territoriale, la vulnérabilité ouvre une porte vers la réflexion de la considération positive de cette dernière, et pourquoi pas du risque. Nous continuons alors nos recherches vers une définition de « territoire à risque ».

L’exploitation des définitions isolées de territoire, de risque et de ses composantes infirme notre hypothèse : ni le risque, ni l’aléa et ni la vulnérabilité n’apparaissent comme de véritables ressources territoriales. Elles perturbent le territoire qui est un support. Toutefois, ne peut-on pas appréhender les choses autrement ? Notre dernier recours est de chercher du côté d’une littérature qui traite le territoire et le risque simultanément et de réaliser une analyse du point de vue de l’association de ces deux termes.

Section 2. Territoire à risque : le risque comme ressource territoriale.

La première expérience montrait que le risque et le territoire étaient des notions peu conciliables. Le risque est apprécié comme un obstacle au développement des territoires. Pourtant, nous persévérons en cherchant encore une possibilité de ressource territoriale dans le risque en tentant une seconde expérience. Il s'agit maintenant de tester, lorsque « territoire » et « risque » sont associés dans la littérature, le fait qu'un « territoire » peut être considéré autrement qu'un support, et le « risque » autrement qu'une faiblesse. Si on étudie les écrits français et suisses, qui paraissent les plus prolifiques dans ce domaine, le risque a-t-il un autre statut ? Peut-il devenir une ressource territoriale ? Une vérification sur le terrain de la couronne grenobloise permettra de confirmer ou d'infirmer ce postulat.

2.1 Construction théorique d'un territoire à risque

Dans l'étude de la littérature qui prend en compte à la fois le « risque » et le « territoire », les définitions mettent en évidence la possibilité de construire une notion de « territoire à risque », où le territoire n'apparaîtrait plus comme un support et le risque comme son bourreau. Nous nous attarderons principalement sur les travaux de la suisse November (2002 ; 2003 ; 2007 ; 2008) sur le « territoire du risque », et des travaux français tels que les actes du colloque « Risques et Territoires »¹⁹ (2001), l'ouvrage collectif « Question de géographie : les risques »²⁰ (2003) et les travaux de Decrop (1995 ; 1997) et Lievois (2001) sur la « scène du risque », dont les analyses convergeront peut-être vers une considération du risque plus positive (§ 2.1.1). Enfin, nous construirons un territoire à risque théorique (§ 2.1.2).

2.1.1 Associations de « territoire » et de « risque »

Le *territoire* s'immisce dans la littérature des sciences sociales (non géographes) appliquées aux problématiques de risque au début des années 1980 avec des sociologues et des politologues qui évoquent déjà le point commun du risque et du territoire : son inscription dans l'espace²¹. Dans le domaine de la géographie, les études du risque traitent peu du territoire. Souvent elles l'évoquent à travers un point ou une zone. Dans ces définitions de risque, le territoire joue encore un rôle de support mais en privilégiant certains aspects : l'angle de l'aménagement du territoire, des échelles spatiales et des scènes du

¹⁹ Colloque international « Risques et territoires », Atelier 2 : La gestion des risques territorialisés, UMR CNRS 5600, Environnement, Ville, Société, 16-18 mai 2001, ENTPE, Vaulx-en-Velin.

²⁰ Ouvrage collectif coordonné par Vincent Moriniaux, 2003, « Question de géographie : Les risques », Edition du temps, Nantes, 256p.

²¹ « Tout signal d'alerte porte avec lui une redéfinition de territoire et de réseaux liés aux possibilités de délimitation ou d'extension des risques [...] Dans le tracé des alertes se pose des problèmes de définition de territoires, notion qui contient à la fois une dimension anthropologique et une dimension administrative » (Chateauraynaud *et al.*, in November, 2002)

risque. Cependant, ces aspects apportent des regards intéressants sur le risque et nous allons les analyser (§ 2.1.1.1.), puis nous nous attarderons sur les travaux suisses (§ 2.1.1.2) davantage ouverts sur d'autres points de vues concernant le statut du territoire.

2.1.1.1 Littérature française : le risque devient un facteur de développement

Dans les actes du colloque « Risques et Territoires » (2001), les chercheurs se basent sur des définitions de « territoire » simples : « *zone de compétence et d'intervention des acteurs responsables de la gestion du risque* » (Bouisset, 2001), ou « *espace naturel dans lequel s'exerce une action humaine de type administratif* » où le territoire est façonné par « *un bassin versant correspondant à la nappe phréatique* » (Salazar *et al*, 2001). Enfin, Cudennec (2001) identifie « *le bassin versant comme l'unité territoriale déterminant les aléas hydrologiques* ». Les définitions de territoire sont également empruntées, selon le contexte, à des géographes connus tels que Roncayolo et Di Meo (Duchene, 2001). Souvent, le terme de territoire est utilisé sans être défini et l'analyse doit se réaliser selon notre propre définition du terme. Un autre exemple est illustré par Moriniaux (2003) qui présente le risque et le territoire, ou le risque et l'espace, sans réelle distinction entre territoire et espace. Une seule définition de territoire est proposée, empruntée à Le Berre (in Laganier, 2003) : « *portion de la surface terrestre, appropriée par un groupe social pour assurer sa reproduction et la satisfaction de ses besoins vitaux* ».

Ces travaux analysent pourtant le risque dans l'aménagement et le développement du territoire, à travers des problèmes d'échelles spatiales et les scènes du risque, qui font référence au territoire. Nous tentons alors de comprendre le glissement de considération du risque sur un territoire.

L'analyse des travaux relatifs à la relation risque/territoire met en lumière une autre manière de considérer le risque et le territoire : ils sont vus comme « **scène du risque** » (Decrop, 1995 ; 1997). Cet auteur tente de mettre en évidence les relations entre territoire et risque, mais cette fois-ci à travers la notion de « scénarisation du risque ». Decrop *et alii* (1997) considèrent que l'expert tend inévitablement à se « territorialiser » puisque le risque se déclare concrètement sur un territoire où la modélisation scientifique ne suffit pas à cause de sa part d'imprévision. La « démarche de scénarisation » émane alors d'un milieu où l'aléa s'actualise avec la réalisation d'un phénomène et où l'expert tente d'expliquer les faits de manière objective. Cette représentation est reprise par Liévois (2001) qui décrit la composition d'une scène de risque :

- l'espace scénique : il s'agit du lieu étudié ;
- le décor : géologie, topographie, météorologie, types d'enjeux ;
- les unités de temps : liées au décor et aux acteurs ;
- la distribution des rôles : les habitants, et le régalién (maire connu des habitants et préfet anonyme, les experts). L'hypothèse est que chaque acteur cherche à être reconnu du public et cherche à laisser un souvenir marquant. Liévois (2001) remarque que « *sans argent*

il n'y a pas de politique de prévention ; le succès passe donc aussi par la qualité de la mise en scène » ;

- les spectateurs ;

- le metteur en scène : son souci pour le spectacle de la prévention du risque est de donner du mouvement et un sens aux jeux scéniques, dans le but qu'il débouche finalement sur un progrès voire sur une solution, pour la plus grande satisfaction des spectateurs.

L'analyse des scènes de risque de Decrop et Lievois montre qu'une scène est finalement une forme de territoire du risque dont les limites seraient trop floues pour le considérer comme tel, étant dû à un jeu d'acteurs exogènes et endogènes très large.

L'alliance de territoire et de risque accorde encore une vision négative au risque, considérant que ce dernier pose problème vis-à-vis du développement du territoire.

Concernant l'emboîtement des **échelles de risque et des échelle territoriales**, les **échelles** géographiques sont transparentes à l'empreinte du risque dans le territoire et pourtant le risque façonne celui-ci (November, 2002). D'ailleurs, lorsque le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (1998) décrit les modalités de répartition des types d'aléas (industriels, naturels, etc.) dans l'espace (risque réseau, risque territorialisé et risque diffus), il montre que cette répartition du risque est inégale : certains aléas sont spécifiques à des territoires, ou certains territoires contiennent plusieurs catégories d'aléas. Ce constat met en évidence l'inadaptation de certaines échelles territoriales à la gestion de certains aléas : l'échelle communale est particulièrement inadaptée à la gestion des feux de forêts qui se propagent sur plusieurs communes. Un dispositif supra-communal est souvent indispensable. Cependant, malgré les défaillances au niveau technique, l'échelle communale est indispensable pour la concertation et la coordination dans le cadre d'une action plus globale (Bouisset, 2001).

Propek-Zimmerman (2003) ajoute un aspect temporel à cette réflexion. L'appréhension de l'« *inscription des risques* » dans l'espace est difficile car les zones de danger possèdent des formes mouvantes (au sens emprise spatiale) selon les éléments en jeu (ex. urbanisation, conditions météorologiques). Par exemple, la politique publique concernant le risque hydrologique s'inscrit sur des « *portions de la surface terrestre* » aux caractéristiques physiques variables. Chaque acteur se l'approprie à sa manière, selon ses représentations et ses intérêts (Laganier, 2003).

La réflexion va au-delà car selon Roussel (2001), il faut articuler les échelles globales et locales. L'articulation multi-échelle permet leur action simultanée (Zuindeau, 2001). Cette approche constitue une piste pour la gestion du risque qui se calque sur les recherches en « *gestion territoriale* ».

Du point de vue des échelles, risque et territoire sont considérés comme des objets qui se superposent, dont le cumul engendre des problèmes.

Le territoire fait constamment l'objet de décisions ou de mesures de gestion par la collectivité en fonction du risque (zone industrielle, zone d'habitat, etc.). Les projets

d'aménagement et de développement du territoire tiennent compte du risque afin de garantir la sécurité des populations.

La prise en compte du risque dans l'aménagement se réalise depuis longtemps, prenant en compte l'échelle « écologique » (ex. un bassin versant) et non administrative comme auparavant (Laganier *et al*, 2003 ; Liebault, 2001²² ; Beaurain, 2004). Cependant, l'urbanisation grandissante des années 80 a mis en péril une mémoire du risque précieuse, menant à des catastrophes. Par exemple, à Vaison-la-Romaine (30), le 22 septembre 1992, une crue torrentielle endommagea 320 maisons et commerces, dont de nombreux situés dans le lit du cours d'eau de l'Ouvèze ont été balayés. Cet événement catastrophique a fait plus de 30 morts alors que le pont romain a résisté.

D'autre part, dans certaines réflexions aménagistes, les acteurs se servent du risque comme un aspect original pour aménager le territoire. Les moyens d'urbaniser des zones inondables se basent alors sur l'association de la présence de l'eau, la richesse des écosystèmes aquatiques, et la qualité des paysages liés à l'eau (Degardin, 2001). Le risque deviendrait un facteur de développement.

Une nouvelle forme de prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire apparaît également à travers des actions de prévention telles que la construction d'une « culture du risque » qui comprend par exemple l'élaboration d'un Plan de Secours Spécialisé (PSS), une campagne d'information (ex. TV, Internet, affiches) et la simulation de crises (Léone, 2001).

On assiste alors à un changement dans l'application des politiques d'aménagement, autrefois centrées sur la protection des individus grâce à des investissements structurels lourds (ex. digues), à une politique de prévention du risque intégrant une responsabilisation des individus beaucoup plus respectueuse de l'environnement et d'un moindre coût. Cependant, le risque apparaît toujours dans les politiques d'aménagement, comme une pièce du puzzle « territoire » et non comme une composante jumelée au terme, qui s'immisce dans toutes ses composantes (spatiale, sociale, événementielle). Or, peut-être qu'un territoire comporte un risque et doit s'aménager et se développer grâce à ce dernier et non à cause de ce dernier.

Le risque est parfois appréhendé de manière positive par les acteurs, comme un facteur d'aménagement et de développement du territoire. Cependant, le risque reste considéré comme un élément d'un territoire support. Ce sont dans les travaux suisses que nous poursuivons nos recherches sur une autre appréhension du territoire.

²² « La mise en perspective entre la politique séculaire de correction torrentielle et la démarche actuelle de restauration de la recharge sédimentaire montre combien la prise en compte des versants est intégrée dans la gestion du risque naturel en plaine alluviale depuis plus d'un siècle » (Liebault, 2001).

2.1.1.2 Littérature suisse : le territoire vu autrement qu'un support

Pour construire la notion de « **territoire du risque** », November (2002) étudie différemment « Territoire » et « Risque ». Elle met l'accent sur la « *relation complexe que le risque entretient avec le territoire* », en analysant l'empreinte du risque dans le territoire.

Cet auteur part du constat que les géographes, dont l'objet d'étude est le risque, mettent en relation le risque avec l'action humaine et non avec le territoire, en s'attachant en particulier à sa numérisation. La dimension spatiale du risque apparaît à travers des zones qui diffèrent selon les visions du territoire des acteurs locaux et nationaux. La difficulté de ce rapprochement serait issue de trois problèmes : le risque touche à la fois le monde physique et humain (qui ne posait pas de problème pour les « anciens géographes ») ; le risque est associé à la catastrophe, sa seule empreinte sur le territoire (la catastrophe permet de spatialiser et mesurer le risque de manière empirique) ; le risque qui évolue dans le temps et dans l'espace est étudié de manière fragmentée.

Toutefois, les études géographiques du risque véhiculent deux visions du territoire : l'une fonctionnelle qui considère la ville comme un danger physique et moral, l'autre systémique qui considère la ville comme un système complexe, composé d'un ensemble de sous-systèmes, eux aussi complexes, dont l'équilibre instable est obtenu au prix d'une infinité de régulations. L'analyse fonctionnelle permet d'identifier des territoires du risque en terme de zones, mais passe à côté des réseaux, tandis que l'analyse systémique du risque permet d'explicitier les réseaux du risque mais reste a-spatiale. Cette vision apparaît réductrice (November, 2002).

L'auteur s'attache alors à la composition d'un territoire en mettant en avant les réseaux, considérant que le territoire est créateur de réseaux par l'intermédiaire du jeu des acteurs (d'après les écrits de Lévy, Di Méo et Raffestin, in November, 2002). Afin de le démontrer, le chercheur s'aperçoit d'une part, que le risque est indélébile sur un territoire et qu'il l'« imprègne » sur le long terme, et d'autre part, que le risque comporte plusieurs manières de se propager (concentrée ou diffuse, et par des réseaux) dessus. November s'appuie sur une enquête réalisée auprès d'acteurs du risque (tels que des sapeurs-pompiers et des membres des services de sécurité), qui montre que le risque se disperse dans le territoire à travers des réseaux. Le risque met en forme et façonne les morphologies des territoires. Nous assistons alors à un aller-retour entre façonnage du risque et façonnage du territoire. Le risque a donc une influence sur la dynamique territoriale et vice-versa. Le raisonnement de l'auteur se poursuit en tentant d'assembler les éléments humains et non-humains qui constituent le risque d'une part, et le territoire d'autre part à travers diverses théories (dont la théorie des acteurs-réseaux de Latour et Callon - in November, 2002 - qui étudie les phénomènes hétérogènes humains et non humains). A travers son analyse, November met en évidence un territoire capable de jouer un rôle dans l'action de « *composition / recomposition du collectif* » où le territoire n'est plus considéré comme un support de l'action du risque. L'interaction entre le risque et le territoire est acceptée, et le territoire est considéré comme un acteur.

Le chercheur confirme ainsi notre premier postulat : le territoire n'est pas seulement un simple support de risque. En effet, à l'issue de ce raisonnement, November constate un « *espace visible* » : le *territoire-support*, sur lequel le risque est rendu visible, formalisé en

zones, délimité et géré. Il existe également un « *espace abstrait* » du risque, lié à son appréhension affective, sensitive et anthropologique, où quatre cas de figures se présentent ; la « transgression », la « fuite », la « captivité », l'« expulsion ».

L'auteur montre également que la notion de territoire peut s'accorder avec celle de risque puisque le risque concerne, comme le territoire, plusieurs échelles géographiques et sociales, et peut s'appropriier par des acteurs. Cette conception s'ouvre à la compréhension des « *logiques spatiales, sociales et même naturelles* » du risque (November, 2002). Comme le risque, la production territoriale s'effectue pour se protéger des modifications aléatoires de l'environnement (Raffestin, in November, 2002).

Le risque agit sur le territoire tout comme le territoire est capable de modifier un risque. Le territoire n'est plus un support de l'action humaine, il est bien plus, puisqu'il existe une interaction entre les deux objets. C'est la connexité²³ entre ces derniers qui est la plus pertinente à prendre en compte (November *et alii*, 2008). Cependant, le risque fait alors partie du projet territorial mais il est toujours considéré comme un objet dont l'acteur se méfie, car il le considère comme néfaste au développement du territoire, territoire du risque (November, 2002). Toutefois, cette considération est en train de changer : une étude empirique des événements d'inondations sur le village de Lully (canton de Genève en Suisse romande) montre **que le risque peut co-habiter avec les riverains** (November *et alii*, 2008).

Le rapprochement des notions de risque et de territoire révèle d'une part que le territoire est considéré comme un support du risque dans les politiques de risque françaises, mais que le risque commence à être considéré comme un moteur de développement et d'aménagement territorial. La littérature suisse, quant à elle, dévoile un nouveau regard sur le territoire où il est capable d'apporter au risque tout comme le risque d'apporter au territoire. Ce dernier est considéré comme un acteur. Ne peut-on pas définir une notion qui associe le territoire et le risque et qui remplisse ces deux visions ?

2.1.2 *Pertinence d'une notion théorique de « territoire à risque »*

La méthode qui va nous aider à construire la notion de « territoire à risque » consiste à mettre en évidence les points communs des notions de « territoire » et de « risque » en juxtaposant leur schématisation (Figure 2 et Figure 4). Leurs composantes théoriques [société - espace physique - événements] laissent-elles transparaître une possibilité d'union ?

L'expérience qui suit superpose le triptyque du « risque » sur celui du « territoire », puis analyse l'assemblage pour construire une notion de « territoire à risque ». L'interrogation des termes employés dans l'expression « territoire à risque », la description de ses éléments principaux, un questionnement sur ses contours et enfin un questionnement sur son statut d'objet géographique, constituent quatre étapes qui doivent mener à la pertinence de la notion.

²³ Les auteurs définissent connexité comme un concept qui rend compte de la multiplicité des relations qui relient des lieux, des points et des réseaux entre eux.

2.1.2.1 Une vision intégrée du risque au territoire : le risque, une ressource territoriale

Comme défini précédemment, le territoire est **composé** d'une société, d'un espace physique et d'événements d'origines naturelle et anthropique. Des projets façonnent, construisent et font vivre ce territoire. Le risque est conventionnellement composé d'un aléa (dont la source est l'espace physique producteur de phénomènes naturels) et de vulnérabilités, objet auquel nous ajoutons la dimension temporelle à travers la réalisation d'événements passés ou latents, qui peuvent être naturels (phénomènes naturels) ou anthropiques (application de politiques, réalisation de projets de protection, explosion d'une usine). Le triptyque du territoire peut alors se superposer au triptyque de la notion de risque (Figure 7a).

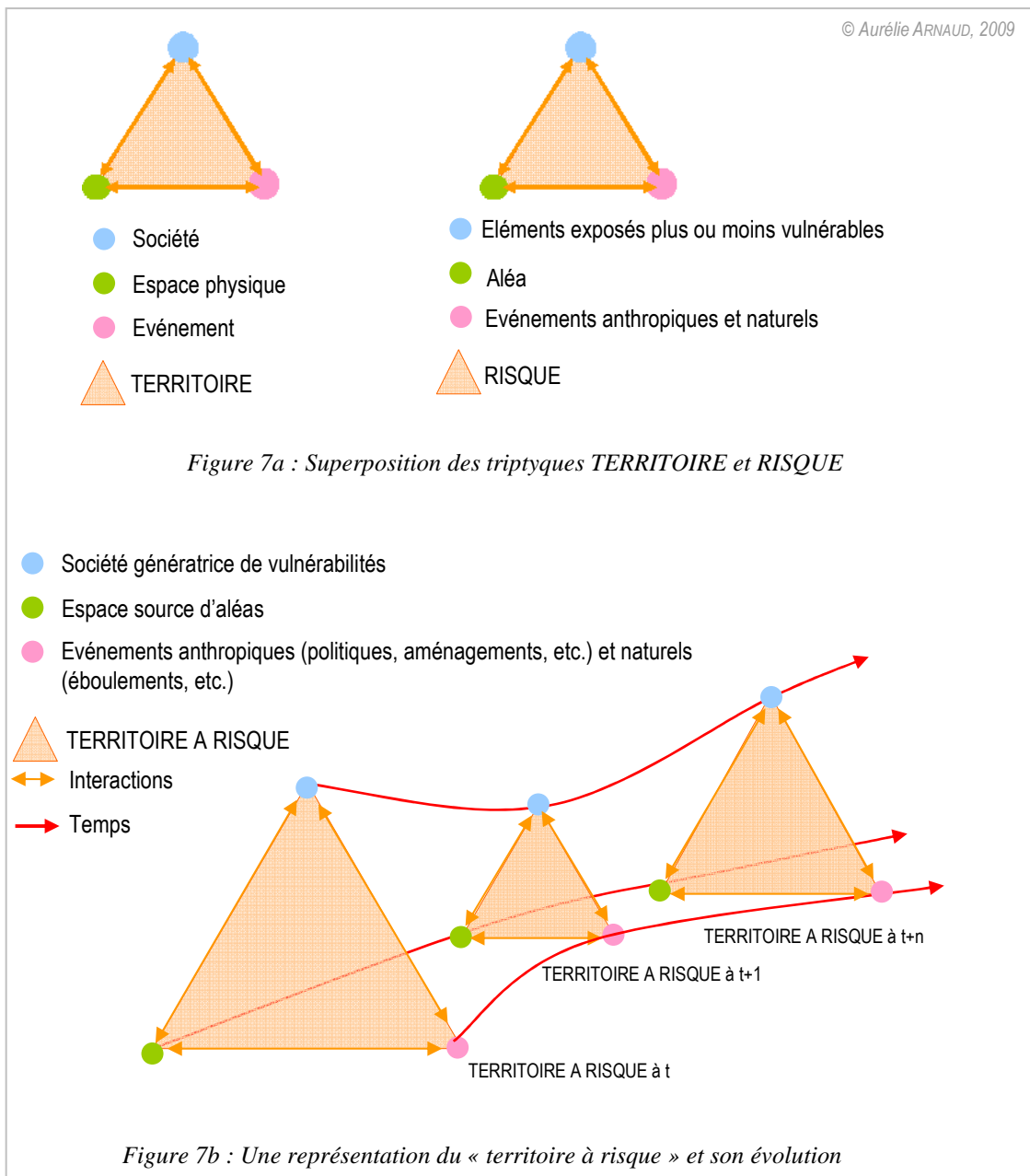


Figure 7 : Une représentation du « territoire à risque »

Un territoire est alors plus qu'un support de risque (inerte et sans influence), il est composé de risque, le risque étant un élément à part entière et non une pièce du territoire parmi d'autres ou rapportée, exogène à ce dernier (Figure 7b). Ce n'est pas le risque sur un territoire (territoire support de risque) que nous étudions mais le territoire qui met en valeur le risque.

La représentation du « territoire à risque » inclut les interactions entre la société génératrice de vulnérabilité, l'espace source d'aléas²⁴ et producteur de phénomènes, et les événements naturels et anthropiques. En effet, la présence d'aléas agit sur la société qui cherche à s'en protéger. Par exemple un événement catastrophique valide la vulnérabilité de la société selon les dommages causés. Cette dernière, grâce à l'analyse des retours d'expériences, tente alors de trouver les erreurs d'organisation et d'améliorer sa résilience au moyen d'actions sur le terrain pour éviter la catastrophe, ou à travers des événements anthropiques (campagnes d'information, décisions politiques, etc.). La connaissance de ces événements est donc cruciale pour reconsidérer le risque, le mettre à jour et former une culture qui permet de vivre avec et même de s'en servir pour développer le territoire.

Pourquoi parle-t-on de « territoire à risque » ?

L'expression « territoire à risque » est utilisée par Charre (2003) dans son titre « *Un objet géographique : les territoires à risque. Un indicateur : les probabilités* ». Cependant, aucune justification de cet emploi n'est apportée. L'article porte surtout sur l'indicateur plus que sur le territoire à risque.

Dans notre investigation le « à » insinue que le territoire est regardé en premier et qu'il construit le risque. En effet, le risque est un construit social qui émane des acteurs locaux ancrés dans leur territoire. En conséquence, le territoire est davantage capable de construire le risque grâce à ses acteurs locaux mais aussi extérieurs, par le biais de projets d'aménagements et de développement liés à des protections et prédictions du risque, initiées par l'Etat.

L'inverse, suggéré dans la littérature française, impose un risque regardé en premier car c'est lui qui construit le territoire. En effet, les études d'actions face à celui-ci sont guidées par la menace d'un aléa sur ce territoire. Cet angle de vue a ses limites : un risque peut-il réellement construire un territoire à part entière ? Nous avons vu d'ailleurs qu'il pouvait s'agir de développement positif pour le territoire. Toutefois, ne serait-ce pas plutôt l'environnement, la société et les événements d'un territoire qui fabriquent le risque ? Ce serait alors l'événement naturel, c'est-à-dire la déclaration réelle du risque, qui influe sur le territoire et non l'inverse. L'expression « territoire du risque » de November (2002) incite quant à elle un regard symétrique où le risque construit le territoire et vice-versa.

Un parallèle des notions peut être fait : le risque comme le territoire émanent d'un construit social. Sans la présence d'acteurs qui les pointent et les valorisent, ils n'existent pas. « Risque » et « territoire » ont des dimensions spatiales et temporelles. Par exemple, « risque » et « territoire » comportent des acteurs spécifiques qui agissent en fonction de

²⁴ L'espace peut aussi être source de vulnérabilités dans le cas de forêts protégées pour leur richesse floristique et faunistique.

l'espace naturel et de l'histoire des événements d'origines anthropique et naturelle. Le « territoire à risque » a une histoire des événements liés aux phénomènes naturels et anthropiques. **L'histoire du territoire qui construit le risque est l'épaisseur temporelle dans laquelle s'accumulent les événements, tels des couches sédimentaires qui témoignent du risque actuel. Sa valorisation doit préparer la population à vivre les futurs événements de telle sorte qu'ils ne deviennent pas des catastrophes.**

Le risque, une ressource territoriale

Est considéré comme « territoire à risque » théorique, tout territoire dont les limites sont définies par le risque, au sein duquel des actions se réalisent soit pour prévoir le risque (prévision), soit pour s'en prémunir (prévention). Ces actions émanent des acteurs locaux. Elles sont le plus souvent intégrées aux plans de développement d'un territoire bien approprié. Le risque est perçu comme une partie intégrante du territoire qui peut lui permettre de se développer, il est donc considéré comme une ressource territoriale.

Cette vision est actuellement peu appliquée par l'Etat français. Pourtant de nombreuses actions locales apportent du crédit à notre postulat, notamment dans l'aménagement des cours d'eau (Monachesi, 2001 ; Laganier, 2001 et 2003) où le risque est considéré comme une ressource territoriale. Actuellement, les actions liées à la prévention du risque sont à la charge des services territoriaux dont la compétence « risque » ne représente qu'une partie peu intégrée aux actions quotidiennes de ces derniers (DDE, Commune, etc.). D'autres actions peuvent être expérimentales et financées par divers partenaires, privés et publics (ex. les actions du Cemagref).

Le territoire à risque est donc un territoire qui considère le risque comme une ressource territoriale. Telle que nous l'avons définie p.36, la ressource territoriale dépend de la volonté des acteurs. L'appropriation du risque par les acteurs sur un territoire ne pourrait-elle pas influencer le devenir du dit territoire ? D'ailleurs, les conséquences d'un événement catastrophique n'incitent-elles pas au développement d'actions préventives ? Ces hypothèses sont originales car nous avons noté que le risque est davantage considéré comme une source de désaménité²⁵ (endommagement d'usines, perte de biens, etc.), que d'aménité (attirance d'un public spécifique, source de fonctionnement des entreprises en bâtiment, etc.). Les territoires qui considèrent le risque, non plus comme une contrainte qui entrave le développement d'un territoire exposé (ex. zones non constructibles), mais comme une ressource territoriale, sont peu courants. Toutefois, quelques cas de valorisation de zones dans le développement de territoire seront présentés plus tard. Un cas mérite d'être présenté pour illustrer ce propos. Dans cet exemple, les acteurs tentent de transformer les contraintes de la gestion du risque d'inondation en atout pour l'aménagement urbain²⁶ (Dégardin *et al*, 2001). Pour réussir cet objectif, la qualité et les composantes des zones inondables dans les

²⁵ « La catastrophe naturelle, caractérisée par la perte de biens et de bien-être consécutive à la survenue d'un phénomène naturel destructeur, est généralement considérée comme un mal public ou contre-ressource naturelle de nature publique » (Longuépée, 2003)

²⁶ « Les différentes formes de valorisation urbaine des zones inondables, des plus naturelles aux plus bâties, s'appuient sur la synergie existant entre la présence même occasionnelle de l'eau, la richesse et la singularité des écosystèmes aquatiques et humides, et la qualité des paysages liés à l'eau » (Dégardin *et al*, 2001)

domaines aquatique, biologique et paysager, sont utilisées. Cette opération est délicate car elle nécessite de surmonter de nombreux obstacles lors de développement de territoires, comme prendre en compte le risque dans les documents d'urbanisme (ex. PLU, SCOT). Le Maire étant responsable de tout dommage provoqué par des phénomènes naturels, il doit être très prudent dans ses décisions d'aménagement. Les utilisations du sol doivent être compatibles avec les contraintes techniques (vitesse de montée des eaux, hauteur d'eau, etc.) et écologiques (ex. faune, flore) du milieu submersible. Or, des aménagements sont indispensables (notamment des axes de communication pour relier un lieu à un autre) et leur position reste inéluctablement en zone d'aléa. Des techniques particulières permettent alors de les maintenir (voie sur berges, goudron adapté à la submersion, etc.). Cependant, ces secteurs exposés peuvent être transformés en atout pour le développement. Les aménageurs s'appuient alors sur les particularités de ces environnements pour les développer de manière durable (Dégardin *et al*, 2001). La sensation de maîtriser le risque dans un but de développement économique et urbain, gourmand en terrains (chose courante dans les années trente) s'estompe alors. Les bassins de rétention d'eau deviennent des éléments structurants de quartiers aménagés (exemple de la Seine Maritime et de l'Essonne). Dégardin *et al* (2001) présentent un certain nombre de formes de valorisation des zones inondables dans le développement urbain qui témoigne d'une forte volonté politique d'intégration du risque au territoire : laisser la place aux eaux de crue (pratiqué par des villes du Haut-Rhin), protéger la ressource en eau potable puisée dans les alluvions (bord du Rhône en amont de Lyon), mettre en valeur les écosystèmes des zones humides (Var), aménager pour les loisirs et le sport (banlieue sud de Paris), déplacer un projet à l'abri d'un risque (Gers, Hérault), gérer la voirie sur berge en gérant leur submersion en les accompagnant de pistes cyclables ou piétonnes (Dordogne, Vosges) et construire et réhabiliter en prévoyant la montée des eaux, sont autant de démarches qui nécessitent une volonté politique forte et constante. Elle nécessite un travail pluridisciplinaire mené par des spécialistes faisant évoluer le projet commun. Les utilisations du sol doivent correspondre aux attentes de la collectivité. Le projet dépasse facilement les limites administratives, s'inscrivant dans un fond de vallée par exemple. A travers la valorisation des zones inondables, ces projets considèrent le risque comme une ressource territoriale et non une désaménité. Cette ressource territoriale est appropriée par les acteurs comme une caractéristique de leur territoire, dans l'optique de projets de développement. Le territoire de ces projets est alors le « territoire à risque ».

Un territoire à risque doit donc comporter des acteurs très variés, des spécialistes et des profanes, des permanents et des contractuels, capables de mener des actions de prévision et de prévention dans une entité territoriale reconnue et socio-politiquement cohérente. Une entité territoriale est reconnue lorsqu'elle est nommée et qu'elle possède une autonomie dans ses prises de décisions et d'actions. Elle est socio-politiquement cohérente lorsqu'en son sein la parole de la société est prise en compte, l'espace physique est respecté, et les décisions se réalisent en écoutant tous les acteurs, aussi divers soient-ils. L'idéal serait de prendre en compte le risque dépendant de l'ensemble des aléas qui menacent un territoire à travers divers angles qui animent notre quotidien (les réseaux routiers, l'agriculture, l'urbanisation, le tourisme, etc.).

Nous définissons **cinq caractéristiques** d'un projet de territoire qui correspondent à une intention de fabriquer un territoire à risque. Ces critères récapitulent notre postulat :

1/ le risque est considéré comme une ressource territoriale ;

2/ le risque et le territoire co-construisent le territoire à risque (§ 2.1.2.2) : le risque n'est pas traité à part, il est intégré à chaque action du quotidien traitée par le territoire (l'habitat, le tourisme, les transports en commun, etc.).

3/ les acteurs qui font partie de l'élaboration des projets sont d'horizons différents ;

4/ la prise de décision est consensuelle et prend en compte la parole de tous les acteurs du territoire ;

5/ le projet contient des actions sur les éléments exposés et leur interaction liées au contexte de risque (prévision / prévention ; gestion de l'alerte/crise ; rétablissement / reconstruction) à l'échelle du « territoire à risque ».

Dans ces conditions, il est possible de parler de « territoire à risque ».

Nous venons de construire une notion de « territoire à risque », mais est-elle pertinente ? Pour le vérifier, il convient de prouver que cette notion est adéquate du point de vue théorique dans la discipline de la géographie et plus particulièrement de l'aménagement et du développement du territoire, en cherchant les contours du territoire à risque (§ 2.1.2.2.) et en vérifiant que le « territoire à risque » est un objet géographique (§ 2.1.2.3.).

2.1.2.2 D'une recherche de contours à une interterritorialité

Le dessin des contours d'un territoire à risque est important pour que les acteurs puissent se le représenter et ainsi, prendre des décisions plus facilement. L'objectif est ici de tracer ces bords.

Néanmoins, un certain nombre de questions se posent sur le choix des pourtours : les limites du territoire doivent-elles suivre des contours géographiques (ex. lignes de crêtes, escarpements rocheux), c'est-à-dire, dans de nombreux cas, tenir compte des limites des aléas (cas de la carte des aléas des PPR) ? Les limites doivent-elles suivre les empreintes des événements historiques (cas de la CLPA : Carte de Localisation Probable des Avalanches) ? Dans le cadre d'aménagements, il est alors présumé que les futurs événements se réaliseront forcément dans ces limites. Les limites d'un territoire à risque ne peuvent pas se restreindre aux contours des aléas et des phénomènes, il faut prendre également en compte les éléments exposés. Le territoire doit-il se limiter aux éléments exposés, susceptibles d'être affectés par un aléa ou aux éléments exposés et aux aléas ? La figure ci-dessous apporte quelques éléments de réponse (Figure 8).

Dans l'unité territoriale choisie, le risque n'est pas le centre de la territorialisation, puisque cette unité prend également en compte le développement socio-économique et

environnemental (autre que lié au risque), mais il y contribue. Il s'agit d'une co-construction du territoire dont le risque est un élément parmi d'autres mais moteur de cette construction.

Les limites doivent-elles, tout simplement, être définies ? Ne peuvent-elles pas être mouvantes, au gré des projets (ex. projet Isère Amont du SYMBHI²⁷ dont les limites correspondent à 29 communes de la vallée du Grésivaudan, réparties de part et d'autre de la rivière Isère) ?

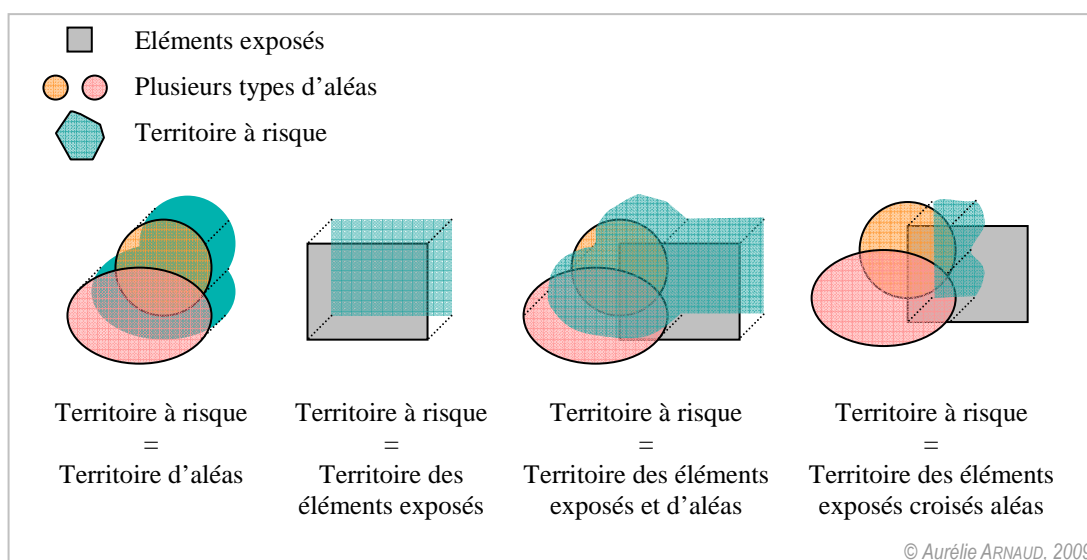


Figure 8 : Quelles limites pour un territoire à risque ?

Quand le risque construit le territoire : question d'interterritorialité...

L'hypothèse suivante tente de vérifier qu'un risque peut construire un territoire à part entière. Les limites de ce territoire à risque se superposent alors aux limites d'autres territoires. Par exemple, dans le cas d'avalanches, le territoire à risque pourrait s'étendre sur plusieurs pays (le risque d'avalanches du Val d'Aoste, en France et en Italie, fait d'ailleurs l'objet de recherches financées par un programme INTERREG²⁸), ou dans le cas des incendies, sur plusieurs départements, voire plusieurs régions.

Le risque constitue dans ce cas-ci la préoccupation majeure des populations qui cherchent à tout prix à se protéger du même danger. Des actions communes sont menées (ex. tentatives de gestion par massif forestier décrite ci-dessus). Toutefois ces populations possèdent une perception, une représentation, des réflexes de protection, des fonctionnements politiques et administratifs différents. Il ne s'agit donc pas ici de territorialisation, car la seule spécificité de gestion du risque en commun ne peut pas fédérer

²⁷ Le projet SYMBHI (Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère) est un projet d'aménagement de l'Isère contre les inondations décrit dans le troisième chapitre.

un territoire digne de ce nom ; il s'agirait alors d'interterritorialité. En effet, le territoire à risque paraît se fondre dans un interterritoire au sens de la définition de Vanier (2005)²⁹ :

- si ce territoire est constitué de plusieurs entités (des communes) qui gèrent en commun le contexte de risque sans se préoccuper des périmètres existants ;

- si le territoire gère des dynamiques entre la société, l'espace physique et les événements même si ces composantes prennent leur source dans un autre territoire ;

- si le territoire implique tous les acteurs du territoire dans la gestion d'événements transversaux et organise l'action sur l'espace physique qui se complexifie de plus en plus ;

Ce territoire ne peut se réaliser qu'à partir de dispositifs intégrant cette complexité et acceptant d'être compris dans un tout, d'être un élément parmi d'autres dans la complexité des territoires. Cette rapide tentative d'application illustre parfaitement le cas d'une gestion des territoires à risque qui se présente comme interterritoriale, où **le risque construit non pas un territoire mais un interterritoire dont l'échelle pourrait-être environnementale.**

Le dessin des contours du « territoire à risque » n'est pas exact, c'est-à-dire qu'il n'est pas issu de critères finis qui s'appliqueraient à tous les « territoires à risque ». Le dessin de ces limites suit les projets de territoire qui utilisent le risque comme un co-constructeur de ce dernier.

2.1.2.3 Territoire à risque : un objet géographique

L'analyse qui suit s'appuie sur l'article de Maby (2003) afin de démontrer qu'un territoire à risque, tel que nous l'avons défini, peut être considéré comme un objet géographique.

Maby (2003) estime que pour être géographique, l'objet doit être spatial, construit et systémique. Il doit également être issu d'une représentation mentale (Gumuchian, 2004)³⁰.

Le territoire à risque est spatial : même si le dessin des contours du territoire à risque n'est pas exact, il peut se représenter sur une carte en fonction des projets de territoires, ces derniers s'appliquant sur un espace défini. Le territoire à risque peut alors se positionner dans l'espace par des coordonnées de repère cartésien, à une certaine échelle. Le territoire à risque est situé, on peut le repérer de manière qualitative par rapport à d'autres territoires à

²⁸ Programme européen d'initiative communautaire dont l'objet est de favoriser la coopération transeuropéenne afin de développer un territoire européen financé par le Fonds européen de développement.

²⁹ L'interterritorialité dessine un « ensemble limité de liens et d'interfaces, proches ou lointaines. Pluralité, mouvement et connexion ouvrent des horizons, mais les êtres territoriaux – sociaux ou politiques – que nous sommes, exercent un choix restreint parmi eux ». « Assumer en commun des services et des équipements dont les aires d'influence se jouent des périmètres, gérer sur un territoire une dynamique socio-spatiale qui prend sa source dans un autre, affronter ensemble un phénomène traversant, organiser l'action d'un espace qui se complexifie, par un dispositif qui ne veut connaître que la simplicité et l'exclusivité du rapport pouvoir-territoire, reste un exercice aléatoire » (Vanier, 2005).

³⁰ Référence informelle

risque qui le chevauchent ou le joutent. Le discours géographique réside alors dans la mise en valeur du risque sur le territoire et non dans le regard du risque à travers les conséquences socio-économiques et environnementales. La spatialité du territoire à risque donne à cet objet, encore supposé géographique, matérialité (il est là) et relativité (étant là il entretient des relations avec les autres objets) (Maby, 2003).

Le territoire à risque est construit s'il résulte d'une « *partition raisonnée du monde* » (Maby, 2003), c'est-à-dire que sa division géographique est issue d'une « *activité intellectuelle de l'observateur* », donc des références scientifiques, des idéologies, des méthodes et compétences des chercheurs qui travaillent sur cet objet, comme c'est le cas. Le territoire à risque se crée dans le cadre d'une recherche scientifique qui pose un questionnement sur un espace donné. En effet, il est un objet défini en fonction d'une problématique : la valorisation de l'information sur les événements qui se produisent sur cet objet pour implicitement activer la ressource territoriale du risque et aider au développement socio-économique et environnemental du territoire. Les contours du territoire à risque sont fixés par un mode de cognition qui correspond à notre démarche scientifique. Cette dernière définit cet objet selon la thématique de l'information sur les événements issus de risque, grâce aux sources variées, notamment des historiens et des géologues, grâce à des méthodes empruntées à la recherche géographique, en utilisant les outils d'analyse d'enquête, des SI (Système d'Information), des recherches bibliographiques et des recherches sur le Web. Nous pourrions, à ce stade, développer l'être géographique d'un territoire à risque, c'est-à-dire une description, voire une typologie en fonction de l'étude approfondie des aspects socio-économiques et environnementaux des territoires à risque. Si ceci contribue à valider le territoire à risque comme un objet géographique, ce n'est pas la priorité de nos recherches.

Le territoire à risque est systémique et complexe pour plusieurs raisons. Les relations entre les éléments qui composent ce dernier (l'espace physique source d'aléas, la société génératrice de vulnérabilités et les événements naturels et anthropiques) sont plus ou moins fortes mais existantes. Si l'une d'entre elles s'efface, le territoire à risque n'a plus lieu d'exister. De même que lorsqu'un élément est modifié, c'est le territoire à risque entier qui est mis à jour. Le territoire à risque est également en interaction avec son environnement, c'est-à-dire avec les autres territoires (ex. administratifs). La finalité du territoire à risque est d'intégrer le risque au territoire en considérant le risque comme une ressource territoriale. Le territoire à risque est alors complexe en intégrant des logiques différentes (l'espace physique, la société et les événements) et des processus de cause à effet (notamment lors de la déclaration réelle d'un risque : un événement et ses conséquences sur la société). La complexité du territoire à risque provient également du fait que ce système a la possibilité d'agir de manières très différentes (*via* les politiques de risque), (Figure 9, p.77).

Le territoire à risque est représenté parce qu'il est construit, mais il est aussi un construit social. En effet, il est construit à partir d'images propres à des groupes d'individus (les élus, les scientifiques, les habitants, etc.). Ces images font que ces groupes ont une représentation spatiale spécifique pour chacun d'eux, les représentations sont donc

différentes selon les points de vue. Un des caractères de la représentation d'un objet par des individus est son mode opératoire propre à chaque groupe, c'est-à-dire que chaque groupe va mener des actions particulières (les scientifiques recherchent des probabilités d'occurrences, les élus tentent de protéger leurs habitants en prenant les bonnes décisions, etc.).

Le « territoire à risque » peut donc être considéré comme un objet géographique.

La notion de « territoire à risque » paraît désormais pertinente puisque le territoire à risque contribue au développement territorial à travers la mise en valeur du risque, il possède des limites qui se dessinent au gré des projets, et il constitue bel et bien un objet géographique. La principale raison d'exister d'un territoire à risque est de co-construire une possibilité de vivre avec le risque et surtout de vivre avec ses manifestations dans le monde réel : les événements.

Cette partie théorique doit maintenant être confrontée à la réalité pour confirmer ou infirmer qu'il existe des territoires à risque qui considèrent que le risque est une ressource territoriale, que le territoire construit le risque avec d'autres éléments (habitat, tourisme, etc.), et que le risque construit un interterritoire. Existe-t-il des entités reconnues qui prennent en compte les 5 critères d'un territoire à risque défini ?

2.2 Vérification appliquée à la couronne grenobloise

Existe-t-il des territoires réels qui considèrent le risque comme une ressource territoriale où le risque co-construit le territoire ? Autrement dit, existe-t-il des cas de territoires à risque tangibles répondant aux critères déterminés ? Un autre questionnement apparaît. Lorsque les acteurs repèrent la ressource, comment l'activent-ils ?

La couronne grenobloise (cf. Carte 1 de l'introduction générale) est un terrain de recherche sur les territoires à risque privilégié de part sa topographie avantageuse. Une vallée en Y entourée de trois massifs montagneux s'étend du sud du pays voironnais au sud de l'agglomération grenobloise et centre Grésivaudan. Les massifs du Vercors, de la Chartreuse et de Belledonne sont inclus dans le terrain d'étude. Cette position relative aux montagnes et aux cours d'eau qui la traversent, caractérise la ville de Grenoble et son agglomération de « cuvette grenobloise ». Cette matérialité et cette relativité impliquent différents éléments qui concourent à l'existence d'aléas. Ceux-ci dépendent de l'espace physique où la présence de montagnes indique que cet espace est soumis aux aléas liés à la gravitation (éboulements, avalanches, glissements de terrain et crues torrentielles). La présence des rivières Drac et Isère indique l'existence de l'aléa crue de plaine. Il est aujourd'hui possible de lire dans le paysage de la couronne grenobloise les phénomènes de grande ampleur grâce à leurs empreintes encore visibles : ex. les anciens méandres de l'Isère (qui sont des traces d'anciennes inondations), le Mont Granier (trace d'un éboulement historique -1248). Ces aléas se révèlent encore régulièrement à travers des phénomènes à conséquences plus ou moins catastrophiques (crues torrentielles des torrents de Belledonne du 22 août 2005). Les exemples d'événements dérivés de ces aléas et des éléments exposés ne manquent pas, nous en étudierons quelques-uns par la suite. En plus de cette diversité de

types d'aléa, la complexité s'accroît avec le fait que le risque est géré à des échelles superposées et de plusieurs nature (échelles administratives et environnementales), et que différents acteurs (qui ont des priorités distinctes) interagissent entre eux, dans le but commun de développer et d'aménager leur territoire. L'objectif est ici de déceler une ou plusieurs échelles de territoires à risque dans la couronne :

- en étudiant les échelles territoriales instaurées et les territoires de projet ;
- en explorant les acteurs et leurs interactions afin de détecter comment la ressource territoriale de risque est activée.

Les matériaux mobilisés pour réaliser cette étude sont des documents d'urbanisme, documents officiels, des entretiens, des observations de comportement, des articles de presse, des articles scientifiques et la consultation de sites Internet. Ils sont cités tout au long de cette étude et récapitulés en Annexe 5.

L'étude des échelles qui composent la couronne grenobloise et l'observation des jeux d'acteurs vont maintenant permettre de mettre en évidence des territoires à risque et des moyens d'activation de sa ressource.

2.2.1 Les territoires à risque de la couronne grenobloise

L'analyse des échelles (§ 2.2.1.1.) et de leur imbrication (§ 2.2.1.2.) va nous permettre de détecter dans un premier temps les dysfonctionnements au niveau du développement des territoires face au risque puis d'en repérer les territoires les plus ressemblants à un territoire à risque.

2.2.1.1 Analyse des échelles spatiales

D'une manière générale et légalement, la compétence risque est partagée entre l'Etat et les communes. Toutefois, nous avons observé plus haut l'enchevêtrement de nombreuses échelles de risque ; ces dernières, mêlées aux échelles territoriales et aux échelles de projets, complexifient encore leur gestion.

Les échelles qui se superposent sur la couronne grenobloise sont les échelles territoriales définies par l'Etat et les acteurs locaux (pour l'intercommunalité) : nationale, régionale, départementale, intercommunale et communale ; et les échelles nées de projets de territoire dont les limites suivent davantage celles dictées par l'environnement et les acteurs locaux : Parc Naturel Régional – Parc National – Syndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère - Syndicat mixte pour l'élaboration et le suivi du schéma directeur de la région grenobloise. Cette expérience a pour objectif de chercher, parmi ces échelles, celle qui conviendrait le mieux pour gérer le risque de manière intégrée au territoire.

L'échelle nationale agit dans un contexte de risque, sur la couronne grenobloise, sur plusieurs niveaux : la réglementation (l'application de lois), la recherche, l'ingénierie (aménagement d'ouvrages de protection), et l'expertise (élaboration de Plans de Prévention des Risques : PPR).

Le Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durable comprend un volet « Risques Naturels » qui se traduit par plusieurs actions. Il publie des rapports d'experts³¹, des dossiers, des plaquettes et des fiches d'information³², etc. sur des sujets généraux liés au risque naturel. Il finance également des recherches qui favorisent des applications locales (Appels à Projets de Recherche « Risque – Décision – Territoire »). Mais avant tout, il propose au Parlement des lois (cf. encadré ci-dessous) et les fait appliquer à travers des décrets d'application. Par exemple, la loi Barnier (votée le 2 février 1995) impose l'expropriation de populations et activités sur des espaces jugés trop à risque par les experts. Cette loi a été appliquée pour la première fois sur la commune de Saint-Barthélemy-de-Séchilienne (38), en 1997. La plus récente, la loi Bachelot (2003), oblige les vendeurs ou bailleurs, à informer les acquéreurs ou les locataires de l'état du risque et des événements passés ayant causés des sinistres sur la zone ou sur le bien immobilier.

Le financement des centres de recherche tels que le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) permet par exemple de réaliser des études géologiques et de les mettre à disposition du public sous forme de bases de données et de cartes d'aléas sur la sismicité³³, sur les mouvements de terrain et sur les cavités souterraines de la couronne. Météo France est un autre exemple de centre national qui travaille sur la prévision des phénomènes atmosphériques locaux. Ce sont ces centres qui lancent l'alerte.

L'échelle nationale agit localement sur la couronne au moyen des « services publics de l'environnement » tels que le service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM). Le RTM dépend de l'Office National des Forêts (ONF). Il est présent dans toutes les zones de montagne (massifs alpins et pyrénéens). Il a pour mission d'atténuer les phénomènes naturels en créant des aménagements de protection tels que des paravalanches, des canalisations d'avalanches (Photographie 2), des ralentisseurs de courants dans les cours d'eau, etc.. Ces travaux sont souvent associés à des recherches et expérimentations du Cemagref de Grenoble³⁴.

L'Etat finance la reconstruction suite à des sinistres. Les fonds sont attribués aux communes qui sont déclarées « état de catastrophe naturelle ».

³¹ Exemple : http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_Sechilienne.pdf,
<http://www.ecologie.gouv.fr/Changements-climatiques-et-risques,8828.html>

³² Exemple : http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Inondation_v4_72dpi.pdf
http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/grippe_aviaire_oiseaux_sauvages.pdf

³³ <http://www.sisfrance.net/>

³⁴ CEMAGREF : Référence en sciences pour l'ingénierie de la gestion durable des eaux et des territoires. Ses recherches sont orientées vers la production de connaissances et d'innovations techniques utilisées par les gestionnaires, les décideurs et les entreprises pour répondre à des questions concrètes de société dans les domaines de la gestion des ressources, de l'aménagement et de l'utilisation de l'espace. Le CEMAGREF de Grenoble a pour terrain d'application les zones de montagne.

L'échelle nationale agit également au niveau de l'information du public (ex. le site Internet : <http://www.prim.net/>).

Le PPR est un document réglementaire dont l'Etat est responsable. Ce sont les experts nationaux qui l'élaborent. Le PPR se réalise pour chaque commune. Il comprend une carte des zones d'aléas, une carte des enjeux et une carte réglementaire des zones à risque faible constructibles sans conditions (en blanc), des zones à risque moyen constructibles sous conditions (en bleue), et des zones à risque fort inconstructibles (en rouge). Il délimite donc les zones exposées et réglemente l'aménagement et l'utilisation des installations. Il définit également les mesures générales de prévention. Plus de 50% des communes de la couronne grenobloise ont un PPR³⁵. Cela paraît peu compte tenu de l'activité événementielle.



Photographie 2 : Canalisation d'avalanches, Besse en Oisan (38)

L'échelle nationale agit donc sur la prévision (recherches sur le risque, lancement d'alerte) et la prévention du risque (financier de projets d'aménagements de grande ampleur

³⁵ Estimation faite à partir de la carte et des tableaux de l'IRMA (http://www.irma-grenoble.com/04risques_isere/02atlas_cartes.php?id_carte=2) qui datent de 2005.

qu'il s'agisse d'aménagements de protection ou liés au rétablissement et à la reconstruction) dans la couronne, mais aussi dans tous les contextes de risque en finançant des organismes.

La seule influence de **l'échelle régionale** sur la couronne est au niveau de la recherche, lorsqu'elle finance des projets tels que le projet SIHREN présenté dans l'introduction générale et qui a permis de faire aboutir cette thèse. Les financements sont toujours complémentaires à d'autres financements.

A **l'échelle départementale**, la couronne grenobloise reçoit des actions dans les domaines de l'ingénierie et de la recherche appliquée aux réseaux, de la pratique *in situ* et de la récolte d'informations.

La mission de la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) est de créer et d'entretenir les systèmes de communication (routes, réseaux souterrains, etc.). La DDE est alors compétente en terme de prévision afin d'anticiper des dommages qui peuvent être causés par des phénomènes, et intervient *in situ* lors de dégâts.

Le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS)³⁶ a pour mission la prévention, la protection contre le risque issu d'un aléa technologique et naturel, et le secours d'urgence aux personnes victimes d'accidents³⁷. Il sensibilise et mobilise les collectivités locales grâce au Schéma Départemental d'Aménagement des Forêts contre l'Incendie (SDAFI).

Le préfet de département élabore les DDRM (Document Départemental sur les Risques Majeurs) à partir des données disponibles (Rapports d'expertises, articles, etc.). Le DDRM est destiné à informer les communes sur le risque qui s'applique au département de l'Isère.

Les compétences de l'échelle départementale en matière de risque sont la prévention (dont l'information des personnes et la protection), la gestion de l'alerte et de la crise (l'urgence). Dans le cadre de la gestion des réseaux (DDE), l'échelle est également compétente en matière de prévision, de réparation et de reconstruction.

Les **intercommunalités** de la couronne grenobloise sont la Communauté d'agglomération de Grenoble Alpes Métropole (La Métro), la Communauté d'agglomération du Pays Voironnais et les communautés de communes du Balcon Sud de la Chartreuse, du Grésivaudan, du Moyen Grésivaudan, du Haut Grésivaudan, du Plateau des Petites Roches, des Balcons de Belledonne, du Sud Grenoble et du Massif du Vercors³⁸. Ces intercommunalités n'ont pas la compétence du risque mais elles peuvent informer le grand public sur un risque ponctuel. Par exemple, la Métro met en ligne un atlas sur le cancer qui relate et cartographie les cas observés et en déduit un risque relatif d'exposition pour les habitants. C'est la seule intercommunalité de la couronne à informer sur un risque.

³⁶ Les Sapeurs-pompiers sont sous l'autorité du préfet et du président du conseil d'administration

³⁷ <http://www.cg38.fr/6484-securite-incendie.htm>

³⁸ http://www.amf.asso.fr/portail/fiche.asp?NUMERO_DPT=38

A l'échelle supra-communale et dans le cas des feux de forêt, des PIDAF (Plans Intercommunaux de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier) sont mis en œuvre suivant les recommandations du SDAFI (Schémas Départementaux d'Aménagement des Forêts contre l'Incendie). Ils élaborent des projets d'aménagement qui prévoient les travaux nécessaires.

L'échelle supra-communale agit essentiellement dans le domaine de la prévention en informant le public ponctuellement, et en entretenant les forêts.

A l'**échelle communale**, la compétence du risque est forte puisque le maire est responsable de tout accident. Des documents d'urbanisme, réglementaires, et d'information (ex. le DDRM) aident à gérer et assumer cette compétence.

Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) réalisé à l'échelle communale prévoit un projet local d'aménagement et de développement durable et le traduit en règlement d'occupation des sols. Cette occupation des sols tient compte du risque grâce au PPR (document réglementaire), élaboré par des experts de l'Etat mais approuvé à l'échelle communale, en consensus avec les élus locaux et la société civile.

Le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) aide à la prévention du risque sur une commune pour informer la population du risque et des événements. La réalisation du DICRIM relève de la compétence du maire. Seules 18 communes de la couronne grenoblois avaient achevé leur DICRIM en 2006³⁹. Les communes de la couronne utilisent souvent un support papier pour diffuser les DICRIM. Il existe cependant des formats numériques (CD-ROM de la commune de Pont de Claix).

Le Plan Communal de Secours (PCS), élaboré à l'échelle communale, est indispensable lors d'une alerte, pour gérer la crise latente ou déjà installée (réquisition des matériaux, lieux d'hébergement provisoires, etc.). Il est réalisé avec tous les acteurs locaux, et élaboré selon la disponibilité de chacun. En effet, le PCS doit par exemple être applicable un 15 août à 15h. Ce document est réalisé à l'échelle communale sous la responsabilité du Maire et en étroite collaboration avec les acteurs locaux (dont le Service Départemental d'Incendie et de Secours : SDIS).

L'échelle communale a donc une grande responsabilité en terme de prévention du risque à travers l'information au grand public et en terme d'aménagement et de développement de son territoire communal. Cette échelle gère également l'urgence (gestion de l'alerte et de la crise). Elle a l'avantage de prendre en compte le risque issu de l'ensemble des aléas, mais pas forcément leurs effets systémiques.

L'échelle communale est une échelle qui peut également permettre la naissance de projets où le risque serait considéré comme une ressource territoriale. Prenons pour exemple, en lisière sud de la couronne grenobloise, la commune de **Saint-Barthélemy-de-Séchilienne** (38). L'exemple des éboulements rocheux et glissements de terrain sur cette commune présente plusieurs intérêts : d'une part, la découverte d'un territoire où la conscience du risque s'est imposée progressivement, d'autre part, cet exemple illustre une volonté communale de considérer le risque non pas comme un frein au développement, mais comme

³⁹ Source : http://www.irma-grenoble.com/04risques_isere/02atlas_cartes.php?id_carte=4

une ressource territoriale, malgré une action de l'Etat radicale en 1997 qui ampute la commune du tiers de ses richesses.



Photographie 3 : Eboulement des Ruines de Séchilienne (38)

Saint-Barthélemy-de-Séchilienne est une commune de l'Isère (38) de 635 habitants (recensement de 1999) qui s'étend du fond de la vallée de la Romanche (l'Ile Falcon) au flanc du Mont Sec (Photographie 3). Une partie des habitants de cette commune (le hameau de l'Ile Falcon) est menacée par l'effondrement du versant (appelé « Ruines de Séchilienne », situé sur la commune de Séchilienne et composé de micaschistes fracturés et instables). Depuis 1985, suite à l'intensification des mouvements de terrain, Séchilienne devient l'une des montagnes les plus surveillées de France⁴⁰. Les dernières expertises géologiques estiment un risque d'effondrement à court terme (moins de dix ans) d'un volume de trois millions de m³, et à long terme (plus de quelques décennies), de 20 à 25 millions de m³ (Durville *et alii*, 2005). Le scénario envisageable dans les dix prochaines années aurait des conséquences désastreuses⁴¹. À titre de comparaison, un éboulement survenu en 1191 a été à l'origine de la formation d'un lac de barrage qui, en cédant en 1219, a entraîné l'inondation de Grenoble dans laquelle a péri la moitié de la population. Quelles seraient alors les conséquences d'un événement comparable aujourd'hui, compte tenu des éléments exposés actuels en aval de Séchilienne, répartis sur quinze communes de Vizille à Grenoble : ce qui représente 300000 habitants, 80 % de l'alimentation en eau potable, deux sites classés Seveso, l'ensemble des équipements industriels jusqu'au Polygone scientifique, le Synchrotron et Minatec, à l'ouest de Grenoble ? En mai 1997, des mesures

⁴⁰ Les éboulements encombrant la RN 91 et alertant des riverains. Ces derniers envoient des pétitions au préfet, interpellent la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) et écrivent à Haroun Tazieff (à l'époque secrétaire d'État à la prévention des risques majeurs). Ce dernier réalise plusieurs expertises qui rendent un bilan alarmiste. Tazieff préconise la déviation de la RN 91 et le déplacement de la population de l'Ile Falcon (Carcano, 2002).

⁴¹ Toutefois, une contre expertise réalisée en 2009 ré-estime ce scénario à la baisse (cf. IRMA).

d'expropriation ont été prises sous l'impulsion de l'Etat, en application du principe de précaution instauré par la « loi Barnier ». Les plaintes des acteurs locaux (habitants) ont abouti à une action brutale des acteurs nationaux, non adaptée et non acceptée par les premiers. En effet, suite à cette mesure, la commune a perdu un tiers de sa population et une grande partie de sa richesse communale : trois entreprises, l'école, les terrains de sport et des garages communaux. Soucieux de ne pas laisser dépérir la commune, les élus locaux se sont emparés du problème et se sont dotés d'un plan de redynamisation visant à assurer, à terme et malgré le risque, un développement harmonieux et maîtrisé de la commune⁴². Il permet d'assurer à moyen terme le rétablissement des équilibres communaux :

« concrètement, il s'agit de retrouver sous dix à quinze ans 700 habitants tout en préservant l'identité communale et, de reconstruire sur la commune des équipements tels qu'écoles, cantines scolaires, bibliothèques, locaux socio-éducatifs, garages et ateliers communaux, terrains de sports après l'avoir dotée d'un outil de gestion, tel que le Plan d'Occupation des Sols » (Risque Infos, 2001).

Ainsi selon les propos du Maire de la commune, ce plan de redynamisation a pour objectif « *de retourner une situation de catastrophe naturelle en un potentiel de développement* » grâce en partie au projet « *d'observatoire des risques naturels en montagne et de la géologie alpine* ». L'objectif est aujourd'hui de développer une synergie autour de programmes d'accueil, de formation et d'information pour les techniciens, les universitaires et le grand public. Ainsi, le site devrait être équipé de salles de cours, de conférences et d'espaces muséographiques au sein du village. L'exemple de Saint-Barthélémy-de-Séchilienne montre que la mobilisation des acteurs locaux, qui se refusent à la résignation, peut être à l'origine d'un changement de regard sur le risque. Ces événements permettent de focaliser le développement territorial sur le renforcement des points forts et sur la résorption des points faibles dans l'objectif d'augmenter leur résilience.

Dans le cas de cette commune, le risque s'avère être à la fois source de désaménités et d'aménités. Ainsi le risque a obligé les élus locaux à réfléchir au développement à long terme de leur territoire, leur commune pouvant profiter d'un bénéfice matériel et idéal du risque. Le bénéfice matériel est caractérisé par la construction d'un observatoire, et le bénéfice idéal est l'identification très forte des habitants et des élus à leur territoire communal, identification fédérée par le risque.

Mais si le maire positive le risque et le voit comme une ressource territoriale, la presse garde un regard négatif sur ce dernier (Dauphiné Libéré, 2008 : Annexe 6).

La question du risque peut aussi se poser à travers des **projets de territoire** axés sur l'environnement ou l'urbanisation. Le paragraphe suivant présente deux projets qui impactent le développement et l'aménagement de la couronne grenobloise. Il analyse également la considération du risque.

⁴² Cette affirmation est issue d'une Interview de Gilles Strappazon, le Maire de Séchilienne, en 2005.

Le projet du **SYndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère** (SYMBHI)⁴³, créé en 2004, porte sur un espace naturel particulier, présentant des caractéristiques physiques et écologiques propres. Son objectif est de réaliser sur une partie de l'Isère, en amont de Grenoble, des actions de prévention comprenant d'importants travaux de protection face aux crues de l'Isère. Pour la première fois en France, ce projet ne repose pas uniquement sur des aménagements hydrauliques. Il prend en compte l'environnement naturel, le développement des loisirs et respecte l'activité agricole qui demeure une richesse économique et écologique de la vallée grenobloise. L'originalité des actions réside également dans la place qu'occupe l'information et la concertation avec le grand public et surtout la population concernée de près par les travaux de protection (les agriculteurs, les habitants, les usagers des espaces naturels, etc.).

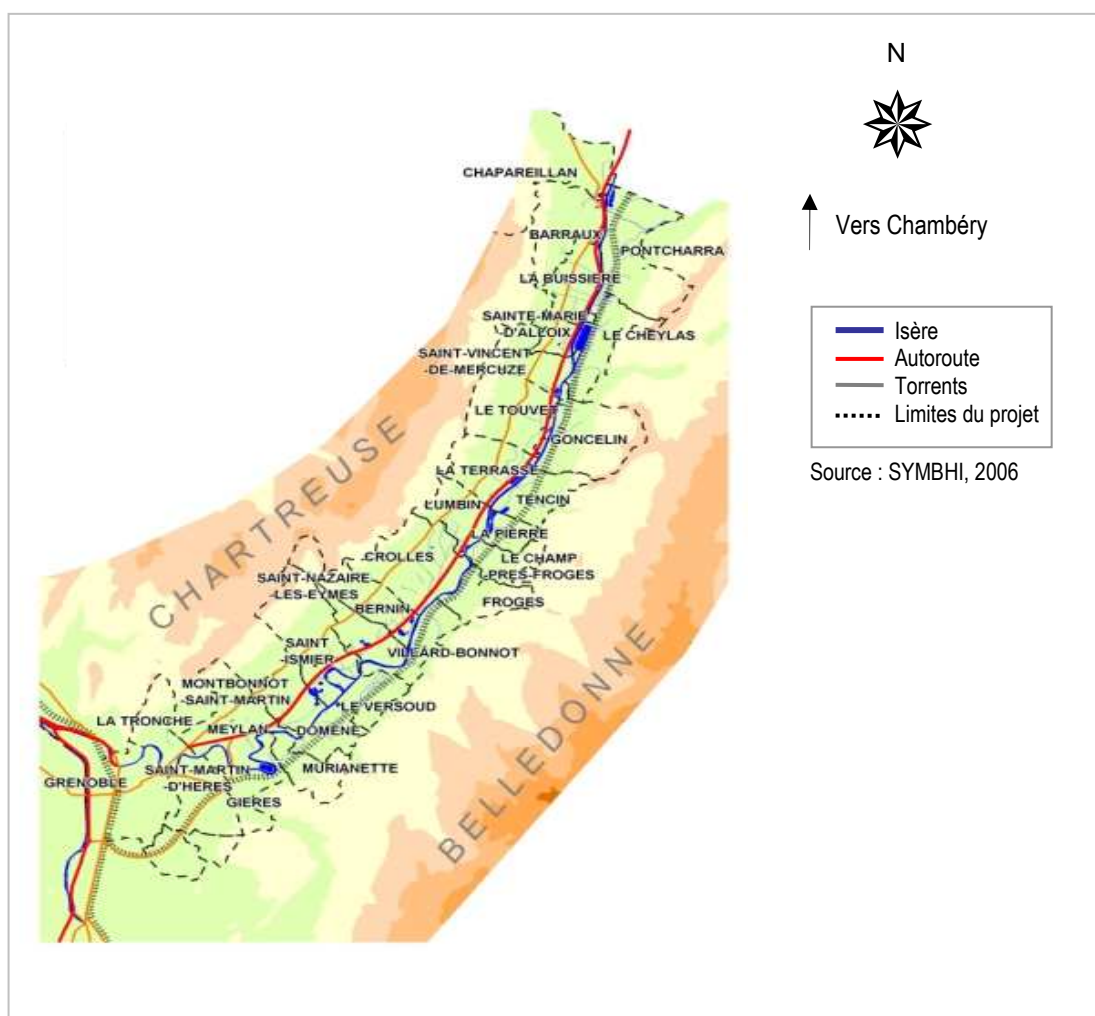
Ces actions liées à la gestion du risque s'inscrivent véritablement dans une démarche de territorialisation. En effet, la population des bords de l'Isère vit dans un environnement homogène dont elle perçoit les ressources (richesses agronomiques des terrains, lieu de vie agréable, etc.) et subit la contrainte (inondations). Cette population construit alors un projet consensuel alliant la protection et le développement des activités économiques, la protection de l'environnement et le développement des espaces de loisirs en intégrant, par exemple, les aménagements de protection dans le paysage et en créant des activités autour de ce dernier (ex. pistes cyclables). Le risque construit ici un interterritoire.

Cependant, un seul risque est pris en compte : le risque inondation de plaine. Ce milieu est pourtant affecté par d'autres événements tels que les crues torrentielles provenant de cours d'eau alimentant l'Isère (Carte 1). Ces dernières provoquent des dégâts matériels considérables (ex. destructions d'habitations) et influencent l'équilibre physique (ex. le débit) et écologique de l'Isère (ex. embâcles perturbant la faune et endommageant la flore). Leur prise en compte dans un tel projet semble indispensable. Malgré tout, elle reste mineure, la responsabilité de ce phénomène relevant du Maire de chaque commune. La question de la maîtrise de l'amont du périmètre SYMBHI (partie de l'Isère, en aval de Chambéry) qui impacte directement sur les aménagements prévus, reste également en suspens, Chambéry étant en train de monter un projet similaire.

L'échelle de ce projet est celle d'une partie du cours d'eau de l'Isère. C'est également celle de l'intercommunalité (au sens d'un ensemble de communes). En effet, les limites du projet sont les limites des communes qui jouxtent l'Isère.

Les actions du projet SYMBHI dans un contexte de risque sont dans le domaine de la prévention et plus particulièrement de l'information de ses actions et du risque, mais aussi des travaux de protection contre les crues de l'Isère.

⁴³ Le SYMBHI œuvre aujourd'hui sur d'autres territoires et notamment celui de la vallée de la Romanche comprenant la problématique des éboulements de Séchilienne.

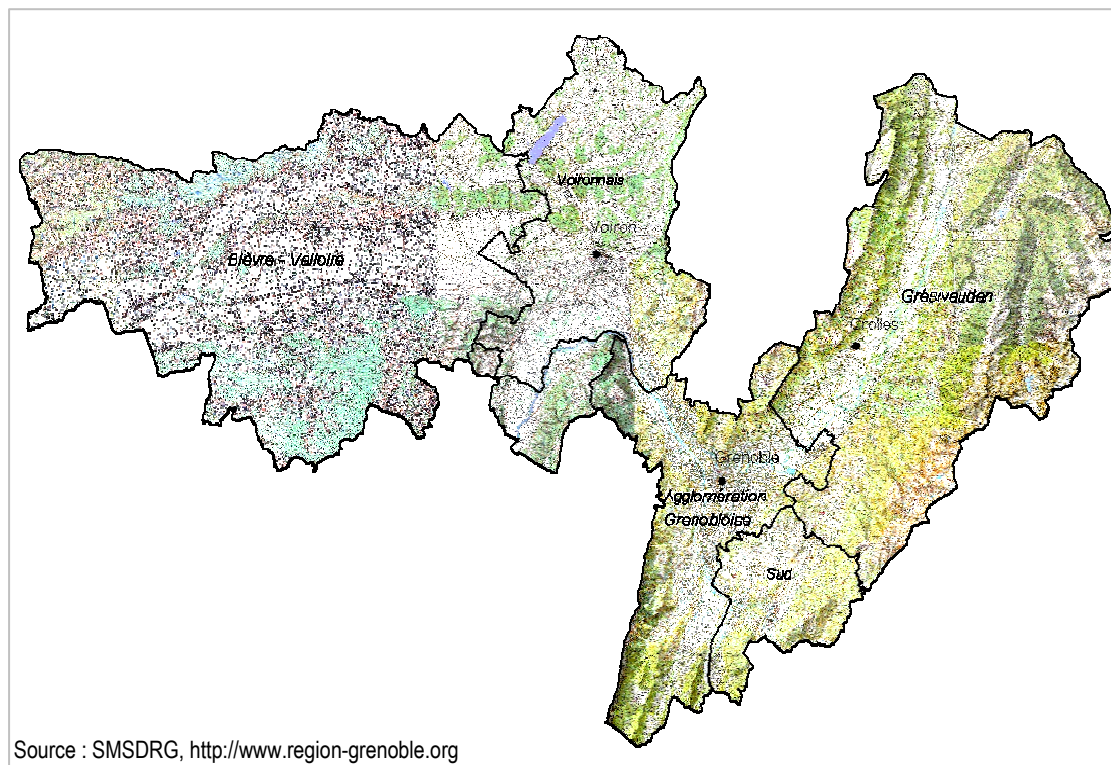


Carte 1 : Isère en amont de Grenoble et torrents affluents

Le Syndicat mixte pour l'élaboration et le suivi du schéma directeur de la région grenobloise (SMSDRG) est responsable de l'élaboration du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT)⁴⁴ qui planifie l'urbanisation à l'échelle métropolitaine à l'horizon de vingt ans. Le SCOT (se traduisant sous la forme d'une carte où figurent les vocations des sols et des textes associés) élabore un plan de développement durable. Le SCOT tend à une mise en cohérence des politiques d'urbanisme, d'habitat, de déplacement et d'équipements commerciaux. Mais la prise en compte de la question du risque est très limitée : le SCOT « peut spécifier les objectifs dans ce domaine » (Augier, 2004), autant dire que la question du risque est une problématique secondaire et non intégrée aux orientations principales. Cependant, lors de risque élevé et connu (figurant dans le PPR par exemple), le SCOT doit interdire la constructibilité ou conditionner les sols à des modes restrictifs d'utilisation. Le SCOT de la région grenobloise s'efforce de prendre en compte le risque, compte tenu de sa région très exposée, composée d'aléas de différents types et de probabilité et d'intensité présumées élevées, et compte tenu des éléments exposés aux vulnérabilités et aux enjeux eux

⁴⁴ Le SCOT réalisé par le syndicat mixte pour l'élaboration et le suivi du Schéma directeur de la région grenobloise, est l'ancien Schéma Directeur de la région Grenobloise. Ce dernier a été réalisé en 2000 et a donc obtenu une équivalence SCOT. Ce passage SD – SCOT s'est réalisé suite à la loi SRU (de solidarité urbaine).

aussi variés. Cette échelle paraît intéressante pour construire un territoire à risque puisqu'elle englobe des échelles de risque cohérentes (ex. des escarpements rocheux homogènes, de grands tronçons de rivières), cependant le SCOT ne prend pas en compte tous les massifs autour de Grenoble (Carte 2). Le Vercors n'apparaît pas, ce qui ne répond pas à notre problématique.



Carte 2 : Périmètre du SCOT de la région Grenobloise

Et les **échelles environnementales**, présentent-elles une solution ? Les projets mettant en jeu les limites du **bassin versant** paraissent une idée judicieuse pour gérer un territoire à risque. En effet, le bassin versant comprend le risque inondation dans sa globalité, ainsi que les phénomènes gravitaires. Seuls les Schémas d'Aménagement de la Gestion des Eaux (SAGE) utilisent cette échelle, mais en intégrant très peu le « risque ». Les SAGE s'attachent à une gestion collective et équilibrée de la ressource/patrimoine en eau et à coordonner l'ensemble des actions des pouvoirs publics locaux. Ces acteurs sont variés (représentants des collectivités territoriales et des établissements publics : acteurs moteurs, préfet, agence de l'eau, Electricité De France (EDF) ; mais également des usagers : agriculteurs, industries, associations de protection de la nature, pêcheurs et riverains). Cependant, ils ne se focalisent pas sur l'aspect « risque ». Néanmoins, le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) auquel le SAGE doit se conformer, fixe un certain nombre de règles dont l'une concerne le risque. Toutefois, cette règle est secondaire et l'investissement des SAGE dans la gestion du risque inondation semble rester limité.

La concertation à l'échelle d'un BV peut cependant être problématique compte tenu de l'étendue de ce dernier, de la variété des paysages (ex. agriculture de fond de vallée, prairies alpines, forêts), de la variété des obstacles physiques (ex. vallées encaissées, barrages) et des

populations (ex. urbaines, rurales, périurbaines). Ces éléments peuvent d'ailleurs freiner l'identification des populations appartenant à un même territoire.

L'échelle du massif forestier ne serait-elle pas une solution pour la gestion des incendies ? Dès 1924, des lois sur la protection des forêts méditerranéennes évoquent la notion de massif forestier (Bouisset, 2001). Des ensembles territoriaux homogènes sont délimités car susceptibles d'être affectés, voire entièrement détruits par un ou plusieurs incendies. Ces lois restent cependant incomplètes, sans préciser les limites ni les surfaces prises en considération. Le « massif forestier » reste sans existence juridique ni définition précise. De plus en plus, les professionnels de la forêt méditerranéenne tentent de définir les massifs forestiers, selon le type de combustible, la vitesse du vent, la pente, les incendies historiques, etc. Cependant, la légalité de ces définitions reste inexistante, ce qui constitue encore aujourd'hui un obstacle à la cohérence de la gestion des incendies.

Les **Parcs Naturels Régionaux** (PNR) de Chartreuse et du Vercors ont des projets de territoire orientés vers la protection de la faune, de la flore et des paysages, et l'éducation environnementale auprès du public. Le risque n'est pas abordé. Or, lors de la lecture de ces paysages, il est difficile de ne pas évoquer le risque, notamment en abordant l'histoire des événements naturels qui sont à l'origine de perturbations de la faune et de la flore.

Ces échelles environnementales sont très peu utilisées en matière de risque même si celle du bassin versant semble être une ouverture à une intégration du risque dans le quotidien d'un territoire.

L'analyse de ces échelles met en évidence deux constats : deux échelles paraissent davantage appropriées à la création de territoire à risque, et la superposition de la compétence de risque paraît poser problème dans certains contextes.

Recherches d'une limite interterritoriale

L'ensemble des échelles est concerné par le risque et sa gestion, ce qui complexifie l'identification de territoires à risque. Les échelles établies considèrent en majorité le « risque » comme « la chose » contre laquelle il convient de se protéger. Le risque est le plus souvent regardé comme un danger négatif pour la population. Ce sont des cas où le territoire construit son risque. De ce fait, le risque est traité à part, non intégré aux services qui gèrent notre quotidien. Les échelles n'entrent pas exactement dans le « moule » du territoire à risque tel que nous l'avons défini (Tableau 3), où le risque construit le territoire. Peu d'échelles présentent un développement et un aménagement de leur territoire en harmonie avec le risque. Souvent, ces territoires ne répondent pas aux deux premiers critères de « territoire à risque » or, ce sont les plus importants, puisqu'ils correspondent à une intégration du risque dans la vie territoriale.

Existe-t-il, finalement, une échelle sur la couronne grenobloise qui permette une qualification de « territoire à risque » ? Ce territoire où les acteurs sont variés, capables de négocier et de faire accepter le risque pour se développer, tout en préservant son

environnement (cf. échelle du cours d'eau : le projet du SYMBHI), et tout en étant capables de prendre en compte l'ensemble des aléas qui l'affectent (cf. échelle communale où le PLU respecte le PPR) existe-t-il ?

Ces deux échelles paraissent intégrer le risque de manière positive : la commune et l'échelle supra-communale utilisée dans le projet du SYMBHI. Cependant, le cas de la commune de Saint-Barthélemy-de-Séchilienne est un exemple singulier qui a peu d'homologues dans la région, mais il montre qu'il est possible de construire un territoire à risque à cette échelle. Dans le cas du projet SYMBHI, échelle interterritoriale, c'est le risque qui construit le territoire et il le co-construit avec d'autres contextes : par exemple l'habitat, l'agriculture et le loisir.

Caractéristiques du territoire à risque	Le risque est considéré comme une ressource territoriale	Le risque fait partie de chaque action quotidienne . Il n'est pas traité à part.	Acteurs d'horizons différents	Décisions issues de concertations avec tous les acteurs du territoire	Actions dans un contexte de risque
Echelles					
Nationale					X
Région Rhone-Alpes					X
Dép. Isère		(X)			X
La Métro				X	(X)
Commune	Possible			X	X
SYMBHI	X	X	X	X	X
SMSDRG			X	X	X
Environnementale			X	X	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 3 : Caractéristiques d'un territoire à risque appliquées à la couronne grenobloise

Imaginer un interterritoire

N'est-il pas possible d'inventer de nouveaux territoires dont les limites seraient fondées sur des spécificités géographiques (bassin versant, falaise, vallée, littoral etc.) ? Le cas se présente déjà pour les SAGE et SDAGE (limite du bassin versant), même si ces derniers laissent une place très réduite au risque.

Plusieurs aléas habitent la couronne grenobloise : les inondations de plaine, les crues torrentielles, les avalanches, les éboulements, les glissements de terrain, les séismes et les incendies. A chacun de ces aléas correspondent des limites de probabilité d'occurrence, celles des événements passés (ex. limites qui figurent sur les Cartes de Localisation Probable des Avalanches : CLPA) ainsi que celles des éléments exposés, etc. Si l'exemple de l'aléa est considéré, l'aléa éboulement dépend d'une unité « escarpement rocheux », l'aléa crue d'une unité « bassin versant », l'aléa sismique d'un socle rocheux, l'aléa incendie d'une unité « massif forestier », etc. Quelle limite faut-il alors choisir ? Si l'échelle suit les limites du « territoire de l'aléa », échelle utilisée dans la prévision du risque, le problème se pose lors de la superposition d'aléas de différents types (une inondation et un glissement de terrain par exemple), sachant qu'un phénomène peut en engendrer un autre de nature différente (une inondation peut engendrer un glissement de terrain). Est-il possible de concilier plusieurs unités sur un ensemble géographique cohérent (ex. un bassin versant qui comprend des escarpements rocheux et des failles) ? Mais la population va-t-elle s'identifier à cette étendue

qui peut être très vaste selon le bassin versant considéré (ex. le bassin versant du Rhône est encore plus vaste que le bassin versant de l'Isère, affluent du Rhône) ? Le SYndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI), malgré le fait qu'un seul risque soit pris en compte (le risque inondation), et que l'unité géographique soit peu cohérente (un tronçon de rivière qui ne prend pas en compte les aléas de l'amont), est pourtant une entité qui se rapproche le plus d'un « territoire à risque ». Ce territoire composé d'un ensemble de communes jouxtant un cours d'eau, bénéficie d'un projet de territoire précis qui négocie le risque en réservant une large place à la participation et qui considère le risque comme une ressource territoriale.

2.2.1.2 Regard sur l'imbrication des échelles

L'analyse de ces échelles montre également que les compétences de ces dernières, en terme de risque, se croisent. La compétence qui paraît la plus dispersée concerne la prévention du risque dont l'information des personnes et la protection (Tableau 4). Concernant la protection, chaque échelle gère une partie : par exemple l'Etat légifère, le département s'occupe de la protection des personnes et des réseaux de communication, la commune et le SYMBHI organisent la protection des aménagements et la construction d'aménagements de protection. Du côté de l'information sur le risque dans la couronne grenobloise, le DDRM Isère, le DICRIM de chaque commune et la Métro délivrent des informations sur le risque pour le grand public. L'association IRMA (Institut des Risques Majeurs financé par le département, des communes et la région) est également un centre important d'information du grand public et des décideurs sur le risque qui affecte la couronne. Le PPR est aussi un document qui avertit sur le risque de chaque commune de la couronne. Il s'adresse davantage aux décideurs tels que les maires. En revanche l'échelle départementale est impliquée dans presque la totalité des contextes de risque mais appliqué à la spécificité des réseaux de communication. L'alerte est lancée officiellement et théoriquement à l'échelle de l'Etat.

Contextes de risque Territoires	Actions de prévention		Actions de prévision		Gestion de l'alerte et de la crise (Urgence)	Actions liées au Rétablissement	Actions liées à la Reconstitution
	Information	Protection	Recherches sur le risque	Alerte			
Etat	X	X (Lois, Am)	X	X		X	X
Région			X				
Département	X	X (Pes, Rés)	X (Rés)		X	X (Rés)	X (Rés)
Intercommunalité	(X)						
Communes	X	X (Am)			X	X	X
SYMBHI	X	X (Am)					
SMSDRG		X (Resp)					

Actions spécifiques - Am : aménagement / Per : personnes / Rés : réseaux / Resp : Respect des zonages de risque

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 4 : Actions des échelles territoriales selon les contextes de risque

Ces imbrications multiscalaires n'impactent-elles pas sur la gestion du risque ? Ne complexifient-elles pas l'organisation des tâches ?

L'étude de la superposition des compétences de risque entre les échelles va nous permettre de déceler si l'imbrication est bien coordonnée ou si elle mériterait une simplification ?

La recherche dans le domaine de la prévision, l'alerte, la gestion de l'urgence, le rétablissement et la reconstruction paraissent être réparties de manière complémentaire entre les différentes échelles. Au niveau des actions de **prévision** et notamment de l'alerte, même si c'est l'échelle nationale qui est le principal moteur, elles se font en complète collaboration avec les scientifiques qui sont sur le terrain. Cependant, cela peut ne pas suffire et mène parfois à de mauvaises estimations. En effet, l'imprégnation d'un contexte local et historique est souvent indispensable à la prévision (November *et alii*, 2008).

Les actions de **gestion de l'urgence** s'élaborent au niveau du département et de la commune. Mais les zones de risque ne tiennent pas compte des limites territoriales, et il arrive que les Maires de plusieurs communes coopèrent et élaborent certaines parties de leur PCS (Plan Communal de Sauvegarde) en commun. Dans le cas de la gestion des incendies de forêt, la commune est un partenaire du département. Or la limite de ce phénomène est multiforme, guidée par le combustible et les vents, sans se préoccuper des découpages administratifs. Des dispositifs supra-communaux sont alors souvent nécessaires. Cependant, cette pratique ne se réalise pas dans les actions de prévention : pour la réalisation de PPR ou de DICRIM par exemple. Bouisset (2001) souligne quand même l'importance de l'échelle communale du point de vue de la coordination et de la coopération. Mais la question de la pertinence de cette échelle reste en suspens.

Au niveau des **actions de prévention**, l'imbrication multiscalaire peut ralentir certains processus. Par exemple, une raison pour laquelle la couronne grenobloise compte aussi peu de PPR approuvés est leur élaboration fastidieuse. Une première version d'un PPR est envoyée à la commune. Puis la commune le renvoie avec des modifications. Tant que la commune n'est pas en accord avec les limites proposées par l'Etat, le PPR n'est pas approuvé, et donc non applicable sur le territoire local, ce qui peut ralentir son développement.

Du point de vue des **aménagements de protection** en montagne (ex. des paravalanches, des ouvrages de correction de torrents), le RTM Isère permet de gérer cette question, ancrée dans le local. Cependant, ces **équipements** ont un fort impact local et pourtant dépendent peu du territoire d'origine. En effet, les actions de l'échelle nationale ne sont pas toujours en adéquation avec les besoins de l'échelle locale. Pour prendre un exemple de la région, Villard-Bonnot (38), le 23 août 2005, est atteint par de fortes pluies qui s'abattent sur le massif de Belledonne (Isère) et gonflent le torrent du Vors qui sort de son lit et traverse la commune⁴⁵. Selon la Préfecture de l'Isère, la crue a inondé des maisons et a entraîné quelques évacuations. Soumise au régime d'arrêté de catastrophe naturelle, la commune

45

<http://archquo.nouvelobs.com/cgi/articles?ad=societe/20050823.OBS7115.html&host=http://permanet.nouvelobs.com/>

bénéficie de fonds de l'Etat, débloqués exceptionnellement dans ce cas de reconstruction d'urgence. Mais ces fonds ont dû être utilisés immédiatement (sous peine de les perdre). Dans le cas de cette petite commune, des aménagements colossaux ont été réalisés (enrochement, ouvrages de protection, etc.) alors que la mise en place d'actions aux coûts limités, mais réfléchies aurait peut-être suffi (d'autant plus que la probabilité d'un futur événement de cette ampleur reste faible) : par exemple, en développant une mémoire de cet événement, et en entretenant une culture du risque grâce à une concertation avec les acteurs locaux (dont la société civile). Cette mémoire pourrait se prolonger dans le temps en aménageant un sentier qui expliquerait le risque auquel est soumis la commune, ou bien encore en impliquant les écoles dans la réalisation d'expositions sur ce thème.

Les problèmes d'imbrication multiscalaires semblent davantage apparaître au niveau de la production de **l'information**. La multiplicité fait qu'une personne est obligée de s'imprégner d'une multitude de supports (Internet, fascicules, CD-ROM, etc.) provenant de plusieurs sources avant de comprendre précisément le danger qu'elle encourt. Nous reparlerons plus en détail de cette question, appliquée à la couronne grenobloise, dans le prochain chapitre. Toutefois, l'exemple suivant illustre parfaitement ce problème d'imbrication. Prenons l'exemple du campus de Saint Martin d'Hères (38) situé dans un méandre de l'Isère. Le campus reçoit environ 5 400 chercheurs, 33 000 étudiants, et 400 autres fonctionnaires⁴⁶ par jour. Cette population exogène au territoire ne connaît pas forcément ce milieu ni son histoire. En effet, le campus est une ancienne zone inondable, d'ailleurs les vieux bâtiments sont bâtis sur pilotis. Depuis, les rez-de-chaussée ont été aménagés. Or, certaines années les menaces d'inondation de cette zone sont réelles, comme cela a été le cas au printemps 2008, où le niveau de l'Isère a failli dépasser la cote de vigilance (Annexe 3). Une observation des comportements⁴⁷ nous a permis d'observer que la population exogène n'était pas au courant de cet événement qui menaçait. Seuls les cyclistes qui empruntaient la piste cyclable sur la digue se rendaient compte que l'Isère « *montait rapidement en ce moment* ». Or, si le campus avait été inondé, emprisonnant cette population non préparée, des effets de panique auraient pu mener une situation de crise au drame. Malgré cinq échelles compétentes, aucune information sur le possible débordement de l'Isère n'a été relevée. Alors qu'une information locale, proposant aux personnes de surveiller le niveau de l'Isère en amont de Grenoble via l'IRMA ou la commune de Saint-Martin-d'Hères (information diffusée seulement au niveau national sur le site Internet de Météo France) aurait permis, si cela avait été nécessaire, d'évacuer le campus petit à petit, dans le calme, et suffisamment à l'avance.

Cette étude des imbrications montre bien le problème posé lorsqu'un contexte de risque est géré par plusieurs échelles. Le cas de l'aménagement d'ouvrages de protection construits dans l'urgence et le cas de l'information des personnes sont criants.

Les échelles de territoire qui paraissent propices à l'apparition de territoire à risque dans la couronne grenobloise sont l'échelle communale et le regroupement de

⁴⁶ Chiffres de 2007 disponibles sur www.grenoble-universites.fr/servlet/com

⁴⁷ Une question a été posée à une dizaine de personnes qui fréquentent le campus « vous savez que l'Isère est haute en ce moment ? ».

quelques communes : les exemples de Séchilienne et du projet SYMBHI montrent une réelle volonté de considérer le risque autrement, comme une ressource territoriale et où le risque et le territoire jouent un rôle moteur dans une co-construction de territoire à risque. Si deux échelles de risque ont été décelées, **il apparaît aussi un profond disfonctionnement concernant l'information sur le risque** entre et sur les différentes échelles. Nous étudierons ce volet en profondeur dans le deuxième chapitre.

Des territoires considèrent le risque comme une ressource territoriale, néanmoins, quels acteurs permettent de se rendre compte que cette ressource est présente sur son territoire, et comment peuvent-ils l'activer ? Nous allons maintenant nous intéresser au jeu des acteurs afin de déceler des pistes d'activation de la ressource.

2.2.2 Les acteurs des territoires à risque : l'événement comme activateur de ressource

L'aperçu des acteurs qui suit a pour objectif la découverte des clefs avec lesquelles ils ouvrent la porte de la ressource qui permettra de construire du territoire. Seuls les acteurs impliqués dans la prévention et la prévision du risque seront étudiés. La prévention est choisie puisque le grand nombre d'échelles impliquées dans les processus d'information et de la protection pose problème. L'examen des acteurs de la prévision paraît également intéressant du fait du manque de compréhension contextuelle à l'échelle locale. Suite à cette analyse, nous tentons d'en extraire une catégorisation des acteurs qui activent la ressource de risque et tentons d'extraire ce qui leur manque pour l'activer.

2.2.2.1 Catégories et jeux d'acteurs

Le jeu des acteurs impliqués dans les contextes de risque prévention/prévision se réalise entre les Agents de l'Etat, les médias, les associations et les syndicats, les habitants, les experts techniciens et scientifiques et les décideurs dont le maire.

Les **Agents de l'Etat** proposent et font appliquer les lois. Cependant, le manque de cohérence entre l'échelle nationale et locale est réel même si le préfet de département fait le relais entre l'Etat et le Maire lors d'applications de lois ou de plans spécifiques pour se protéger du risque. L'application de ces lois laisse peu de place à la négociation avec les acteurs locaux, souvent longue et procédurale (ex. de Saint-Barthélémy-de-Séchilienne, 38). Ces acteurs sont peu en accord avec le territoire et donc peu propices à la production de territoires à risque. La connaissance en droit et la compréhension du déroulement d'événements, notamment ceux sur lesquels s'appuient les cas de jurisprudence, alimentent leurs travaux.

Les **médias** sont chargés d'informer les populations sur les événements qui se produisent. Cependant, la déformation des propos par un manque de pratique locale et de connaissance du passé, peut parfois apparaître. Ils sont peu orientés vers la production de territoire à risque et regardent le risque et les événements comme des éléments dangereux dont le citoyen doit se méfier et avoir peur.

Les **associations et syndicats** informent également sur le risque. Certains constituent de véritables lobbys lorsqu'il s'agit de se protéger contre le risque peu considéré par l'échelle nationale. Les syndicats sont souvent constitués par la **société civile**. Des associations peuvent émaner d'une superposition d'échelles. Par exemple, l'Institut des Risques MAjeurs (IRMA) basé sur Grenoble est financé par de nombreuses échelles territoriales. Ils connaissent leur cas de manière exhaustive mais la possibilité d'avoir à disposition des éléments de comparaison (ex. le récit d'autres cas) se fait sentir (Théso'risk, 2007). Le risque est ici regardé comme un élément qui les défavorise par rapport à d'autres et dont ils aimeraient se protéger davantage.

Les **habitants** sont sollicités dans le cadre d'enquêtes publiques comme par exemple lors de l'élaboration de PPR. Mais bien souvent, cette tentative de participation des locaux échoue (Marchisio, 2005). Les habitants se désintéressent inéluctablement de la question du risque issu d'aléas naturels qui les menacent. Se pose alors la question suivante : comment améliorer la participation et même la négociation du risque à l'échelle communale ? Encore une fois, cette échelle est-elle la plus pertinente ? Donner de l'importance à leur récit d'événements, comment ils les ont vécus et comment ils souhaiteraient vivre les prochains, permettrait peut-être de les impliquer davantage et de les rendre plus responsables et de fait, de construire du territoire à risque.

Les **experts** se composent des experts scientifiques et des experts techniciens. Ce sont des acteurs bien connus des territoires. Ils sont souvent cités dans les travaux de géographie, et plus précisément dans les études sur la gestion du risque (Gilbert, 2005 et 2004 ; Decrop, 1995 et 1997 ; Brochot, 2003 et 2004). Ils sont des spécialistes dans leur domaine et lorsqu'il s'agit du risque, ils sont qualifiés de cindyniciens (cf. note de bas de page 16) quelle que soit leur discipline. Leurs actions sont multiples. Les experts scientifiques réalisent des recherches concernant leur domaine qui sont appliquées au risque. Par exemple, les historiens produisent de l'information sur des événements passés tandis que des géologues ou hydrologues produisent de l'information sur les événements probables en tentant de se rapprocher au plus près de la réalité. Des domaines de recherches sont ainsi plus exploités que d'autres. En effet, certains aspects sont moins connus, notamment ceux concernant les temporalités des aléas rares et à moyen terme (séismes, éruptions volcaniques et inondations), des aléas localisés (crues torrentielles, tornades), la prévision des impacts anthropiques, les combinaisons d'aléas naturels et technologiques et la vulnérabilité (Bourrelier, 1997). L'approche des experts est définie comme objective (Gilbert, in Strappazon, 2004). Les scientifiques réalisent des recherches à la fois abstraites lorsqu'elles sont théoriques, et concrètes lorsqu'elles ont une application concernant un territoire à risque précis. Ces études sont généralisées pour offrir une possible réutilisation des résultats par les techniciens (dont le titre courant est « ingénieur ») pour réaliser des cartes (poser un trait précis sur la carte), construire des ouvrages (ex. construction d'une digue, construction d'un paravalanche, aménagement d'un cours d'eau pour minimiser les effets négatifs des crues). Ces travaux permettent à ces opérationnels de gérer les éléments exposés. Les experts réalisent également des rapports d'expertises qui, dans notre problématique, portent sur le

risque, des événements qui ont eu lieu sur un territoire ou encore la vulnérabilité d'éléments exposés.

Dans la couronne grenobloise, les experts font partie de laboratoires de recherches publics (ex. le laboratoire de géographie PACTE, ou le LSR-LIG). Ils font également partie de laboratoires de recherches privés (ex. Acthis Diffusion) ou à financement mixte (ex. Cemagref). Ces experts répondent à des appels à projets publics ou privés. Des experts font également partie de bureaux d'études privés ou publics, dont les compétences sont reconnues comme des laboratoires de recherche. Les experts travaillent également pour les collectivités locales telles que les communes, mais aussi des associations et des syndicats mixtes (notamment pour réaliser des expertises).

Les experts techniciens donnent par exemple un avis sur l'exposition au risque des territoires étudiés à travers des rapports d'expertise. Il apparaît alors un dysfonctionnement lorsque ces derniers servent à élaborer des PPR. Ces rapports sont réalisés par les experts de l'Etat, mais ceux-ci peuvent ne pas se déplacer sur le terrain ! Ce constat donne lieu à des zonages aberrants, mettant en zone inconstructible des zones déjà fortement urbanisées (ex. Chamonix, Veyne Dévoluy). Mais ce document est soumis à enquête publique avant d'être approuvé. D'autres experts réalisent alors des contre-expertises pour réviser les zonages de la réglementation, qui peuvent être surestimés. Or, cette surestimation peut avoir un grand impact dans le développement de la commune. Ces allers et retours entre l'échelle nationale et le local sont coûteux en temps. Ce sont la compréhension des événements passés et des éléments exposés ainsi que leur enjeu et leur vulnérabilité qui les aideront à réaliser ces documents plus en adéquation au territoire. Selon les acteurs locaux, le PPR permettra un réel projet de territoire à risque (ex. Gilles Strappazon, maire de Saint-Barthélémy-de-Séchilienne).

Certains experts techniciens ne travaillent pas sur la problématique du risque mais y sont constamment confrontés. Il s'agit des urbanistes qui élaborent des documents d'urbanisme, des notaires qui régularisent les transactions de biens, des architectes qui élaborent les plans d'immeubles ou bien encore des assureurs et des avocats. La même situation se présente pour les scientifiques non spécialistes du risque lorsque, par exemple, ils sont amenés à réaliser des recherches sur des comportements d'habitants. Là encore la compréhension des événements issus de risque leur est indispensable.

Les experts scientifiques mènent des recherches dans tous les contextes de risque. Ils cherchent à connaître et à évaluer le risque au plus proche de la réalité, avant qu'ils ne se déclarent en événements. D'autres scientifiques se focalisent sur l'alerte, l'efficacité de la reconstruction, etc. Dans le cas de prévisions, les connaissances sur des théories complexes de mécanique de fluides par exemple et surtout sur les événements passés sont cruciales pour réaliser des estimations de probabilités d'occurrences d'aléa. Pour la prévention, la compréhension des événements est également importante ainsi que les enjeux et les vulnérabilités des éléments exposés.

Les **décideurs** ne sont pas des spécialistes du risque. Ils sont non-experts en la matière. Ils sont techniciens et/ou élus par la société civile. Ils doivent se forger une opinion sur le risque en fonction des affirmations d'experts, à travers par exemple les rapports d'expertises

et les informations disponibles, dans un objectif de développement de leur territoire. Les décideurs sont des personnages qui prennent des décisions lors de situations complexes dans le cadre desquelles ils doivent tenir compte de multiples paramètres : les informations produites par les experts, les obligations et contraintes gouvernementales, la capacité financière de la structure et les souhaits des habitants.

Les décideurs sont des acteurs territoriaux endogènes aux territoires en ce sens qu'ils sont imprégnés des aspects sociaux, événementiels (catastrophes, économie, politique, etc.) et spatiaux (environnement, topographie) de leur territoire. Cependant, certains décideurs sont à la fois endogènes à un grand territoire (une région, un département qu'ils connaissent), et exogènes à un petit territoire considéré (ex. les préfets vis-à-vis de certaines communes). Leurs décisions sont alors détachées de la réalité locale. Une décision d'un décideur endogène (ex. le maire d'une commune) est davantage liée à la localisation spécifique des habitants, l'espace et les événements vécus ; elle est alors plus proche des attentes des habitants. L'application de la loi Barnier (1995) sur l'aval de la commune de Saint Barthélémy de Séchilienne (38), évoquée plus haut, est un exemple d'une décision prise par les décideurs exogènes au territoire, en inadéquation avec les attentes locales.

Les décideurs-élus (maires, adjoints, conseillers municipaux) et les décideurs-techniciens (préfets, directeurs généraux des services et des cabinets) font partie de l'Etat ou des collectivités territoriales. Les décideurs d'un maillage local connaissent les événements tandis que ceux exogènes cherchent à les connaître. Dans les deux cas, les événements ont la possibilité d'être connus (le types d'événements, la date, etc) mais pas toujours compris (l'origine de l'événements, les causes de l'ampleur, etc.).

Le maire est un décideur responsable de tous les incidents, accidents et catastrophes qui se produisent sur son territoire communal. Du point de vue de l'aménagement et du développement de sa commune, il dispose du PPR et du Document Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM). Il doit informer la population sur le risque de la commune. Pour cela, à partir du DDRM, le Maire établit le DICRIM (Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs). Il a donc une grande influence dans la construction d'un territoire à risque. L'exemple de l'éboulement de Séchilienne appuie encore une fois ce postulat. Le Maire précise les mesures prises au niveau communal dans le cadre de la prévention (consignes aux citoyens). Les pouvoirs de police du Maire apparaissent dans le Plan Communal de Secours (PCS). Il doit connaître et comprendre les événements passés pour se faire une idée du danger. Il doit également savoir quel risque, issu de quel aléa et quels éléments exposés sont présents, afin de prendre des décisions, adéquates dans sa politique de prévention, mais aussi en cas d'alerte. SI le PPR propose une représentation cartographique du risque et des « enjeux » (au sens élément exposé définit dans cette thèse), il informe peu des événements qui sont souvent simplement cités dans le règlement.

L'interaction entre les experts et les acteurs locaux n'est pas toujours évidente. Leur concertation est souvent faible. Par exemple, lors de l'élaboration des Schémas Départementaux d'Aménagement des Forêts contre l'Incendie (SDAFI), la concertation entre les agents du département et les locaux est encore inexistante (Bouisset, 2001). L'état de compromis dans lequel doivent se plonger les acteurs du risque et les citoyens, correspond à leur acceptation du risque. Cette acceptation peut être décidée d'office par les acteurs

territoriaux ayant le pouvoir de décision, ou faire l'objet de concertations, de débats et de négociations entre les experts, les acteurs et les citoyens (Callon, 1999). L'hypothèse est que la mésentente est issue d'une dissonance entre la compréhension des experts qui réalisent les rapports d'expertise, très techniques, et la compréhension des acteurs locaux qui, souvent, doivent baser leur prise de décision sur ces rapports, par manque de sources d'informations autres (Théso'risk, 2007). Nous ne vérifierons pas cette hypothèse qui s'éloigne de notre problématique.

La présentation de ces acteurs et de leur fonction nous fournit des éléments sur les catégories d'acteurs les plus à même de produire un territoire à risque et sur le matériau utilisé pour activer la ressource territoriale de risque.

2.2.2.2 Les acteurs activateurs de la ressource grâce à l'événement

Les acteurs impliqués dans la gestion des deux contextes de risque prévision/prévention dans la couronne grenobloise sont de catégories et d'horizons différents (Tableau 5). Toutefois, leur diversité apparaît peu dans chaque action (sauf dans le cas du projet SYMBHI et du SAGE). Or, il s'agit d'un critère pour constituer un territoire à risque. En effet, si la multiplicité des échelles et la multiplicité des horizons des acteurs complexifient la gestion du risque, la diversité des acteurs peut l'enrichir. Cependant, nous venons de découvrir que ces derniers rencontrent des difficultés à se comprendre : mener une même mission à plusieurs n'est pas chose aisée. Sans concertation, la prévision et la prévention paraissent péniblement réalisables. La connaissance de la société civile devrait par exemple être davantage impliquées dans certaines recherches scientifiques par exemple.

Contextes de risque	Catégories d'acteurs	Horizons des acteurs de la couronne grenobloise	Exemples d'actions
Prévision	Experts (Scientifiques et techniciens), Décideurs	LTHE, LIRIGM, BRGM, Météo-France et autres laboratoires de recherche, CEMAGREF RTM et ONF, DDE, MEDAD, Région-Rhone-Alpes, Ministère de l'équipement	Installation d'observatoires : surveillance, cartographie, récolte et traitement de données : modélisations, simulations
Prévention	Décideurs (dont élus locaux), Experts, Société civile, médias, habitants	Commune, IRMA, ANENA, Département, RTM et ONF, MEDAD, DIREN, DDE, DDAF	Protection, information/formation, cartographie, réalisation et prise en compte du PPR, expropriation, réalisation du PCS, de DDRM, de DICRIM

© Aurélie ARNAUD. 2009

Tableau 5 : Les acteurs de la prévision et de la prévention du risque

Une autre observation est que les acteurs les plus à même pour construire des territoires à risque sont les experts et les décideurs, à partir du moment où il s'impliquent dans l'échelle locale (Tableau 6). Pour chaque catégorie d'acteurs, la compréhension des événements passés et la localisation des éléments exposés, leur enjeu et leur vulnérabilité, paraît indispensable afin de réaliser leur fonction (ces besoins sont détaillés dans le chapitre

suisant). Si les catégories d'acteurs les plus à même de développer des territoires à risque sont les experts et les décideurs, quelle matière leur permet d'activer la ressource territoriale du risque ? Aux vues de notre analyse, il apparaît que la connaissance des événements et des éléments exposés constituent une partie de cette substance.

Catégories d'acteurs	Fonctions	Exemples d'actions sur le territoire à risque
Experts cindyniciens	Techniciens	Rapports d'expertises Calculs de dimensions d'ouvrages de protection
	Scientifiques	Rapports scientifiques Production de théories, de méthodes et d'outils Rapports d'expertises
Décideurs	Elus	Développement et aménagement du territoire Délivrance de permis de construire
	Techniciens	Informe la population sur le risque

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 6 : Catégories d'acteurs étudiées

L'événement devient alors un actant (au sens donné par November, 2008), et nous ajoutons qu'en étant actant, il active la ressource territoriale de risque et agit donc sur la construction d'un territoire à risque.

L'exemple de la couronne grenobloise permet de démontrer que le risque peut être une ressource territoriale et que les acteurs les plus à même d'activer et manipuler cette ressource au moyen de la compréhension des événements et de la connaissance des éléments exposés sont les élus qui sont responsables en cas de dommages issus d'événements naturels, et les experts qui maîtrisent cette ressource et tentent d'anticiper les événements en évaluant le risque. Pour cela, connaître les événements (surtout pour les experts) et les éléments exposés à protéger (surtout pour les autres décideurs) est indispensable. D'ailleurs, page 33, nous citons l'EPPEES (2000a) qui précisait que « *si les acteurs s'attachaient davantage à leur probabilité, à la coïncidence d'événements et à la connaissance des processus au niveau local, les événements spatiaux seraient plus maîtrisables, et les perturbations locales, limitées* ». La connaissance de ces événements serait alors la source d'une nouvelle considération du risque, qui permettrait de construire avec les acteurs locaux (les élus comme les habitants) des cultures du risque et des cultures de « vivre avec » ou même « vivre grâce au » risque. Certes, cette expression est provocatrice mais dans le cas de Saint-Barthélemy-de-Séchilienne le risque engendrera très certainement une ressource économique.

Nous avons déjà défini avec précision ce qu'étaient des éléments exposés, leur enjeu et leur vulnérabilité lors de l'étude de l'association des termes de territoire et de vulnérabilité (§ 1.2.2.) et nous n'y reviendrons pas. Par contre, il semble intéressant d'approfondir ce qui qualifie un événement, dont nous avons exploité les définitions des géographes qui se focalisaient sur l'espace et peu sur le temps, contrairement aux historiens.

Section 3. Du territoire à risque à l'événement : les temporalités à l'oeuvre

La notion de territoire à risque est vecteur d'« événement » et de ses notions associées : le phénomène, le dommage, la trace, etc. L'événement issu de risque est un objet central dans le système « territoire à risque » puisque son avènement, même mineur, peut déstabiliser l'équilibre du territoire. La considération de l'événement en tant qu'activateur de ressource et moteur de développement d'un territoire à risque est encore vérifiée par cette position dans le système « territoire à risque » (Figure 9).

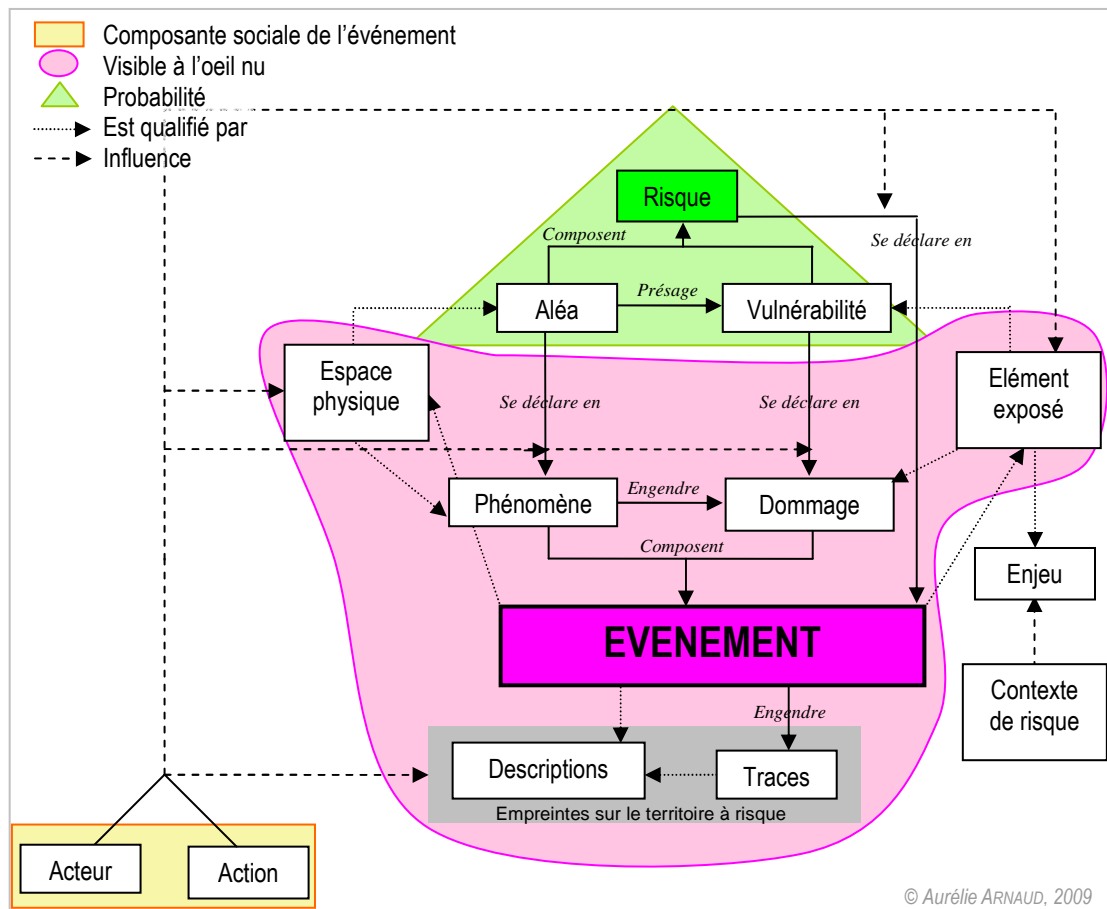


Figure 9 : Système du territoire à risque

Chaque *événement* est composé d'un *phénomène* (éventuellement plusieurs, si un phénomène se conjugue avec un autre : une chute de bloc dans un lac qui engendre une inondation) et de *dommages*.

Un *phénomène*, issu d'un *espace physique* en déséquilibre, provoque des *dommages* sur les *éléments exposés* qui ont une *vulnérabilité* et un *enjeu* propres dans un *contexte de risque*. L'histoire des dommages des éléments exposés qualifie ce dernier.

Un événement s'observe de part les *traces* qu'il laisse sur l'espace physique ; il est également décrit par l'homme. Ces *descriptions* sont faites par des personnes expertes ou non, en fonction de leurs connaissances propres. Elles s'inscrivent sur des supports variés que l'on appelle des *documents*. Ceux-ci sont issus d'une ou plusieurs *sources*. Un document

peut être un commentaire, une photo, un texte, un tableau ou bien encore une vidéo. Il est l’empreinte indirecte de l’événement sur le territoire à risque. Il compose donc la mémoire du risque. S’il est valorisé (diffusé), il contribuera à alimenter la connaissance du territoire à risque (cet aspect est étudié de manière exhaustive par la suite).

L’événement fait partie du monde de la réalité, tandis que le *risque* appartient au monde du probable. Il se déclare en événement. Un *aléa* généré par un *espace physique* présage des *vulnérabilités* qui s’appliquent aux *éléments exposés*. Cette relation « aléa-vulnérabilité » compose le risque. L’aléa se déclare dans le monde de la réalité en *phénomène physique*, tandis que la *vulnérabilité* se déclare en *dommages*. Les éléments *risque*, *aléa* et *vulnérabilité* sont également liés aux connaissances du territoire.

Le territoire à risque est constitué de tous les éléments⁴⁸ qui figurent sur ce schéma relationnel. Ces derniers sont influencés par les *acteurs* qui réalisent des *actions* quotidiennes pour le gérer à travers des projets (ex. afin de développer, protéger du risque et aménager). Il peut s’agir de projets de protection (paravalanches, reforestation du service RTM⁴⁹), de l’application de Plans de Prévention des Risques (PPR), de missions d’information sur le risque, etc.

Ce schéma peut s’apparenter à un système car si une des cases est modifiée, elle change la composition de ses objets reliés. Par exemple, la réalisation de travaux de protection va diminuer la probabilité du risque. De ce fait, de nouveaux aménagements urbains peuvent apparaître. Toutefois, c’est l’apparition d’un phénomène et de dommages, et donc d’un événement, qui vont engendrer le plus souvent des réactions en chaîne. Par exemple, l’apparition d’une inondation marque le territoire et actualise le risque. Elle modifie également les éléments exposés et peut aussi changer les pratiques des acteurs. Ces relations de causes à effets, ainsi que l’aspect temporel du risque et de l’événement que nous découvrirons plus loin, font du territoire à risque un système.

L’événement est la partie visible de l’iceberg « risque ». Lorsqu’un risque se déclare, on parle d’événement. Il est bien réel, visible et palpable. Pour que l’événement puisse activer la ressource territoriale de risque, il faut qu’il soit connu et compris. Ses aspects spatiaux et attributaires sont couramment étudiés notamment à travers la cartographie (cf. chapitre 3) et les descriptions écrites qui apportent de nombreux éléments de compréhension, mais nous avons vu que les aspects temporels étaient encore peu développés, seulement évoqués. Or notre hypothèse est que, premièrement, l’étude des temporalités à l’échelle d’un territoire à risque permettrait de situer l’événement par rapport aux autres éléments constitutifs de ce dernier ; deuxièmement, l’étude des temporalités à l’échelle de l’événement dévoilerait des éléments de compréhension supplémentaires.

⁴⁸ Ces composants sont également nommés « objets ». Chacun d’eux est qualifié par des informations.

⁴⁹ RTM : Restauration des Terrains de Montagne, service dépendant de l’ONF (Office National des Forêts)

Qu'appelons nous « temporalités » ?

L'usage du terme « temps » est écarté bien qu'un événement s'inscrit dans un temps linéaire (description du déroulement de l'événement), cyclique (événements saisonniers comme les avalanches ou comportant une période de retour comme les inondations) et événementiel (l'événement en tant que transformateur du cours de l'histoire). En effet, cette classification des trois temps proposée par Klein (2007) est restrictive dans l'étude non pas du temps mais des temporalités d'un objet puisqu'elle inhibe leur enchevêtrement.

L'utilisation du terme au pluriel « des temporalités » apparaît dans les années 90 en sociologie et en urbanisme (« Les temporalités urbaines » de Lepetit et Pumain-1993 et Hewitt-1983 entre autres). La géographie commence seulement à l'utiliser dans ses analyses. Baudelle *et al* (2004) et Volvey *et alii* (2005) sont deux ouvrages théoriques relevés sur cette notion. Baudelle *et al* (2004) distinguent les temporalités aléatoires, les temporalités rythmiques, les temporalités en accélérations, et les temporalités idéologiques (Fumez, 2005). Quant à la *Time-geography*, elle s'intéresse spécifiquement aux comportements des individus dans leur « espace-temps ». Elle considère les pas de temps. Cependant, Elissalde (2000) étudie ces temporalités dans la géographie en tentant d'établir un parallèle avec les temporalités décrites en histoire. Cette discipline identifie trois catégories de temporalités : la succession (s'assimile à l'ordre), la durée et la simultanéité (s'assimile à la synchronisation). La géographie utilise, d'après Elissalde (2000), seulement la première et éventuellement la seconde catégorie à travers les récits rétrospectifs de la géographie régionale, le récit d'une succession de faits localisés, et des « arrêts sur image » appartenant à des époques de la géographie du passé. Toutefois, les temps « irréversible et réitératif » de Lemoigne et Morin (in Elissalde, 2000) font apparaître un temps sous forme de *boucles de rétroactions* (approche systémique). Les *rythmes* entrent, par la suite, en scène avec les écologues où chaque structure spatiale possède son rythme et s'articule avec les autres, où chaque épaisseur temporelle possède une durée. Il s'agit d'un enchaînement de pas de temps différents. Le concept de *résilience*⁵⁰ (notamment abordé par Holling, in Elissalde, 2000) abordé lors de l'étude de la notion de risque constitue également un type de temporalité si l'on considère le temps de rétablissement. Pour Elissalde (2000), la durée, le rythme, la succession et les répétitions sont les « *manifestations temporelles* » qui qualifient les changements spatiaux, avec des enchaînements linéaires et ellipsoïdaux irréversibles.

D'après les historiens Bensa *et al* 2002, la véritable temporalité de l'événement ne se retrouve « *qu'à condition d'en parler au pluriel* ». D'ailleurs, nous verrons qu'un seul événement est constitué de plusieurs temporalités.

Les temporalités du risque et du territoire à risque sont encore peu étudiées. Suivant la classification des temporalités citées par Fumez (2005), les temporalités aléatoires (ex. un séisme), rythmiques (ex. la perception du risque), qui comprennent le pas de temps cyclique (ex. une inondation centennale), en accélération (ex. l'augmentation d'événements due au changement climatique) et idéologique (ex. la culture du risque), s'appliquent au territoire à risque. Cependant, nous ne retenons pas cette forme d'étude, ni celle d'Elissalde (2000) qui mettent peu en évidence les conjonctions temporelles (ou simultanéités). Or, il semble que

⁵⁰ Egaleme nt défini comme « *la capacité d'un système à absorber ou à s'adapter à une perturbation* », (Holling, in Elissalde, 2000)

chaque composante d'un événement dicte les temporalités du territoire à risque, et que ce serait la conjonction de ces temporalités qui créerait des événements. Nous préférons alors étudier les temporalités sous forme d'étude des différents pas de temps qui composent la notion de territoire à risque et qui traduisent des durées de vie variées (durées de vie d'objets concrets vulnérables : éléments exposés ; et relatif aux aléas : espace physique) dans l'objectif de faire apparaître des conjonctions, celles dont proviennent les événements. Ces pas de temps demeurent courts ou longs par rapport à une échelle temporelle.

Quelles temporalités rythment le territoire à risque et l'événement ? Quels sont les apports de la connaissance de ces temporalités ?

3.1 Temporalités d'un territoire à risque

Si les notions qui composent le territoire à risque (risque, aléa, enjeu, événements, etc.) sont souvent analysées dans l'espace, l'angle des temporalités est encore peu étudié.

3.1.1 Temporalités de l'espace physique

Suite à un déséquilibre de l'espace physique, l'aléa bascule dans le monde réel et se concrétise en phénomène. Le phénomène est l'inscription réelle de l'aléa dans le temps et sur l'espace. Son inscription est donc spatio-temporelle. On nomme un phénomène naturel, un phénomène issu de la déclaration d'un aléa naturel, comme on nomme un phénomène technologique, un phénomène issu d'un aléa d'origine technologique. Le phénomène se décrit par des caractéristiques physiques (ex. hauteurs d'eau, m³ de neige, degré de toxicité) et provoque une perturbation, donc un changement de l'espace physique initial.

L'étude du passage de la probabilité de l'aléa à la réalité du phénomène, est nommée « *prévision* » (défini plus loin). Cette action a pour but de déterminer le « où ? » « quand ? » et « comment ? » du prochain phénomène.

Les temporalités de l'espace physique apparaissent sous trois formes : les pas de temps des périodes de retour estimées de l'aléa (période de retour), les pas de temps de la cinétique des phénomènes (vitesse du phénomène), et les pas de temps des empreintes de ces phénomènes (durée des traces) sur le territoire à risque.

Pas de temps des périodes de retour d'un aléa : la période de retour d'un aléa exprime le pas de temps entre chaque phénomène prédit. La définition de cette période renvoie à une précision variable selon le type d'aléa. Les aléas d'origine exogène sont majoritairement saisonniers, donc à temporalité rythmique : les avalanches alpines se produisent de novembre à mai, les crues torrentielles et les chutes de pierres aux intersaisons. Tandis que les aléas endogènes (séismes et éruptions volcaniques) ont une temporalité aléatoire puisqu'ils ne dépendent pas des saisons ni d'autres facteurs cycliques pour se révéler. La prédiction de leur période de retour est alors moins précise et plus difficile à déterminer.

Pas de temps liés à la cinétique des phénomènes : l'aléa (en bleu sur la Figure 10) comporte des périodes de retour qui sont des probabilités, mais les phénomènes sont réels, et

l'étude de leur mouvement à la surface de la terre montre que certains sont plus lents que d'autres (Figure 10). Leur cinétique dépend de plusieurs paramètres : de l'espace physique (sa rugosité qui modèle des obstacles, sa géologie, etc.), de la société (ex. la construction d'ouvrages ralentissant un phénomène), de la météorologie, et du type d'aléa et donc du type de phénomène correspondant.

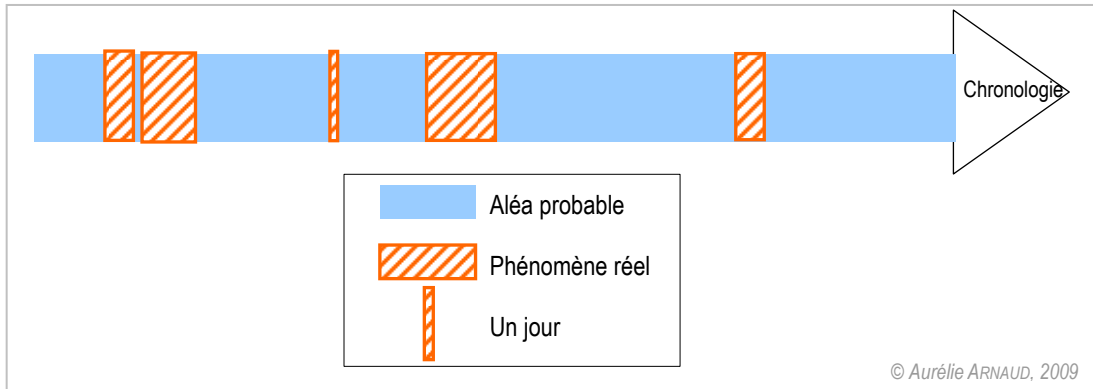


Figure 10 : Inscription des phénomènes dans le temps

En effet, les pas de temps liés à la vitesse d'exécution de phénomènes tels qu'une onde sismique, une crue torrentielle, une avalanche de poudreuse ou une chute de blocs, sont rapides. Tandis que les pas de temps liés à la vitesse d'exécution des phénomènes d'érosion, de glissement de terrain, de coulée volcanique visqueuse, ou d'inondation de plaine, sont plus lents (Figure 11).

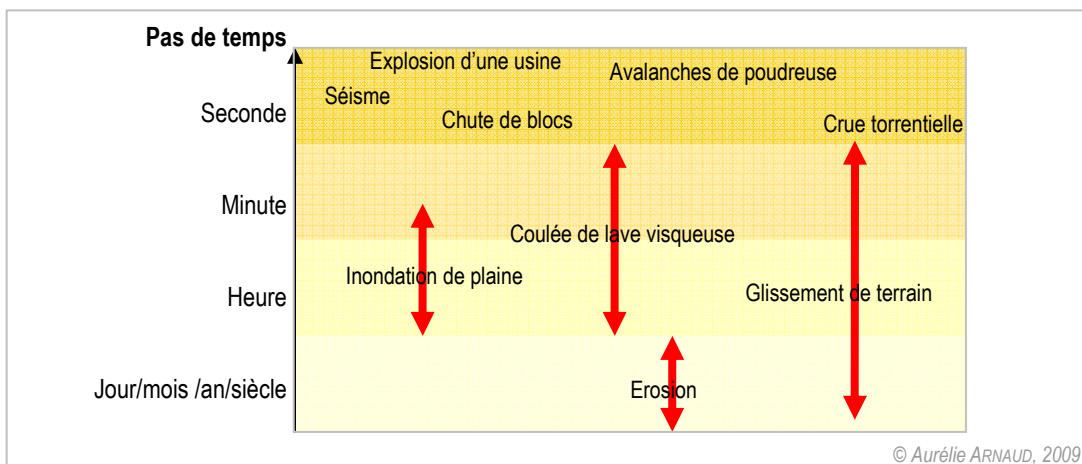


Figure 11 : Cinétique des phénomènes

Pas de temps des traces du phénomène : Un phénomène marque le paysage. Les pas de temps des traces laissées sur l'espace physique sont variables : la trace d'une crue rapide s'efface facilement en une saison avec la végétation qui colonise les berges du cours d'eau, contrairement à une coulée volcanique qui dévaste une forêt. Ce substrat volcanique reste alors des dizaines d'années inapte à la végétalisation (Photographie 4).



Photographie 4 : Empreintes dans l'espace physique

Les temporalités de l'espace physique dépendent de sa composition (sa végétation, sa géologie, etc.) et de la nature de l'aléa qui déterminent l'importance des phénomènes.

3.1.2 Temporalités des éléments exposés

Lorsque la vulnérabilité des éléments exposés se déclare dans le monde réel, des dommages apparaissent. Ces temporalités dépendent à la fois des temporalités des éléments exposés physiques et humains, que sont les pas de temps liés à leur vulnérabilité et à leur résistance aux phénomènes ; et des pas de temps liés à la réaction et à l'action des hommes lors de l'arrivée d'un phénomène.

Pas de temps liés aux éléments exposés physiques : les pas de temps des éléments exposés physiques (bâtiment, terrain de football, forêt, etc.) sont leur durée de vie sur un territoire à risque. Cette durée de vie dépend de trois facteurs. 1/ Le type d'élément exposé : la durée de vie d'un bâtiment est plus élevée que la durée de vie d'une voiture. 2/ Le facteur humain : la durée de vie est influencée volontairement par l'homme (ex. destruction de bâtiments dans le cadre d'un réaménagement d'une zone ou pour cause de vétusté). 3/ Le facteur environnemental : la durée de vie s'arrête lors d'un phénomène qui va endommager ou supprimer l'élément exposé. Les pas de temps des éléments physiques dépendent alors de leur vulnérabilité physique. Par exemple la qualité de construction d'un bâtiment (matériaux utilisés) va déterminer sa résistance dans le temps (longévité du bâtiment face aux intempéries) et sa résistance à la puissance d'un phénomène.

Pas de temps liés aux éléments exposés humains : les temporalités des éléments exposés humains sont de différents types. Comme pour les éléments exposés physiques, il

s'agit des pas de temps liés à leur existence. Les pas de temps sont alors dépendants de la vulnérabilité des personnes. Les pas de temps de la vulnérabilité sont fonction :

- de la localisation de la personne. Cette vulnérabilité peut être qualifiée de pérenne ou temporaire (Arnaud *et alii*, en soumission). Un groupe de personnes qui habite un territoire à risque est soumis à une vulnérabilité pérenne, si celui-ci est constamment exposé à un aléa. Par extension, tout être humain est en situation de vulnérabilité pérenne. Cette dénomination de la vulnérabilité fonctionne également pour les éléments exposés physiques (ex. cas des bâtiments non-conformes à des normes parasismiques). L'autre pas de temps de la vulnérabilité humaine est réduit, s'il concerne une exposition à l'aléa temporaire (ex. la pratique de sports dans des milieux à risque, la pratique de réseaux routiers soumis à des aléas de type éboulements ou avalanches, l'exposition à un virus) : la vulnérabilité est ici temporaire ;
- de l'état physique et psychique de la personne (santé, caractère, etc.). Dans ce cas, la vulnérabilité est également temporaire ou pérenne ;
- de leur capacité à agir. Cette capacité à agir dépend de la fonction de la personne (ex. acteur à pouvoir), de son niveau de vie (ex. une personne pauvre n'ayant pas de véhicule pour fuir). Ce qui nous intéresse précisément c'est qu'elle comprend des pas de temps propres face à un phénomène annoncé ou vu (le pas de temps de la réaction et de l'action) qui dépendent plus précisément :

- de la vulnérabilité liée à l'âge et à la condition physique qui conditionnent la capacité de réaction physique et mentale : un jeune enfant, une personne handicapée ou une personne âgée ont davantage de difficultés pour se déplacer rapidement qu'un adulte dans la force de l'âge ;

- de la vulnérabilité liée à la localisation : la localisation des individus détermine leur mobilité (espace physique permettant la fuite) et donc leur vitesse de fuite (ex. existence de lieux d'évacuation). La localisation dépend de l'heure de la journée et du statut de l'individu (travailleur, étudiant, chômeur, retraité, etc.) qui conditionne leur rythme de vie (pratique des réseaux piétons, cyclables, routiers ; pratique de lieux particuliers). La localisation détermine également la vitesse d'exécution du phénomène. Or plus celui-ci est rapide et moins la personne a le temps de fuir et plus un élément exposé a de chance de se faire balayer (que ce soit une personne ou un bâtiment). La soudaineté prend de court la population qui peut alors être psychologiquement très marquée (une vitesse plus lente permet de protéger, évacuer et préparer cette dernière), Tableau 1 et Tableau 7 ;

Phénomène	Localisation et date	Dommages en chiffres
Avalanche	Montroc, Chamonix-Mont-Blanc, France (9/02/1999)	12 morts, 20 Chalets soufflés
Effondrement	Mont Granier, Savoie, France (25/11/1248)	5 villages engloutis, 2 soufflés

Sources : www.anena.org/savoir/etudiant/sav_etud_aspect_juridique/montroc_cote_juridique.html, fr.wikipedia.org/wiki/Mont_Granier.

Tableau 7 : Dommages issus de phénomènes à cinétique rapide

● de vulnérabilité « mentale ». Nous considérons que cette vulnérabilité est liée à la perception du risque des personnes. De manière très rapide, nous acceptons que la perception dépend de la connaissance du risque (nous ne détaillerons pas cet aspect, s'éloignant de notre problématique). Cette connaissance influence la capacité d'analyse de situations et donc la capacité d'agir rapidement et de manière appropriée lors de l'annonce ou de l'arrivée d'un phénomène. Cette connaissance dépend de plusieurs facteurs : de l'apprentissage du risque et la manière de s'en protéger, de la conservation et de la diffusion de l'information sur les événements. La perception du risque est rythmée par les événements qui rappellent qu'une partie de l'espace physique est active et peut se révéler dangereuse ; ou par les campagnes d'information qui s'animent lorsque la menace d'un phénomène est tout à coup imminente ; ou bien encore, lorsque les acteurs de la prévision annoncent l'augmentation de probabilité d'un aléa (ex. suite à des analyses, contre-expertises ou des observations).

Ce paragraphe qui tente de structurer toutes les temporalités des éléments exposés ne cherche pas l'exhaustivité. Il s'agit d'une première tentative et nécessiterait une recherche bibliographique approfondie.

Les temporalités des éléments exposés physiques et humains dépendent de multiples variables qui fluctuent dans leur vulnérabilité, et déterminent la gravité des dommages.

L'étude des temporalités d'un territoire à risque est capable de renseigner sur l'importance d'un phénomène et sur la gravité des dommages prévus. Nous rappelons que le système « territoire à risque » aide à mieux comprendre cette relation de cause à effet (Fig. 9, p. 95).

Les temporalités de l'espace physique et des éléments exposés sont diverses. Lorsqu'elles se croisent, que se passe-t-il ?

3.2 L'événement, une conjonction de temporalités

Le territoire à risque évolue selon le rythme des facteurs d'évolution de son espace physique (altération géomorphologique, météorologie, etc.) et anthropique (ex. les éléments exposés qui peuvent être des aménagements existants et prévus). Le territoire à risque peut être plus ou moins menacé (par un événement) à un moment donné. En effet, la conjonction de ces deux temporalités forme de nouvelles temporalités du territoire à risque: les événements (Figure 12). L'événement est donc issu de la conjonction des temporalités des éléments exposés et des espaces physiques. Par exemple, une avalanche dont la trajectoire rencontre des habitations provoque un événement compte tenu des dégâts provoqués.

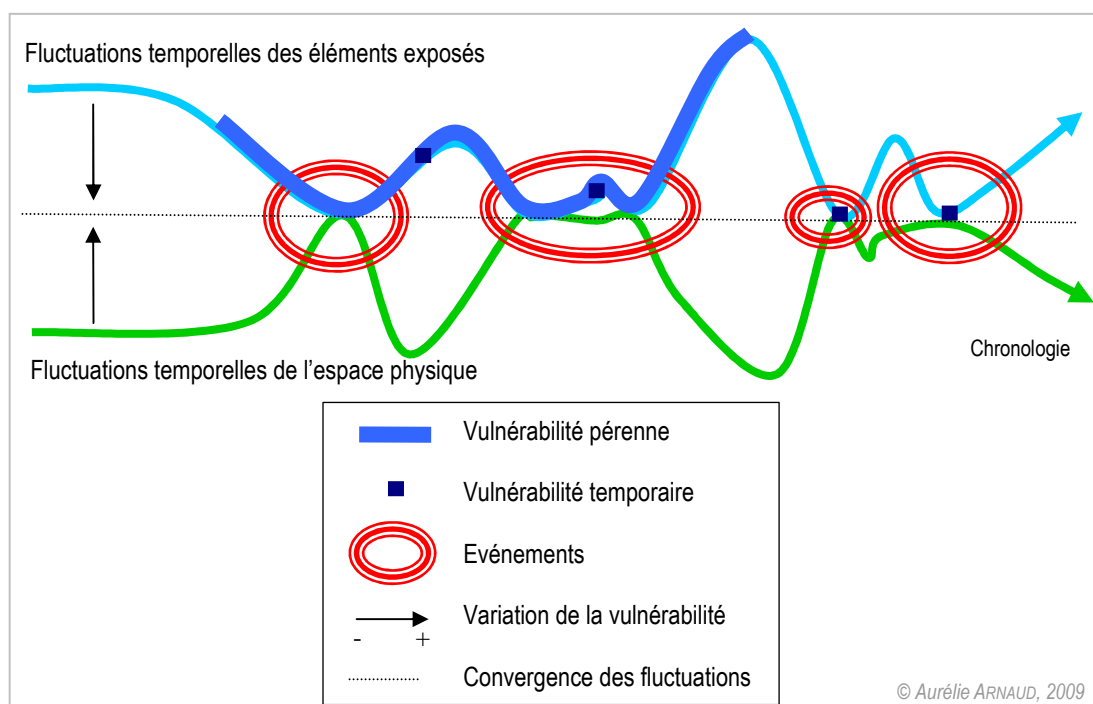


Figure 12 : Fluctuations temporelles du territoire à risque

Un événement possède des temporalités propres. En effet, les pas de temps de son déroulement dictent les pas de temps des contextes de risque (§ 3.2.1.) et les pas de temps des empreintes produites par le phénomène et les dommages (§ 3.2.2.). L'objectif est alors de comprendre ce qu'est un événement à travers l'étude de ses temporalités, et de repérer ce que ces temporalités nous apprennent. Avant de répondre à ces objectifs, comment décrivons-nous un événement dans le temps ?

L'événement se caractérise par le passage d'un état à un autre, soit le changement. Lorsque le phénomène atteint des lieux anthropisés, il provoque des dommages, c'est-à-dire l'endommagement d'éléments exposés. L'événement est qualifié d'incident (si les dommages sont mineurs) ou de catastrophe (si les dommages sont majeurs).

La **catastrophe** est un événement exceptionnel qui provoque des perturbations du territoire. Plus qu'une perturbation, il peut s'agir d'une rupture brutale d'un système dont le temps nécessaire à retrouver son équilibre originel ou une stabilité moindre est élevé (supérieur à 1 mois) à cause de dommages importants. On parle de catastrophe humaine, de catastrophe économique, et même de catastrophe écologique lorsque l'espace physique est considéré comme un patrimoine et que sa biodiversité est affectée de manière irréversible (ex. par un incendie dévastant une forêt ou par une pollution radioactive). La conjonction des temporalités du territoire à risque rend un événement plus ou moins catastrophique. Par exemple, un événement qui survient la nuit peut aggraver ou non une catastrophe (ex. présence d'automobilistes sur les réseaux, présence des habitants dans leur maison). L'événement catastrophique est également qualifié d'« **événement historique majeur** » si l'on s'en tient à la définition de Suter (in Ozouf-Marinier *et al.*, 2000).

L'histoire d'un événement décrit sa cause (le phénomène), sa parade (l'alerte) et la crise, et ses conséquences et traces (les dommages). L'histoire de l'événement est en quelque sorte

la description et l'analyse de ses étapes d'exécution qui fait apparaître des repères temporels remarquables (dates et horaires du déroulement).

Maintenant, juxtaposons les temporalités de l'événement aux contextes de risque afin de découvrir des corrélations.

3.2.1 Temporalités de l'événement et contextes de risque

Il semble pertinent d'associer aux temporalités des événements celles des politiques du risque puisqu'un territoire à risque est rythmé par des moments d'anticipation de l'aléa (prévision) et de préparation des éléments exposés (prévention) qui font parti d'un contexte de gestion du risque. Il est également rythmé par des moments de gestion de l'événement (alerte, gestion de l'alerte, gestion de crise, rétablissement). Les politiques du risque comprennent entre autre la politique de prévention et de prévision du risque. Leur application se traduit, en cas de phénomène, par le lancement du système d'alerte puis la mise en place de la gestion de la crise. L'événement est alors divisé en plusieurs pas de temps : celui du phénomène, celui du lancement de l'alerte, celui de la gestion de l'alerte et de la crise. Le pas de temps de l'alerte (également nommé « processus d'alerte » ou « vigilance ») dépend de nombreux éléments dont l'évolution du phénomène et les décisions scientifiques (ex. Météo-France) qui la lancent en accord avec les autorités gouvernementales (mais l'étude du processus d'alerte est actuellement en évolution : Creton-Cazenave, 2009). Tandis que le pas de temps de la gestion de l'alerte et de la crise dépend des temporalités des éléments exposés, des temporalités des phénomènes mais aussi de la mise en œuvre des actions de protections et d'évacuation. Ces trois premiers contextes se succèdent ou non dans l'ordre de la Figure 13, ils peuvent même se superposer. Suite au phénomène, la gestion de crise se poursuit puis laisse place au rétablissement et à la reconstruction (Figure 13).

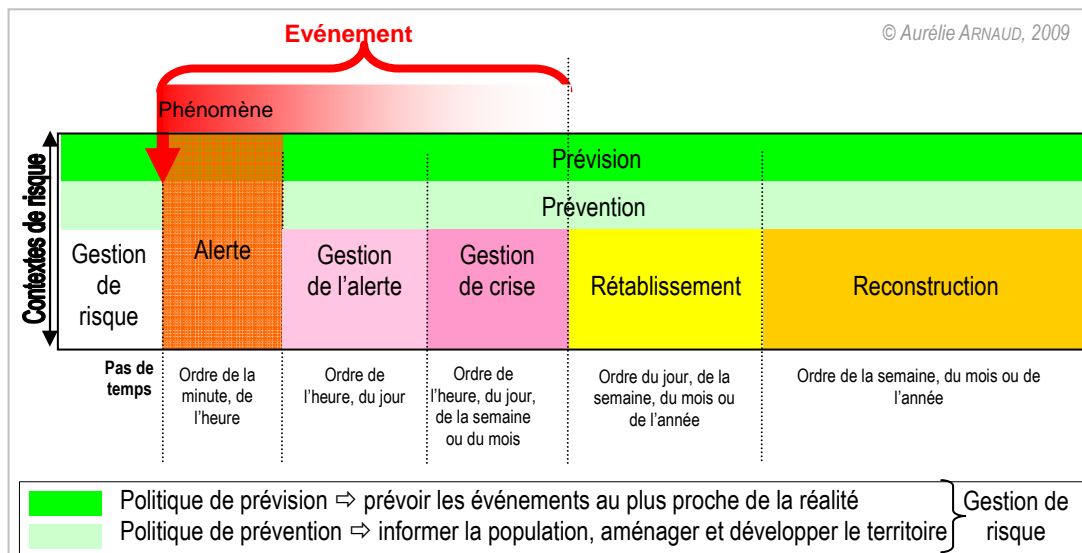


Figure 13 : Temporalités des contextes de risque

Là encore, les pas de temps peuvent être intervertis. Ces actions temporaires s'appliquent sur des échelles de territoire différentes : l'alerte est lancée à l'échelle nationale (par exemple, le centre de météorologie de Toulouse). Le temps de l'alerte peut être très court, de

l'ordre de la minute et de l'heure, pouvant se prolonger sur un à plusieurs jours. Le préfet reçoit l'alerte et prévient le maire (échelle locale) lorsqu'il le juge nécessaire. La politique de gestion de crise est organisée au niveau local avec une application locale suivant le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) préalablement établi. Le temps de rétablissement (remise en état des réseaux de communication, d'eau et d'électricité) dépend des éléments exposés affectés par le phénomène, pouvant aller jusqu'à des mois selon l'ampleur de la catastrophe. La reconstruction dont l'objectif est de rétablir l'équilibre du système socio-économique (logements, services, etc.) dépend des mêmes facteurs et peut nécessiter plusieurs années.

Lorsqu'il n'y a pas d'événements en cours ni prévus, les applications des politiques se contentent d'informer la population, et d'aménager et développer le territoire à risque en harmonie avec les contraintes de son espace physique. Ces politiques sont permanentes et s'appliquent sur diverses échelles territoriales : les politiques de prévision sont nationales et peuvent se spécifier selon l'espace physique de proximité. Les centres de recherche grenoblois orientent leurs recherches sur l'étude des milieux montagnards (ex. investigations du Cemagref et du centre de météorologie Météo-France sur le risque issu d'aléas liés à la gravité, tels que les avalanches, les éboulements, les crues torrentielles, etc.). Les politiques de prévention promulguées au niveau national ont des applications locales (PPR, DICRIM, etc.).

La définition des temporalités de l'événement montre que les temporalités des contextes de risque dépendent des temporalités de l'événement (Figure 14) mais aussi de la maîtrise de la situation par les acteurs qui doivent, une fois de plus, connaître les événements passés pour choisir des actions adaptées au territoire à risque.

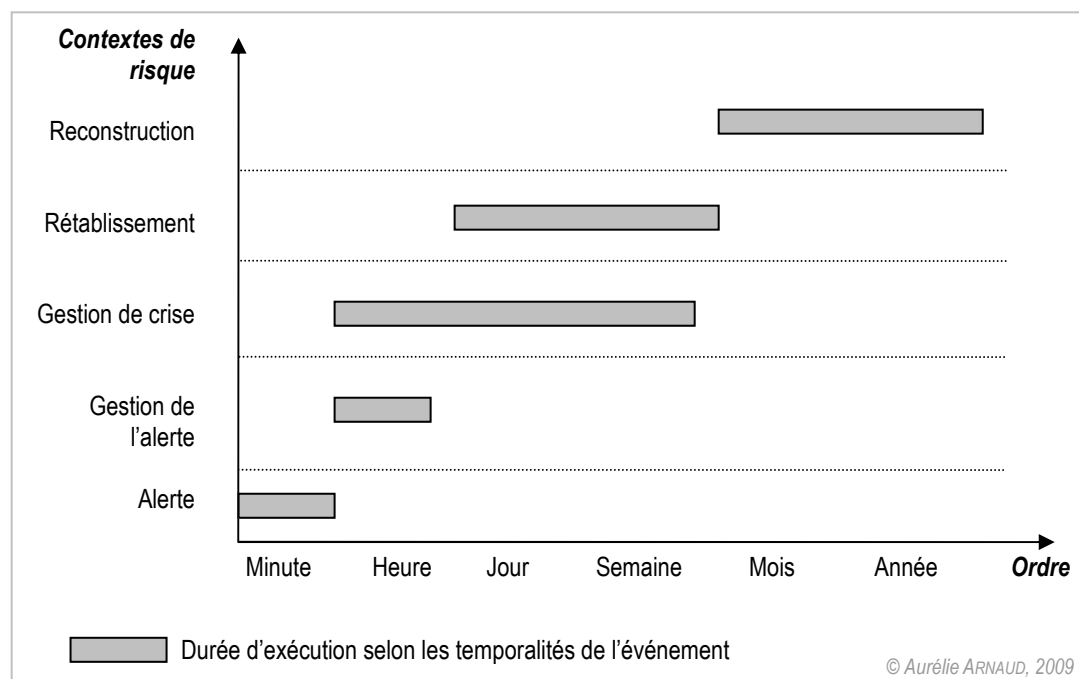


Figure 14 : Les temporalités de l'événement dictent les temporalités des contextes de risque

L'efficacité de la gestion d'un événement dans l'espace (action au bon endroit) et dans le temps (maîtrise et réduction des pas de temps, action au bon moment), et les temporalités des éléments exposés, du phénomène et de sa puissance, laissent des empreintes plus ou moins profondes sur le territoire à risque. Quelles sont-elles ? Dans quelle mesure sont-elles intéressantes pour notre problématique ?

3.2.2 Les empreintes : témoins d'événements

Les **empreintes** sont la partie visible, à l'oeil de l'homme, de l'histoire de son territoire. Elles témoignent de l'événement : « *le territoire reçoit l'empreinte de toute une mémoire spatiale ; la mémoire des gestes, des habitudes, des travaux, et des déplacements quotidiens* » (Nordman, in Di Méo, 1991). Un événement marque l'espace physique et la société d'une manière perceptible par l'homme à travers des traces. L'inscription des empreintes sur le territoire à risque est permanente ou s'efface au fil du temps. Elles ont donc un début (lors du phénomène) mais elles n'ont pas obligatoirement de fin : « *l'excès de destruction et la violence des événements a permis de jeter un pont entre le passé et le présent* » (D. Coeur et al, 1998). Nous nous intéressons à ces empreintes car nous les considérons importantes pour la construction de la connaissance du risque.

L'hypothèse que nous tentons de vérifier est que les temporalités des empreintes peuvent témoigner de plusieurs types d'événements. Pour vérifier cette hypothèse, nous cherchons à mettre en évidence les différentes variétés d'empreintes, pour finir par une qualification des événements.

Il existe **différents types d'empreintes**. Les empreintes signent la composante physique du territoire à risque mais aussi sa composante sociale. Les empreintes sont directes lorsqu'elles sont issues d'un marquage direct du phénomène sur le territoire ; elles sont indirectes lorsqu'elles sont produites volontairement, pendant ou suite au phénomène.

Les empreintes physiques ne sont pas seulement le marquage de l'espace physique par un phénomène. Ce sont aussi les traces du phénomène qui marquent la société à travers l'endommagement des éléments exposés (ex. personnes blessées, ruines). Les empreintes physiques, telles que des immeubles démolis, peuvent s'effacer rapidement par une reconstruction hâtive, ou non (ex. villages de Valchevrière (38) en ruines dans le Vercors, détruits par les nazis en 1944 lors de la seconde guerre mondiale). Certaines empreintes dans l'espace physique s'estompent avec la colonisation végétale qui elle-même est plus ou moins rapide selon le substrat ou l'érosion. Les marques sont indélébiles (à l'échelle temporelle humaine) lorsqu'un écosystème fragile est atteint (ex. un incendie de forêt mettant la roche à nu ; la déforestation de l'Amazonie faisant apparaître une calotte de fer en surface, rendant les terres impropres à la culture).

Les empreintes sociales sont des traces psychologiques, c'est-à-dire que le phénomène est à la source d'un choc, d'une perturbation, dont la société et l'individu sont marqués (ex. un trouble dans leur comportement, autant physique que cérébral). Cette empreinte peut disparaître mais aussi rester à vie lorsque les traumatismes économique, physiques (ex. perte d'un membre) et psychologiques (ex. perte de proches) sont profonds.

L’empreinte du phénomène sur la société incite des individus à relater les faits à travers des écrits, des iconographies, des photos, des vidéos, etc. Ces traces de l’événement traversent, elles aussi, le temps, mais ne sont pas directes puisqu’elles sont issues d’une interprétation de l’événement par l’auteur. Elles sont secondaires (indirectes). Ces empreintes ne sont pas subies, elles sont produites volontairement selon une intention précise d’un ou plusieurs individus qui peuvent être des acteurs du territoire à risque : informer, témoigner à travers des retours d’expériences, des expositions, sensibiliser (techniques utilisées dans la prévention du risque), stockage des informations dans des bases de données (ex. pour alimenter des recherches en prévision), etc.

3.2.2.1 Des empreintes pour la mémoire des événements

Ces empreintes indirectes et directes peuvent constituer une **mémoire**⁵¹. Notre hypothèse est que la mémoire correspond à un type de « temporalité longue » de l’empreinte. L’analyse d’un travail sur la patrimonialisation tente de vérifier cette hypothèse, et montre simultanément l’importance de cette démarche lorsqu’il s’agit d’événements issus de risque.

La mémoire s’inscrit dans le temps. Quelle que soit sa forme (orale, écrite, etc.), elle retranscrit le passé. Elle est la seule clef qui permette de connaître aujourd’hui ce qui s’est passé ces dernières années ou ces derniers siècles. Elle s’estompe différemment selon les supports utilisés (papier, roche, Compact Disc, témoignage d’une victime, etc.) et selon une mémoire individuelle ou collective. Un individu isolé a tendance à oublier plus vite et à déformer un récit (qui dépend de sa subjectivité) davantage qu’un individu vivant en collectivité où l’interaction des récits nivelle les parts de subjectivité autour de l’objectivité des faits. En effet, le phénomène de remémoration entretient la mémoire. Mais la mémoire des événements s’estompe également selon :

- le lieu et le contexte de déclaration du phénomène : ex. la mémoire des villages de montagne ou des villages isolés est conservée grâce au nombre d’individus réduit qui favorise la communication entre eux (Schoeneich *et al*, 1998) ;

- le pas de temps de la période de retour de l’aléa : un phénomène qui a lieu tous les dix ans s’oublie moins vite qu’un phénomène de récurrence centennale (ex. un événement semblable au tsunami de Sumatra en 2004 avait eu lieu cent ans auparavant⁵²) ;

- les politiques du risque : ses applications peuvent s’orienter vers une sensibilisation de la population en cultivant une mémoire des événements passés.

La mémoire du risque peut se conserver sur plusieurs générations comme sur aucune (ex. construction de villages ex-nihilo -stations de ski des années 60- ou un village qui accueille une population exogène Comme Saint-Hilaire Du Touve-38).

⁵¹ Le terme « mémoire » est employé au sens « mémoire collective ». C’est-à-dire un fond commun à une société, enregistré, conservé et restitué, qui révèle des souvenirs proches ou lointains (ATILF).

⁵² <http://www.linternaute.com/histoire/motcle/425/a/1/1/tsunami.shtml> et sur la prévisibilité de la catastrophe :

<http://www.mondialisation.ca/index.php?context=viewArticle&code=CHO20051220&articleId=1572>

La mémoire des événements dépend de deux facteurs :

- les empreintes directes et indirectes : l'empreinte indirecte paraît avoir plus d'impact que l'empreinte directe sur la connaissance de l'homme. En effet, notre hypothèse est que l'empreinte indirecte résulte d'une volonté de l'homme de constituer une mémoire. Elle explique le contexte et les faits de l'événement, alors que l'empreinte directe seule ne parle pas à l'homme. Par exemple une personne qui observe le Mont Granier (38) sans connaître l'histoire de son effondrement reste peu sensible à cet événement, pourtant historique ;

- les temporalités des empreintes : elles résultent de la conservation des traces. Ces témoins de l'histoire doivent-ils être conservés ou effacés au plus vite ? Pour poursuivre cette réflexion nous nous appuyons sur les travaux de Périgois (2006) sur la patrimonialisation de signes et d'artefacts dans les « petites villes ». Appliqué à la **patrimonialisation d'un événement issu de risque**, il s'agit de créer un pas de temps long ou « sans fin »⁵³ d'une empreinte sur un territoire, afin de produire une mémoire collective en guise de prévention du risque. La patrimonialisation de l'événement est une temporalité longue et elle inscrit durablement un événement sur le territoire à risque. La mise en place d'un monument aux morts suite à un événement catastrophique favoriserait-elle la mémoire du risque ? Prenons l'exemple de Val d'Isère (73). Suite à l'avalanche du 10 février 1970 qui détruit le chalet de l'U.C.P.A. (39 victimes, 40 blessés), la commune refuse d'installer un monument aux morts afin de ne pas ternir l'image touristique de la station de ski. Or, ce monument n'amènerait-il pas les touristes à prendre conscience du danger et à adopter une pratique de la montagne sur piste et hors piste davantage raisonnée ? Ce type de patrimonialisation pourrait s'adapter à des villages de montagne (ex. Saint-Hilaire du Touvet, 38) qui se développent et accueillent une population exogène, souvent d'origine urbaine. Cette nouvelle population n'a aucune connaissance ni prise de conscience du risque qui la menacent. La pression urbaine qui s'exerce sur ces communes de montagne peut mettre des œillères aux décideurs locaux. Par exemple, l'avalanche du 9 février 1999 à Chamonix (74), a détruit 17 chalets du hameau de Montroc et a fait 12 victimes. Or, cette zone urbanisée était classée « zone inconstructible » dans le PPR et des événements comparables lorsque les crues de 1970, de 1923 et de 1914 avaient donné lieu à des catastrophes similaires (Ancy, 2000). Une patrimonialisation des événements naturels aurait sans doute aidé à responsabiliser les élus mais également la population exogène et exigeante, prête à tout pour accéder à un hédonisme paysager. La patrimonialisation de cette mémoire se concrétise par la fabrication d'empreintes à pas de temps longs comme les monuments aux morts (ex. Vaison-la-Romaine, 30), mais aussi par des écrits (ou autres illustrations) de l'histoire des événements d'une région qui peuvent paraître dans des manuels destinés aux acteurs des territoires, des guides touristiques, ou des sites Web sur Internet.

Les pas de temps des différents types d'empreintes distingués (directe, indirecte) déterminent leur degré de patrimonialisation (temps long : la mémoire) ce qui aide à caractériser les événements à travers le temps.

⁵³ Un pas de temps qui s'ancre dans le territoire pour une durée très longue, sur plusieurs générations.

3.2.2.2 Des empreintes pour qualifier l'événement

Les événements issus de risque peuvent-ils être qualifiés d'« **événements historiques** » au sens où Suter (in Ozouf-Marinier *et al*, 2000) le définit ? Les événements issus de risque peuvent être qualifiés à travers la quantification des dommages, mais cette évaluation est très délicate. En effet, le comptage des dégâts est d'autant plus difficile lorsqu'il s'agit de quantifier un traumatisme psychologique (ce que tentent de réaliser les quantitativistes). De plus, pour un même événement, les médias fournissent souvent plusieurs chiffres. Nous orientons alors nos recherches vers une qualification qui se baserait sur l'hypothèse que le pas de temps de suppression des empreintes détermine la gravité d'un événement et non son historicité. Les événements catastrophiques marqueraient plus longuement un territoire à risque qu'un événement non catastrophique. Souvent les traces sont ancrées à l'échelle du temps géologique (ex. chute du Mont Granier, 74) et à l'échelle de plusieurs générations. Cependant, les traces qui marquent la géologie sont une sorte de patrimonialisation naturelle qui permet de se souvenir à travers les générations. Mais encore faut-il qu'elles soient valorisées. Par exemple, en Indonésie, le tsunami du 27 août 1883 n'a pas laissé de traces, mais a pourtant tué 36 000 victimes (Winchester, 2003). C'est ainsi qu'en 2004, les habitants de Sumatra ont subi les conséquences d'une mémoire effacée (rappel : 219 000 morts). Cependant, nous acceptons le fait que plus la catastrophe provoque des dommages, plus elle s'inscrit longuement dans le temps et donc dans la mémoire. Ensuite, il s'agit de valoriser cette mémoire en la portant à la connaissance du public.

Le degré de catastrophisme influence-t-il le degré d'historicité de l'événement ? Nous avons vu qu'un événement catastrophique est un événement historique parce qu'il marque durablement le territoire. Cependant, un événement non catastrophique peut-il également laisser des empreintes à long terme ? Si l'histoire est le récit des faits marquants, l'« événement historique » est créé par la longévité des traces de l'événement dans les mémoires, les politiques, les aménagements, la profondeur des cicatrices laissées sur le territoire, et l'importance que la société accorde à cet événement. L'événement est alors historique par les empreintes laissées (traces psychologiques et dans l'espace physique). L'événement historique est celui qui marque l'histoire, qui est rare sur une chronologie temporelle, et c'est celui dont les acteurs locaux se souviennent et auquel ils s'identifient. Seuls les événements les plus marquants laissent suffisamment de données pour reconstituer l'histoire. En effet, c'est surtout « *l'histoire des événements catastrophiques* » qui « *constitue le champ général dans lequel s'inscrit l'information historique* » (Cœur *et al*, 1998). Cependant, l'événement historique est donc un événement qui peut ne pas être catastrophique, s'il marque le « territoire à risque ». L'événement historique est donc issu d'une construction sociale, ancrée sur un territoire.

La longévité des traces issues d'un événement dépend non seulement de l'ampleur d'une catastrophe (ex. Tsunami de 2004 en Indonésie, Tchernobyl en 1996 en Ukraine), mais aussi de l'organisation et de la capacité de réaction du territoire lors de l'apparition d'un phénomène, c'est-à-dire sa capacité à gérer l'alerte, la crise, puis à organiser le rétablissement et la reconstruction. Enfin, la longévité des empreintes dépend de la volonté de la société à les maintenir dans le temps. Elle construit les événements historiques.

Le cours de l'histoire d'un événement sur un territoire à risque est dicté par un phénomène, mais il dépend pour beaucoup de sa conduite par les acteurs du territoire en amont, pendant, et en aval de l'événement. Ces derniers ont tendance à produire des empreintes indirectes et à les conserver seulement si l'événement a été marquant. Or tous les événements ont une importance, même mineure. Comment prolonger l'existence de ces empreintes ?

Les temporalités des territoires à risque renseignent alors sur de nombreuses qualifications des événements : le type d'événement, l'importance du phénomène, la gravité des dommages, la durée de chaque contexte de risque, et donc l'ampleur des événements.

Toujours dans le but de mieux comprendre ce que sont les événements, l'événement qui occupe une place centrale dans notre problématique vient d'être décrit de manière théorique, la partie suivante s'attache à appliquer cet ensemble théorique à l'étude de quelques événements sur la couronne grenobloise. Révèlent-ils de nouveaux éléments de compréhension ?

3.2.3 Lecture des événements dans la couronne grenobloise

Les massifs montagneux et les rivières sont à l'origine d'événements issus d'aléas naturels réguliers sur la couronne grenobloise. Nous analyserons les cas concrets d'événements issus du risque d'éboulement et d'inondation qui ont affecté notre terrain d'étude ces derniers siècles. Les empreintes laissées permettent-elles aux acteurs des territoires de la couronne et aux citoyens de lire les événements qui les menacent afin de mieux les connaître ?

3.2.3.1 Description des événements

Le choix de ces exemples est issu des données fournies par nos partenaires de recherches : le laboratoire LIRIGM et le bureau d'étude Acthys Diffusion présentés dans l'introduction.

Les inondations

Une rapide description des événements d'inondations dans la plaine de la couronne grenobloise nous mène à l'étude des empreintes encore présentes. Plus particulièrement, l'inondation de 1859 est considérée comme un événement historique par les historiens. En effet, nous allons voir qu'elle crée un grand chamboulement social (l'événement s'inscrit dans les mémoires) et dans l'aménagement du territoire (construction de digues).

Les crues de l'Isère affectent la vallée du Grésivaudan jusqu'à Grenoble, puis le nord-ouest de la couronne, tandis que les crues du Drac affectent la base de la couronne.

L'histoire des inondations témoigne des multiples causes de crues de l'Isère et du Drac. En effet, plusieurs conjonctions temporelles sont en jeu : le climat, les conditions de

transport et les types de sédiments, l'activité humaine (Cœur, 2003), et l'orographie. Une autre cause est la rupture de barrages. La plus ancienne inondation catastrophique connue remonte en 1219 où une rupture partielle du barrage naturel du Saint-Laurent situé sur la Romanche (affluent du Drac) provoque une inondation de toute la vallée, jusqu'à Montbonnot. La moitié de la population de Grenoble périt⁵⁴.

De 1650 à 1859, huit crues catastrophiques ont inondé la plaine de l'Isère (Tableau 8). Cette plaine a connu de nombreuses autres crues durant cette période (91 atteignent Grenoble⁵⁵). Les autres catastrophes d'ampleur comparable à 1859 (crue de référence) se sont réalisées en 1733 et 1740.

Année/Crue	Hauteur (m)	Débit (m ³ /s)	Remarques
<i>M. Pardé</i>			
1651	6.5	2500	Deux crues de même ampleur mi et fin novembre.
1673	5.40	1800	
1711	4.65	1460	
1733	5.57	1900	
1740	5.78	1980~2000	1844 m ³ /s selon l'ingénieur B. Dausse.
1764	4.65	1460	
1778	5.40	1820	2000 m ³ /s selon l'ingénieur Cunit.
1859	5.35	1800	1950 m ³ /s selon la commission de 1875 ; 2600 m ³ /s à la confluence avec le Drac selon l'ingénieur Gentil.

Source : Cœur, 2003

Tableau 8 : Les plus grandes crues de l'Isère à Grenoble

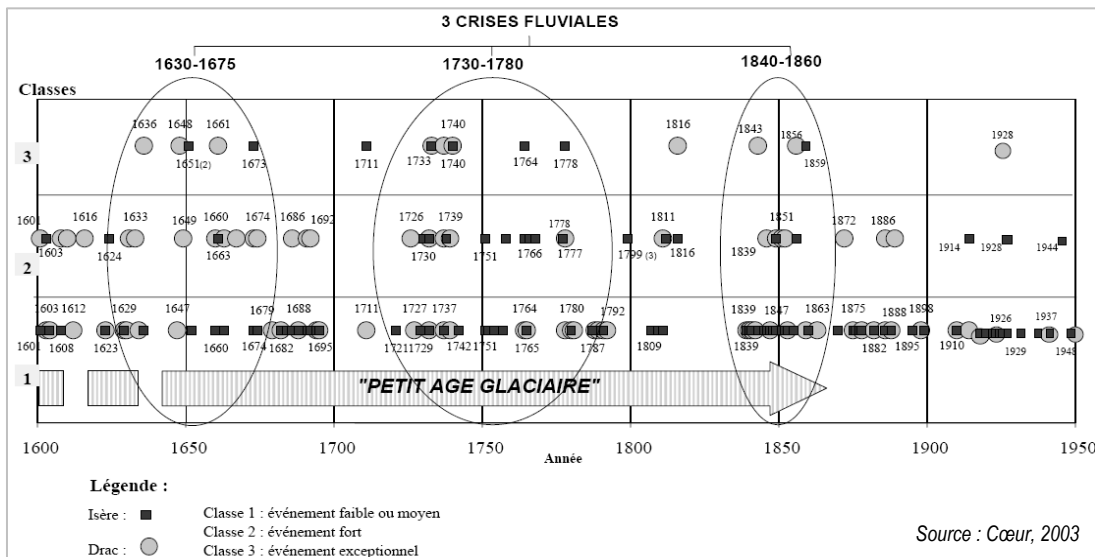


Figure 15 : Crises fluviales du petit âge glaciaire (Cœur, 2003)

⁵⁴ http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers_questions.php?id_DT=1

⁵⁵ Le Dauphiné, paru dans l'édition 38H du 31/05/2008, « L'Isère, Rivière peu tranquille », <http://www.ledauphine.com/une-riviere-peu-tranquille-@/index.jspz?chaîne=25&article=26795>

A l'échelle temporelle séculaire, l'augmentation des crues sur certaines périodes (crises fluviales) coïnciderait avec des variations climatiques du petit âge glaciaire (17^{ème}) dont les conditions pluviométriques abondantes et longues ont facilité le transit des matériaux sédimentaires des glaciers, surélevant les lits des rivières (Figure 15). Chaque avancée des glaciers correspondrait aux recrudescences des inondations du Drac, mais le lien direct n'a pas encore été prouvé (Cœur, 2003).

A l'échelle temporelle annuelle, les crues apparaissent au printemps, lors de la fonte des neiges, mais aussi à l'automne, quand les sommets se chargent de neige et que les vents chauds du sud provoquent leur fonte rapide.

Des ouvrages de protection ont commencé à être construits avant 1570. En effet, des récits rapportent qu'entre 1570 et 1580, une forte activité des torrents a détruit de nombreux ouvrages de protection qui ont été par la suite reconstruits. L'accalmie des inondations avant 1730 a sans doute été due à ces premiers grands travaux qui sont parvenus à protéger la population. Néanmoins la crise fluviale de 1730 a tout balayé.

Suite à la crue de 1859, de nombreux travaux de protection ont été réalisés. Il s'agissait, d'une part, de digues insubmersibles qui coupaient les méandres (projet Clunit), d'autre part de digues submersibles qui respectaient l'implantation des méandres (projet Gentil). Des travaux de drainage de la plaine ont également été réalisés.

Au début du 20^{ème} siècle, les remparts de Grenoble qui protégeaient l'enceinte sont détruits et les anciennes digues ont été submergées dès les crues moyennes à cause de la montée du lit de l'Isère. En 1930, de grands travaux d'endiguement ont de nouveau été entrepris. Ces digues seront ensuite entretenues et le lit de la rivière régulièrement curé.

Les **dommages** de ces grandes inondations se chiffrent et se cartographient par deux documents très révélateurs qui donnent une idée de l'ampleur de ces catastrophes (Tableau 9 Figure 16 et Figure 17).

Nature	Réparation	Prévention	TOTAL
Cours d'eau (dignes)			
Isère			
Amont Grenoble, rive droite	148 000	180 000	328 000
" rive gauche	31 000	323 000	354 000
Aval Grenoble, rive droite	148 000	238 000	386 000
" rive gauche	20 000	109 000	129 000
TOTAL Isère	347 000	850 000	1 197 000
Romanche	34 000	143 000	177 000
Drac (rive droite)	15 800	96 000	111 800
Vence	3 000	-	3 000
Roize	2 100	6 000	8 100
Guiers	4 000	-	4 000
Rhône (rive gauche)	81 300	390 700	472 000
TOTAL cours d'eau	487 200	1 383 802	1 972 100
Routes			
R. Impériales	-	-	668 830
R. Départementales	-	-	156 050
Vicinalité	-	-	573 273
TOTAL routes	-	-	1 398 153

Source : Archives Départementales de l'Isère, 91M3 (Etat général des pertes..., 8décembre 1856), in Cœur, 2003

Tableau 9 : Coût des dommages causés aux routes et aux cours d'eau par les inondations du Drac en 1856 (Cœur, 2003).



Source : Cœur, 2003

Figure 16 : Hauteurs d'eau dans le centre ville de Grenoble (Cœur, 2003)



Source : Cœur, 2003

Figure 17 : Nombre d'immeubles sinistrés en 1733 à Grenoble (Cœur, 2003)

Quels **acteurs** interviennent dans le contexte de risque de ces époques ? C'est le petit Etat Sarde qui a entrepris d'endiguer complètement l'Isère entre 1830 et 1860. Puis les travaux du 19^{ème} siècle, suite à l'inondation de 1859, ont été initiés par l'Etat dans le cadre de la politique de grands travaux menée par Napoléon III. Le service des Ponts et Chaussées réalise alors des barrages de protection (les quais) et met en place un service d'annonce de crues. Les ingénieurs doivent s'employer à trouver des méthodes de travaux d'aménagement et de protection. Avant d'engager les travaux, les municipalités ont approuvé les projets. Ces travaux rejoignent les travaux des ingénieurs locaux, qui réalisaient un travail d'observation des rivières, afin de mieux annoncer l'arrivée des crues (en 1841, le premier relevé hydrologique a été réalisé sur l'Isère, au niveau de Grenoble).

Des syndicats de riverains ont entrepris une partie des digues (sous la direction des Ponts et Chaussées et des subventions de l'Etat), suivant le projet Clunit.

Les **secours** n'ont pas été efficaces lors des deux premières inondations catastrophiques à cause d'un manque de préparation car les personnes étaient incapables d'anticiper (Cœur, 2003). A partir du milieu du 18^{ème}, la population s'est préparée et a mis en œuvre les premiers dispositifs d'urgence dont les services de l'intendant (capitale provinciale) et ceux du préfet (département) qui assuraient la coordination. Les moyens humains ne manquaient

pas avec la caserne. Toutefois, en 1859, l'armée elle-même s'est fait surprendre par la soudaineté de l'inondation.

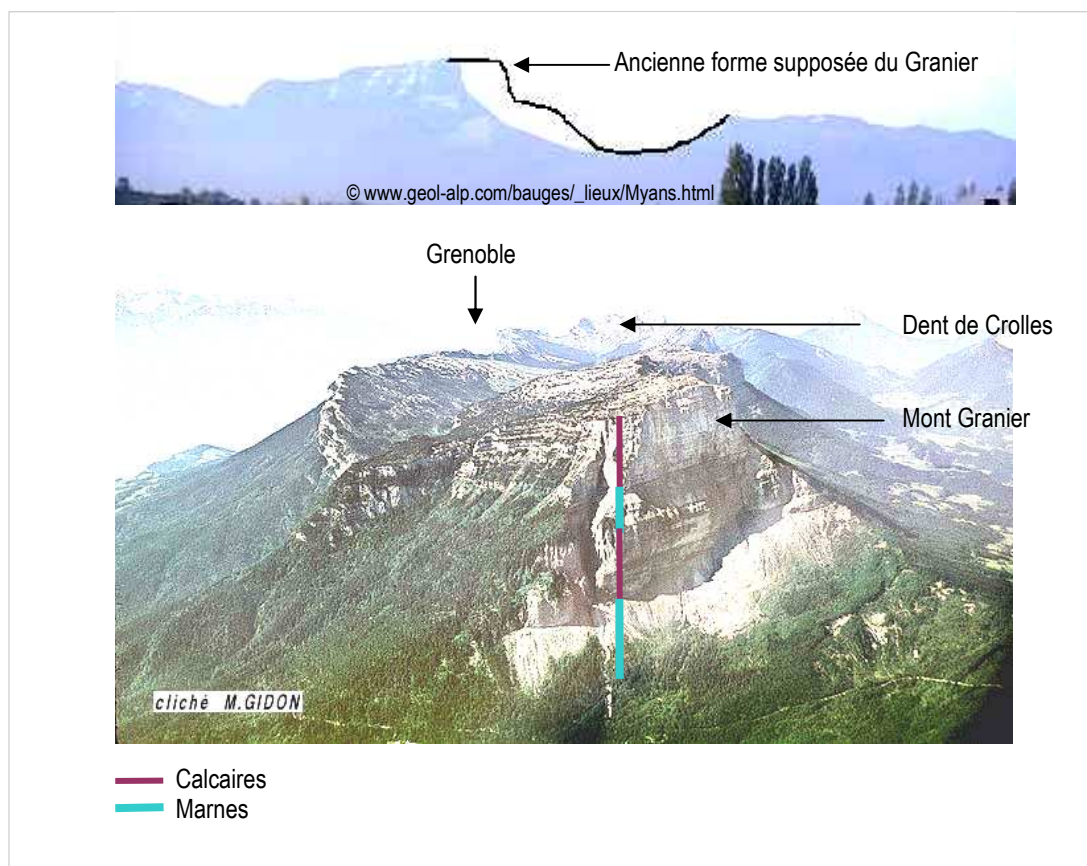
Les mesures de protection étaient dérisoires. Une des rares mesures a consisté à fermer les portes de la ville, mais l'eau a quand même été refoulée dans l'enceinte.

En terme de **reconstruction**, l'Etat aidait la reconstruction des infrastructures. Les communes finançaient également ces travaux en fonction de leur revenu fiscal.

Cette série d'événements a marqué profondément le paysage de la couronne. Quelles sont les empreintes laissées ? Quelles connaissances apportent-elles ?

Les éboulements

Les éboulements dans la couronne sont nombreux compte tenu de la densité des escarpements rocheux présents dans les trois massifs montagneux. Nous n'étudierons pas de nouveau l'éboulement de Séchilienne, encore d'actualité, pour mieux nous attarder sur l'éboulement du Mont Granier (Photographie 5), événement historique, ainsi que sur une série d'éboulements relevée sur les massifs de la Chartreuse et du Vercors. Ces derniers sont des événements de moindre ampleur, mais qui laissent des empreintes indirectes remarquables.



Photographie 5 : Eboulement du Mont Granier, 1248

Situé au nord-Est de la couronne grenobloise, l'effondrement catastrophique du Mont Granier en novembre 1248, a l'intérêt d'être issu d'un ensemble de temporalités aléatoires : l'orientation du pendage des couches géologiques en direction de villages, l'épaisseur et l'alternance des couches géologiques marneuses (argiles qui peuvent se liquéfier en période de forte humidité) et calcaires (Photographie 5), un réseau karstique très développé dans les calcaires, la présence de nombreuses failles, et la sismicité de la zone. Ces temporalités aléatoires viennent à la rencontre de temporalités courtes et longues (à l'échelle humaine) et cycliques : les dépressions des couches inférieures ont entraîné un affaissement (temporalité longue) qui a engendré l'effondrement brutal des couches supérieures (temporalité courte). Le phénomène aurait été accéléré par de fortes pluies automnales (temporalité cyclique). Sous le poids de l'effondrement, les marnes se sont liquéfiées, et ont entraîné des blocs rocheux sur plus de 25 km². Ce phénomène a détruit presque six villages.

Trois autres phénomènes importants se sont reproduits (en 1858, 1953 et 1964), sans causer pour autant des dommages graves à l'anthropisation.

Les éboulements sont très réguliers dans la couronne, souvent issus de l'assemblage des temporalités décrites pour le Mont Granier. Le laboratoire de recherche géologique LIRIGM en établit actuellement un inventaire (nous en reparlerons dans le paragraphe suivant, sur l'information).

Les temporalités des éboulements et des inondations confirment que les événements sont issus d'une conjonction de pas de temps multiples. De plus, parmi nos données, on se rend compte que les temporalités des inondations permettent de mettre en évidence des crises événementielles, la construction d'ouvrages de protection à certains moments et de percevoir les erreurs à travers l'observation de temps de réponse.

3.2.3.2 Empreintes des événements

L'étude de l'empreinte des événements appliqués à la couronne grenobloise dévoile-t-elle une possibilité nouvelle d'apprécier ces derniers ?

Empreintes des inondations de l'Isère

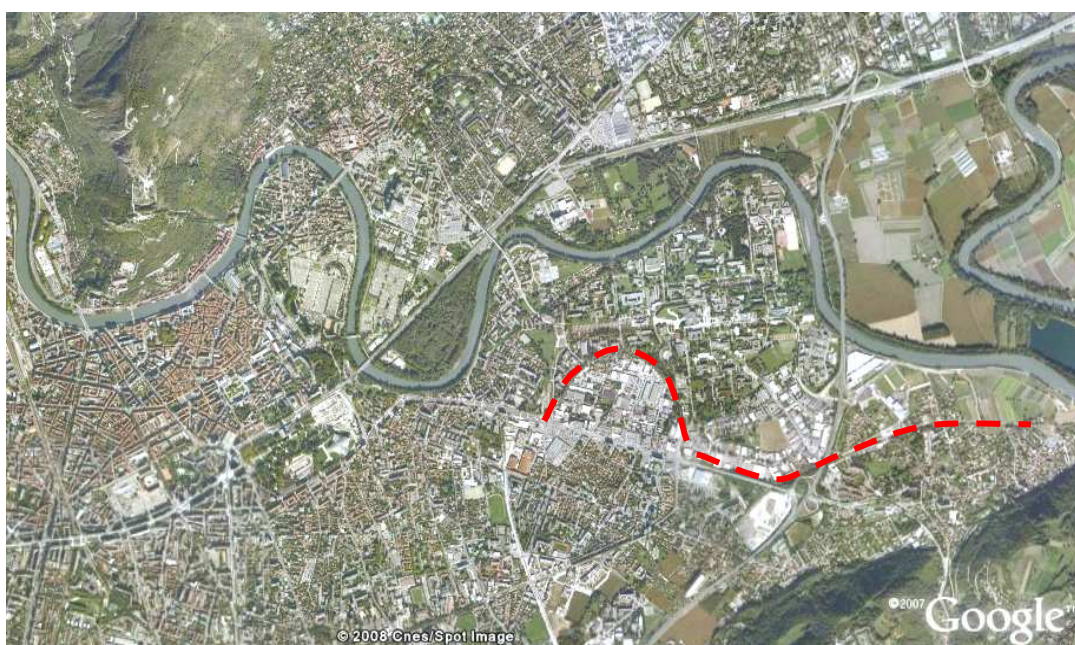
Les **empreintes** laissées par les événements d'inondation sur la couronne sont nombreuses, tant directes, qu'indirectes.

Les cicatrices gravées dans l'espace physique sont constituées par les anciens méandres du lit de l'Isère. Ce dernier s'est déplacé plusieurs fois. Néanmoins, la trace la plus visible est celle d'une coupure de méandre en 1970 (Photographie 6). Ces anciens méandres sont bien perceptibles en observant des photos aériennes (Photographie 6 et Photographie 7).



Photographie 6 : Empreinte de l'ancien méandre du Bois français

La répartition des terrains permet de tracer une limite territoriale suivant les anciens méandres (Photographie 7).



Photographie 7 : Traces probables d'un ancien méandre

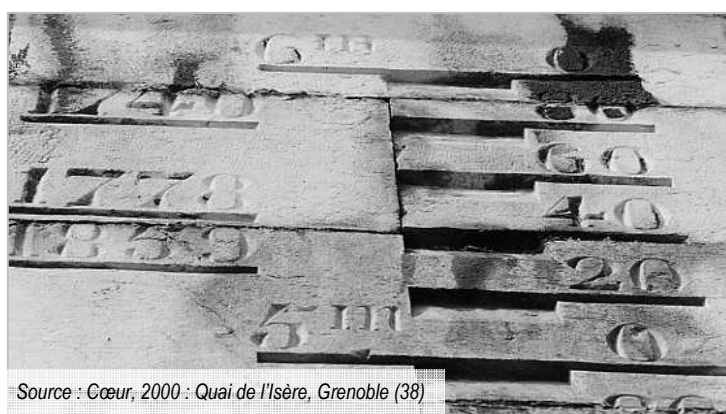
Cette empreinte directe sur l'espace physique n'a plus d'existence au niveau social, même si les inondations historiques ont très longtemps marqué la mémoire des victimes (Cœur, 2003).

Les empreintes indirectes sont nombreuses. Au niveau de l'urbanisation, les anciennes constructions du campus, ancienne zone inondable, ont des rez-de-chaussée à plafonds hauts. A l'époque ces constructions sur pilotis permettaient de limiter les dommages des inondations.



Photographie 8 : Repère de crue dans Grenoble

Dans le vieux Grenoble, un réseau de repères a été mis en place en 1880, à la limite supérieure de la crue de 1859, en sa mémoire (Photographie 8). En 1860, les dates des plus hautes eaux ont également été gravées à côté de l'échelle hydrométrique, quai Perrière (Photographie 9).



Photographie 9 : Echelle hydrométrique et repères de plus hautes crues

Des empreintes indirectes, sous la forme de récits, de cartes et d'iconographies par exemple, ont été réalisées à l'époque de ces catastrophes. Nous y reviendrons plus en détail dans le second chapitre. Ces anciens documents sont minutieusement étudiés par les

historiens. La thèse de Cœur (2003) y est entièrement consacrée. Des sites Internet tels que le site de l'Institut des Risques MAjeurs (IRMA), le site du SYndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI) et le site de la mairie de Grenoble⁵⁶ y consacrent également quelques pages. Nous analysons ces documents, sources d'informations, dans le paragraphe suivant.

Les empreintes dans l'espace physique permettent à une personne avisée d'observer dans le paysage une petite partie de l'histoire des événements de l'Isère. Par contre, les empreintes indirectes telles que les documents anciens ne sont pas compréhensibles en l'état ; ils nécessitent d'être recontextualisés. En conséquence, d'une manière générale, un néophyte en matière de risque ne peut comprendre qu'un petit nombre d'empreintes, dans notre cas, les repères de crue de 1859, la lecture d'ouvrages récents et des pages Web des sites Internet.

Les temporalités de ces empreintes sont variables (Tableau 10).

Temporalités des empreintes	Empreintes
Temporalités longues à l'échelle humaine	Anciens méandres Réseau de repères des plus hautes crues Documents anciens
Temporalités moyennes à l'échelle humaine	Bâtiments sur pilotis

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 10 : Temporalités des empreintes de la couronne grenobloise

Empreintes des éboulements

Concernant l'éboulement du Mont Granier, l'espace physique est marqué par la falaise qui change de morphologie (Photographie 9 Haut). Pour les éboulements moindres et plus récents, deux **empreintes** sont visibles dans l'espace physique : la couleur de la roche et la zone de dépôts (Photographie 10).

Les éboulements marquent durablement le paysage. La longévité de ces empreintes est donc longue et dépend de la vitesse de recolonisation des pentes par la végétation. Encore aujourd'hui, des blocs rocheux apparaissent dans les jardins des nouveaux villages. En effet, 500 millions de m³ de roche répandus sur plus de 25 km² représentent une empreinte durable.

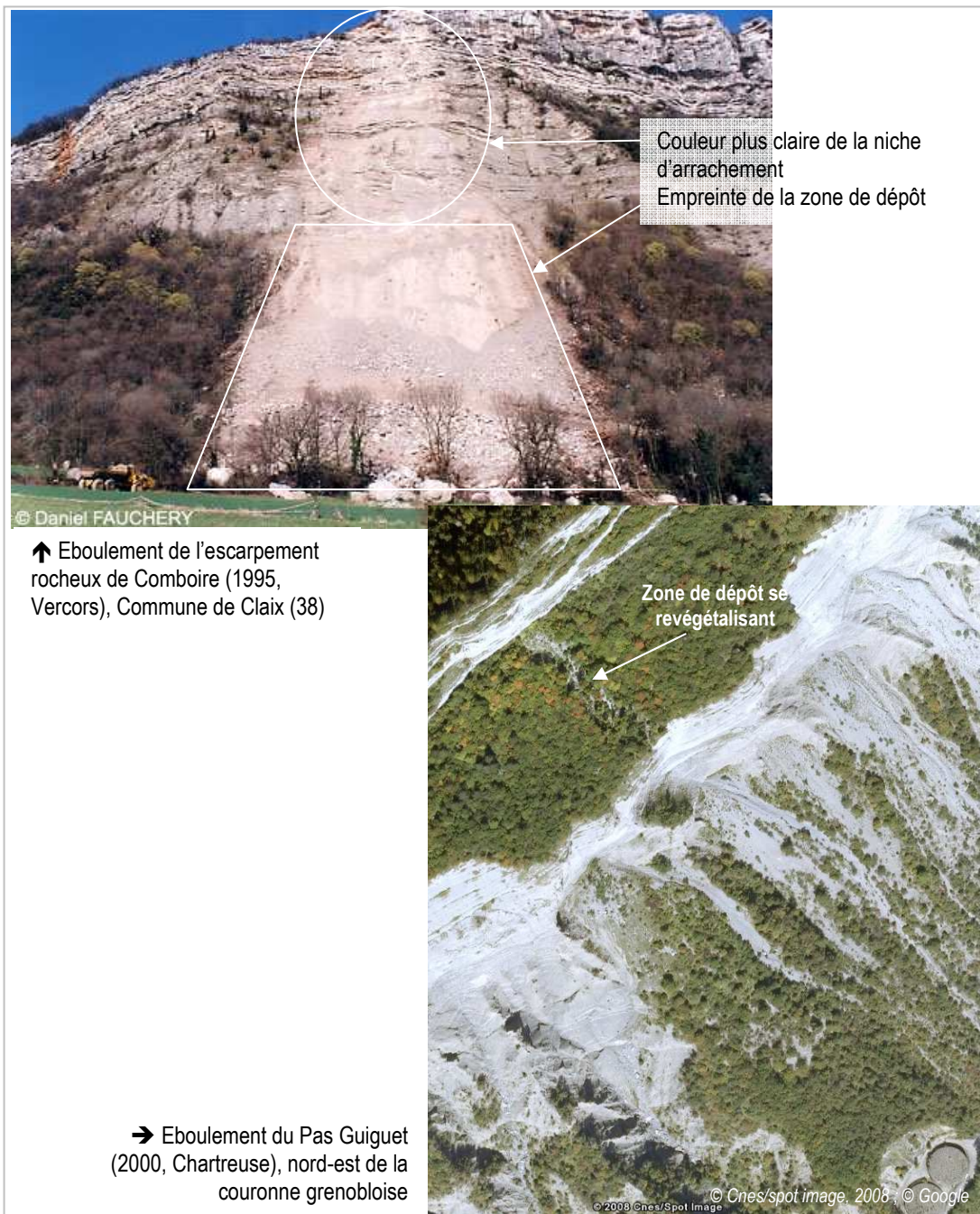
Les documents anciens sont des traces durables de cet événement catastrophique (Figure 18), mais il en existe beaucoup moins que pour les inondations compte tenu du nombre d'événements catastrophiques relativement faible. Pour les éboulements de moindre ampleur, ce sont les empreintes géologiques et pédologiques qui permettent aux scientifiques de retracer une empreinte indirecte des événements.

Les temporalités des empreintes sont, comme pour les inondations, variables.

Les temporalités des empreintes des événements de la couronne grenobloise dépendent du temps de recolonisation végétale mais aussi des temps de recouvrement de ces traces,

⁵⁶ <http://www.grenoble.fr/>

comme par exemple la vitesse de l'urbanisation (bien que ces dernières puissent laisser transparaître des empreintes, Photographie 7).



Photographie 10 : Empreintes d'éboulements dans l'espace physique

Connaître les événements permettrait alors d'activer la ressource territoriale qu'est le risque. Les empreintes de ces derniers sont directes (ancrées dans le territoire) et indirectes (les écrits). La connaissance des événements s'effectue au moyen d'observations d'empreintes directes et indirectes très variées qui délivrent de nombreux éléments de compréhension. Nous venons de voir que sur la couronne grenobloise, ces empreintes sont peu valorisées. Or ces traces ne seraient-elles pas un indice d'amélioration de la compréhension des événements ? C'est en tout cas vers cette hypothèse que nous glissons, en

nous intéressant plus particulièrement aux empreintes indirectes : ces empreintes vont-elles permettre de mieux comprendre les événements pour activer la ressource territoriale du risque ? Comment lire toutes ces empreintes ? Comment peuvent-elles favoriser la compréhension des événements ?



Source : Livre des chroniques de Hartman Schedel, in Abry et al, 1998.

Figure 18 : Iconographie représentant l'éboulement du Mont Granier

Le chapitre suivant tente alors de définir les empreintes indirectes, de vérifier si elles sont utilisées et comment elles le sont, mais aussi de saisir ce qui limite leur utilisation.

Conclusion du Chapitre 1

Ce premier chapitre a présenté le contexte de notre problématique en définissant une notion originale de « territoire à risque » qui est bien plus qu'un territoire qui supporte le risque. Il s'agit d'un véritable objet géographique dont le risque est la ressource territoriale. La notion de territoire à risque s'avère pertinente puisqu'il en existe de réels sur la couronne grenobloise. Toutefois, cette démonstration dévoile que pour être activée, la ressource territoriale a un indispensable besoin d'appropriation et transformation par les acteurs. En effet, pour amorcer le risque en tant que ressource, il faut que ces derniers comprennent les événements, mais également qu'ils localisent les éléments exposés.

Si la localisation des éléments exposés paraît simple à la vue de nombreux travaux réalisés notamment sur la vulnérabilité et les enjeux, il n'en est pas de même pour appréhender les événements issus de risque. Ces derniers, souvent décrits à travers leur spatialité ou leurs thématiques, sont peu étudiés sous l'angle des temporalités. Or cette dernière nous dévoile des éléments de compréhension de l'événement supplémentaires : l'ampleur d'un phénomène, la gravité des dommages, la durée de chaque contexte de risque, le type et l'étendue de l'événement. Les événements marquent également durablement le

territoire à travers des empreintes directes (des traces dans l'espace physiques) et indirectes (des récits, des études scientifiques, etc.), à temporalités variables. Celles-ci présentent un grand intérêt pour les acteurs afin de tendre vers des territoires à risque. Le chapitre suivant se consacre à l'exploration de ces empreintes indirectes qui à terme pourront être valorisées.

Chapitre 2

L'Information Dédiée aux Evénements issus de risque (IDE)

Chapitre 2

L'information dédiée aux événements issus de risque

L'étude des empreintes indirectes des événements, dont nous avons montré l'intérêt dans le premier chapitre, revient à étudier les informations qui décrivent les événements issus de risque. En effet, si la compréhension des événements est liée à la connaissance des empreintes indirectes tels que les documents anciens, et ceux plus récents, tels que des résultats scientifiques ou des mesures ; ces derniers constituent des sources d'information sur l'histoire des événements. Il est nécessaire de la valoriser afin que les acteurs puissent créer ou gérer des territoires à risque. Nous nous posons alors une série de questions : qu'est-ce que l'information sur les événements ? Est-elle transmise aux acteurs ? Comment est-elle utilisée et est-elle réutilisable ? Est-elle compréhensible ?

Les objectifs sont de définir une notion sur l'information des événements et comprendre son caractère indispensable auprès d'acteurs de territoires à risque, enfin d'en évaluer sa valorisation.

Pour cela, la première section définit les termes de « donnée » et d' « information » avant de vérifier la pertinence de la notion d'« information dédiée aux événements » en l'appliquant à notre terrain d'étude, la couronne grenobloise, et en réalisant un état de son accessibilité. La seconde section s'intéresse à l'utilisation de l'information qui alimente la connaissance des acteurs et qui les aide à prendre des décisions pour agir. L'analyse de la composition de l'information et de ses utilisations dévoile un certain nombre de problèmes développés en troisième section. Cette recherche montre que l'information dédiée aux événements présente des spécificités qui limitent son accès et sa compréhension. C'est à travers l'information et les représentations cartographiques observables sur le Web que ces limites seront recensées.

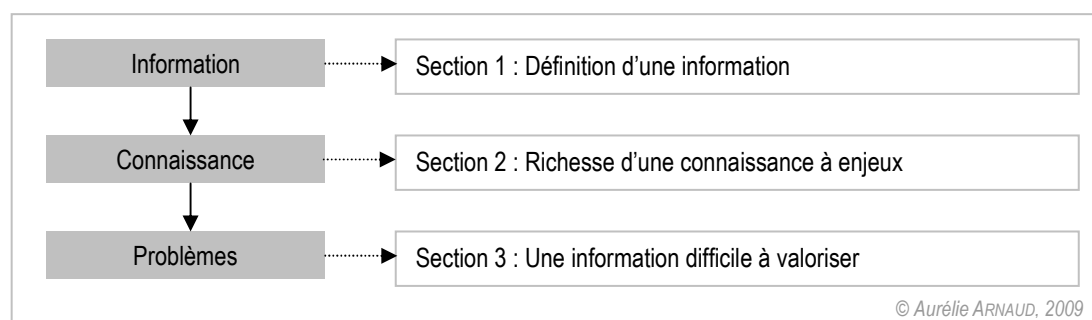


Figure 1 : Organisation du Chapitre 2

Section 1. Définition d'une information sur les événements

Avant de s'attacher à son utilisation, l'information sur les événements doit être définie afin de découvrir ce qu'elle signifie, et pour établir ses contours.

L'objectif de cette section est de construire une notion d'« information dédiée aux événements » et d'en démontrer la validité.

Après avoir défini les notions de « donnée » et d'« information », la validité de la notion d'« information dédiée aux événements » sera effectuée en deux temps : à travers une critique d'« information historique » et d'« information historique dédiée aux risques naturels », et à travers une application sur la couronne grenobloise. Un état d'accessibilité de cette information sera alors réalisé afin de comprendre sa disponibilité auprès des acteurs.

1.1 De la donnée à l'information

La « donnée » et l'« information » sont des notions polysémiques dont les disciplines telles la géographie, la géomatique et l'informatique ne donnent pas toujours des définitions convergentes. Pourtant elles désignent des objets bien singuliers qu'il convient d'éclairer dans un premier temps pour ensuite valider une expression qui qualifiera l'information sur les événements.

1.1.1 La donnée

La donnée est ce qui est connu et qui sert de base à une recherche (Atilf, 2008 et Dictionnaire¹), mais elle peut également être un ensemble d'indications enregistrées en machine pour la recherche automatique d'informations (Gros-Gardin, 1964, in Atilf, 2008). Le terme de donnée est donc plurivoque, à tel point que les définitions restent souvent vagues ou sont tout simplement évitées : par exemple, « *au risque de tomber très rapidement dans le débat un peu abscons de l'œuf et de la poule...* » (Ecobichon, 1994).

Dans le domaine de l'**informatique**, les données désignent un ensemble d'éléments organisés (ces éléments peuvent être des informations). L'information organisée peut constituer de la donnée : « *la donnée est une information codée sur laquelle va porter un traitement* » (Thelexic²). Cependant, cette définition distingue peu la donnée de l'information.

Les informaticiens travaillent avec des « Bases de Données » (BD). Elles structurent les données de manière à les rechercher puis à les utiliser aisément (ex. recherche du nom d'une inondation grâce à sa date d'occurrence). Une BD est associée à un modèle d'acquisition des données, c'est-à-dire de récupération de cette dernière. Une BD est également associée à un système de gestion qui permet d'obtenir une « *représentation informatique d'une*

¹ <http://www.le-dictionnaire.com/>

² http://www.thelexic.com/frameset_accueil.php

information sur un sujet donné » (Scholl, 2006). Là encore nous notons l'ambiguïté des définitions de « donnée » et « information ». Pourquoi ne pas parler de « base d'informations »?

Dans le domaine de la **géomatique**, la donnée est plutôt une unité élémentaire qui subit des traitements pour ensuite être considérée comme une information (Joliveau, 2004). Le Comité français de cartographie définit la donnée comme un « *fait, phénomène ou notion représentable sous forme conventionnelle, convenant à une communication, une interprétation ou un traitement* » (Pornon, 1992) c'est-à-dire des éléments destinés à l'exploitation. Quant à Ecobichon (1994), il considère la donnée comme un élément quantitatif ou sous une forme numérique qui décrit un fait ou un objet. Seul l'aspect objectif de la donnée prime ici. Les « bases de données » sont également un matériau de travail des géomaticiens. Pour certains, elles désignent une collection d'informations, mais elles sont surtout une structure capable de recevoir, stocker et fournir des données selon la demande des utilisateurs (Pornon, 1992).

En **géographie**, ce terme est peu défini. Les descriptions apparaissent lorsqu'il est associé à des qualités telles que « spatiale », « thématique », etc.

La vision anglo-saxonne de la donnée distingue la « donnée brute » de la « donnée » (Joliveau, 2004). Cependant, la donnée brute peut avoir une définition plus large, lorsqu'elle possède déjà un sens (ex. « 1 mètre »). La donnée brute est directement issue d'instruments de mesure en stations fixes ou mobiles (ex. des capteurs) ou d'observations sur le terrain (ex. des lettres d'information, des questionnaires) par exemple. Celle-ci peut alors paraître plus subjective, issue de la perception de l'auteur de la donnée³. Il peut s'agir de chiffres, de textes, de photographies ou encore de courbes d'un sismogramme. Elle est considérée comme une « *unité élémentaire* » (EUROPA, 1998) qui permet de construire une donnée. La donnée brute est un élément qui n'a reçu aucun traitement, elle est destinée à être collectée puis traitée. Telle quelle, celle-ci a la particularité de ne pas pouvoir être compréhensible par quiconque. Elle nécessite l'attribution d'un sens, c'est-à-dire le sens dans lequel doit être interprété la donnée brute. Cette étape peut être réalisée par un scientifique ou par le producteur de la donnée. Attribuer un sens consiste à ajouter un mot (ex. le nom d'une ville, la date) à une photographie, ou encore à associer une unité de mesure (ex. en mètre, en litre) à un chiffre afin d'être traitée⁴. Par exemple, la donnée géospatiale est constituée de données brutes associées à un sens spatial. Cet ancrage dans un système de coordonnées géographiques ou de projection bien défini, permet de situer la donnée exactement sur une portion du globe terrestre. Les photographies aériennes et les images satellites ou encore les courbes et les points de graphiques sont des exemples de données géospatiales car ces images (données brutes) sont spatialisées. En effet, selon l'Université du Québec à Montréal (UQAM⁵), une image qui représente un territoire quelconque sans respecter son contexte

³ Ce postulat sera développé dans la dernière section qui traite des problèmes posés par la donnée et l'information.

⁴ « Une donnée est une donnée brute transformée, de manière à entrer dans un modèle » (Rimbert, 1990, in Cauvin et alii, 2007).

⁵ <http://www.uqam.ca/>

géodésique n'est pas considérée comme une donnée géospatiale. La donnée vectorielle est composée de données brutes s'apparentant à des entités graphiques telles que des points, des lignes et des polygones organisés en couches d'information (UQAM). La donnée *raster* renseigne la plus petite division d'une image (le pixel), telle une grille maillée dont chaque cellule (données brutes) est associée à une donnée (raster). L'ensemble de ces données associées à un contexte, donne une information qui, à l'échelle d'une image, peut par exemple représenter une carte (UQAM). La donnée attributaire renseigne un objet géographique. Elle décrit de manière qualitative ou quantitative, par exemple, le numéro d'une parcelle, sa surface et son propriétaire. L'IGN (Institut Géographique National) parle de « *données évoluées* » pour désigner des orthophotographies, des cartes topographiques et des Modèles Numériques de Terrain (MNT).

Le terme de « donnée » est donc très ambigu.

Dans le cadre de notre problématique, nous considérerons **la donnée comme une donnée brute qui a un sens et qui n'a pas subi de transformation**. Il s'agit d'une **unité élémentaire**, d'une empreinte indirecte qui témoigne d'empreintes directes d'un événement, c'est-à-dire les traces des phénomènes et des dommages causés aux éléments exposés. L'empreinte est indirecte lorsqu'un capteur produit une donnée brute sous forme de chiffre ou de courbe. Ces traces sur le territoire à risque sont quantitatives et qualitatives. Les chiffres peuvent correspondre par exemple à des niveaux, des vitesses et des mètres cubes. Le texte peut, quant à lui, faire référence à des noms de lieux et à des descriptions de situations. Enfin, les images peuvent être des photographies de phénomènes, tandis qu'une courbe peut être une courbe de niveau d'eau, mais telle quelle, cette donnée brute reste seulement réutilisable par l'expert qui l'a produite. En revanche, la donnée (en tant que donnée brute associée à un sens) permet une réutilisation par une personne qui n'a pas participé à sa génération.

La qualité des données est une grande préoccupation pour ceux qui la produisent comme pour ceux qui l'utilisent. Le chercheur est confronté à un perpétuel compromis coût/qualité. En effet, la précision et la mise à jour de ces dernières se révèlent onéreuses (techniques de productions, organisation des mises à jours régulières, etc.), (Pornon, 1992).

Maintenant que nous avons défini de manière théorique les premières empreintes indirectes de l'événement, comment la donnée devient-elle une information qui qualifie un événement ?

1.1.2 L'information

« Information » est un mot couramment employé dans le monde scientifique et technologique comme par les médias. Il est utilisé de manière passive (le contenu « information ») ou active (le verbe « informer » ou « s'informer » qui désigne le fait de « communiquer une information » au public). Compte tenu de la problématique de cette sous-section, nous nous focaliserons sur la définition de l'information en tant que contenu. Il existe de nombreuses interprétations de ce terme.

Les **informaticiens**, tels que Davis *et al* (1984), considèrent l'information comme un

ensemble de données transformées. Ces transformations sont réalisées par les scientifiques, les techniciens ou les journalistes. Ces derniers formulent un message compréhensible pour les acteurs (Figure 2).

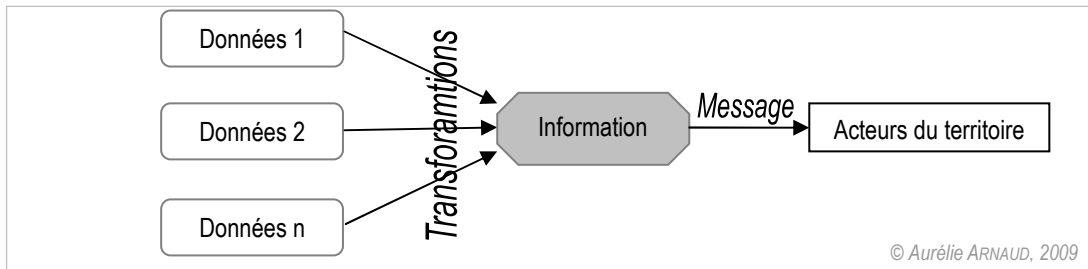


Figure 2 : L'information selon Davis (1984), est un ensemble de données transformées

Le DicoDuWeb (2008) adhère à ce sens et considère l'information comme les « faits et connaissances déduits des données. L'Ordinateur manipule et génère des données. La signification déduite des données est l'Information : c'est-à-dire que l'Information est une conséquence des données. Les deux mots ne sont pas synonymes bien qu'ils soient souvent utilisés l'un pour l'autre ». Donough (1963) chemine également dans ce sens en définissant l'information comme la rencontre d'une donnée et d'un problème. C'est-à-dire que la problématique dans laquelle se trouve la donnée prédestine le sens de l'information. Quant à Dion (1997), il expose que l'information est en effet issue d'une subjectivité, résultat d'un « sentiment individuel d'incertitude », mais qu'elle peut également être objective à travers le regard des fréquentistes. Ces derniers considèrent que l'information n'a de sens que si elle est issue d'une probabilité calculée. Du point de vue de l'information sur les événements, les deux visions s'appliquent : les fréquentistes étudient l'aléa tandis que l'étude de la vulnérabilité, difficilement quantifiable, est issue d'informations plus subjectives. Puisque l'information peut être objective, Shannon (1948, in Dion, 1997), un des auteurs de la « théorie de l'information », est le seul à proposer une approche véritablement quantifiée de l'information avec son unité de mesure, le bit : « le bit est la quantité d'information qui correspond à la réduction de moitié de l'incertitude sur un problème donné ». La quantité d'information diminue alors l'incertitude, mais Ackoff (1967) remarque qu'au-delà d'une certaine masse d'information, sa capacité communicante baisse jusqu'à devenir nulle. En théorie de la décision, est nommée information, seulement ce qui est susceptible d'avoir un effet sur nos décisions. Dans ce cas, l'information sur les événements a lieu d'exister (nous justifierons davantage ce postulat plus tard).

En **géomatique**, l'information peut avoir le même sens qu'en informatique. En effet, le Comité français de cartographie la définit comme « signification que l'homme attribue à des données » (Pornon, 1992), c'est-à-dire que la donnée devient une information lorsque l'utilisateur la juge pertinente et réutilisable. Ecobichon (1994) a une approche plus semblable à celle des informaticiens puisqu'il considère que l'information est une donnée associée à une signification qui donne une valeur ajoutée à cette dernière grâce à l'analyse. Pour certains, il s'agit de la transformation entre la donnée et l'information qui apporte une certaine subjectivité. Par exemple, Cornion et Hattab (in Joliveau, 1996) évoquent l'aspect de la perception de la donnée qui permet de construire une information : « une information

est une donnée qui modifie la perception d'une situation par le percepteur ». Joliveau (1996) ajoute qu'une « donnée devient donc une information pour un utilisateur quand elle a une signification pour lui », lorsqu'elle a du sens. D'ailleurs, l'Encyclopédie du Web (2008), définit l'information comme un « élément abstrait ayant une signification et une pertinence humaine, qui relie le sujet à un objet. C'est une émergence élémentaire dans un environnement complexe auto-organisé. Une information a le sens de celui qui la produit ou de ceux qui l'intègrent ».

En **géographie**, la définition de ce terme est peu courante. En effet, les dictionnaires éclairent sur son utilisation et son utilité mais pas vraiment sur ce qu'elle est (ex. Brunet *et alii*, 1993). Toutefois, Frochot (2003) met en avant l'aspect développé par les géomaticiens, en expliquant que toute donnée porteuse de sens pour tout un chacun sera qualifiée d'information. C'est uniquement le regard porté sur un objet qui le rend porteur d'information. Ce regard est donc créateur de sens. L'information est alors subjective puisqu'elle est issue du regard d'une personne porté sur un objet. Cette vision dépend du moment de l'observation, du contexte et même de la culture de cette personne (Molinaro, 2004).

L'information peut être qualifiée de « géographique » lorsqu'un objet est localisé par un système de coordonnées x et y, et qu'une composante sémantique la qualifie, comme par exemple une occupation du sol ou un volume d'éboulement (Beguin *et al*, 1994 ; Pumain *et al*, 1997). Nous considérons que l'information qui porte sur les événements est alors géographique.

Nous découvrons donc encore un terme ambigu, dont le degré de subjectivité et de sens varie selon les auteurs et les disciplines (Figure 3). Il en est de même pour la donnée, tantôt brute, tantôt associée à un sens.

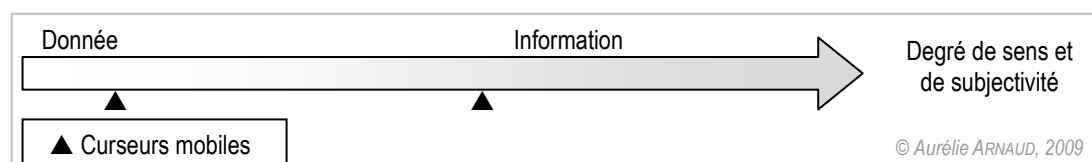


Figure 3 : Points de vue diversifiés sur la donnée et l'information

La définition retenue pour construire une notion liée aux événements est la suivante : **l'information** est d'une part, un ensemble de **données** qui ont du sens (donnée brute associée à un sens : ex. 1m, 3 crues, etc.) et qui sont **interprétées** (ex. 2 mètres de neige tapissent les routes nationales en Isère). Il peut s'agir de données associées à une légende ou un titre, ou de données interprétées selon un contexte particulier⁶. Ces exemples constituent une information qui sera nommée « **information de premier ordre** » ; l'information issue **d'une interprétation d'un ensemble d'informations** sera appelée « informations

⁶ Le contexte peut être les moyens et conditions de production des données brutes, ses sources, son format, jusqu'à la marque d'un appareil photo. Nous considérons ces informations comme des *méta-informations* (cf. définition en section 3, § 3.2).

secondaires »⁷ ou plutôt « **information de deuxième ordre** » (ex. les habitants de Saint-Martin-d'Uriage n'avaient jamais observé autant de neige depuis 1950). Ces transformations entre la donnée et l'information peuvent être subjectives ou objectives dans le cas d'information de premier ordre, et forcément subjective pour de l'information de second ordre.

Dans le cadre de cette étude, nous conservons les définitions de « donnée », comme donnée brute associée à un sens, sans traitement ; d'« information », comme résultat d'un premier traitement de la donnée, ou traitement secondaire de l'information : l'information de deuxième ordre. Sa qualité va dépendre de celle des données d'origine.

Ces données et informations sont issues de sources qui les génèrent : un capteur qui produit de la donnée et la restitue sous forme de tableaux de valeurs numériques, un cartographe qui trace une carte sur support papier ou grâce à un Système d'Information Géographiques (SIG), ou encore un organisme tel que l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) qui produit des données sur le fonctionnement de notre société. Ces sources possèdent une fiabilité dont dépend la qualité des données et donc des informations qui en sont issues. Nous reviendrons sur ce point dans la troisième section.

Les données et informations sont des empreintes indirectes d'événements. Existe-t-il une notion qui les qualifie ?

1.2 Information sur les événements

L'objectif est ici de construire une expression qui lie le terme d'« événement » à celui d'« information ». Pour cela, l'analyse de la notion d'« information historique » paraît intéressante dans ses parentés avec la définition d'« événement ». Les éléments qui composent l'« information historique », mais aussi l'« information dédiée » et l'« information dédiée aux risques naturels » vont alors nous aider à qualifier une information qui porte sur les événements.

1.2.1 Information historique

Dans le but de construire une notion sur l'information des événements, il semble intéressant de vérifier, d'une part si l'information sur les événements contient de l'information historique, d'autre part son intérêt dans la construction ou la gestion de territoires à risque. En effet, elle semble détenir un grand enjeu auprès des acteurs, notamment dans le cadre de son rôle de mémoire.

L'étude et la production de l'information historique font l'objet de différentes méthodes

⁷ Ce terme ne sera pas utilisé compte tenu de sa connotation laissant suggérer qu'elle est moins importante que l'information primaire. Nous lui préférons le terme « information de second ordre », employé par exemple en planétologie, et qui est davantage fidèle à notre vision.

d'analyse. L'approche de Favier et Granet-Abisset (2000) consiste à être le plus objectif possible sur les données anciennes récoltées à travers un travail de vérification systématique des sources. L'approche de Cœur *et al* (1998), quant à elle, consiste à découvrir tous les documents récoltés, à les vérifier, à en estimer la fiabilité et à en réaliser une synthèse. L'information historique est produite à partir de la reconstitution de l'histoire des événements anciens (Cœur *et al*, 1998). Elle est issue de l'association des données et d'informations anciennes avec la mise en oeuvre d'un protocole critique de l'information (Cœur *et al*, 1998 ; Davoine *et al*, 2001). La richesse de l'information historique se révèle à travers la diversité des sources et sa vérification grâce à des recoupements. Elle constitue « *la production de savoirs techniques, scientifiques, leur production et leur métamorphose* » (Cœur *et al*, 1998). Cette production nécessite une connaissance et une expérience expertes composées de savoirs sur l'histoire en général, de techniques et de méthodes de recherches en archives ainsi que de reconstitution d'histoires. Seuls les historiens possèdent une méthodologie d'analyse des données historiques. La reconstitution des histoires impose d'associer le travail des historiens à celui des experts. Dans le cas de la reconstitution de l'histoire des événements, les connaissances des historiens et des scientifiques experts dans les domaines en jeu (experts en hydrologie, en géologie, en sociologie etc.) sont indispensables pour produire une information au plus proche des faits (Lang *et alii*, 2003). Cet intervalle entre le fait réel et le fait raconté contient des degrés de certitude : Prost (*in* Granet-Abisset *et al*, 2002) avance à ce sujet que « *l'histoire dit vrai, mais ses vérités ne sont pas absolues* ». L'histoire des événements se reconstitue également en réalisant des recherches sur l'état du terrain avant que l'événement se produise (Lang *et alii*, 2003). Cette méthode est composée d'un Etat Général des Sources (EGS) et d'une collecte de données et d'informations pertinentes. Dans le cas de l'étude des inondations de l'Isère, les hydrologues et les historiens se sont alliés pour déterminer les sources les plus fiables et critiquer les documents, afin de dresser un historique des événements et des faits du bassin versant (aménagement, hydrométrie, climatologie, plans, etc.).

La **mémoire**, appelée dans notre domaine par défaut « mémoire du risque »⁸, existe grâce à la « mémoire des événements ». Elle constitue l'une des matières premières de l'information historique par la production d'empreintes indirectes telles que des écrits, des dessins ou des enregistrements d'entretiens. La mémoire des événements est constituée d'une mémoire écrite et orale (ex. mémoire de témoins). Cette dernière alimente les archives. Le récit tient une grande place en matière d'« information historique » (Granet-Abisset *et al*, 2002, Favier *et al*, 2001). Son apport sur la localisation des événements peu s'avérer réduit, en revanche il s'avère très important pour comprendre les façons dont vivaient les populations et dont elles mémorisaient ces événements (Granet-Abisset *et al*, 2002) : la mémoire orale est « *ce mélange de vécu, de vrai, d'appris et d'imaginaire* » (Goy, *in* Granet-Abisset *et al*, 2002). Les autres matières de l'information historique sont l'expertise des

⁸ Il faut bien distinguer « mémoire du risque » et « mémoire des événements ». Au sens strict, « mémoire du risque » est la mémoire des probabilités. Elle peut être révélée par des scientifiques, mais elle est peu étudiée. Souvent, « mémoire du risque » est assimilée à la « mémoire des événements ». La « mémoire des événements » relate les événements passés à travers les récits des locaux qui ont vécu le moment, mais aussi, de plus en plus, à travers la mise en valeur de séries de données et d'informations interprétées.

scientifiques (ex. hydrologues, sociologues), les mesures, les photographies, les illustrations, etc.

La première section montrait que l'histoire des événements était à l'origine de données et d'informations quantitatives (ex. chiffrées) ou qualitatives (ex. des témoignages) ; tandis que la seconde section est en train de témoigner de leur existence sous la forme de documents anciens (ex. des textes, des cartes, des comptes-rendus). Les données et les informations sont des empreintes indirectes du territoire à risque, issues de sources telles que des archives par exemple. Pour qu'il y ait histoire, il faut qu'il y ait analyse des faits, et non pas seulement un récit objectif. En effet, chaque personne vit et relate différemment un événement selon ses connaissances et ne retient pas la même chose. L'information produite sur cette histoire des événements est alors une information qui peut être qualifiée d'historique. Des notions associées aux événements ont-elles déjà utilisé ce point de vue ?

1.2.2 De l' « information historique » à l'« information dédiée aux événements issus de risque » : considération sémantique

La notion d'information historique a déjà été empruntée dans la littérature sous la forme de l'expression « information historique dédiée aux risques naturels » (Cœur *et al*, 1998 ; Favier *et al*, 2001 ; Davoine *et al*, 2001 ; Lang *et al*, 2003). Or cette notion montre le problème d'usage sémantique des termes « historique » et de « risque ». Quelle expression serait la plus ajustée à notre problématique ?

Suite aux derniers événements catastrophiques⁹ survenus sur le territoire français – les inondations de la Somme (80), en 2001, l'explosion de la centrale chimique d'AZF (AZote Fertilisants) à Toulouse (31) en 2001, les avalanches de Montroc (74) en 1999, les tempêtes du Sud-ouest de la France en 1999, la crue torrentielle du Grand Bornand (74) en 1987 – l'étude du risque naturel est devenue le domaine privilégié des sciences sociales et physiques. Selon certaines approches, les historiens apportent leur contribution en étudiant l'information historique sur les événements : « *un tel partenariat nécessite une bonne compréhension de ce qu'est la discipline historique, souvent considérée de manière réductrice comme la discipline des faits. On ne demande plus aux historiens de fournir des preuves et des listes d'événements* » (Granet-Abisset, 2001).

La chronologie des événements s'accompagne d'une description fine des phénomènes (des périmètres d'inondations ou d'avalanche, des volumes, des vitesses, des débits, des conditions météorologiques associées, etc.). Ceci implique au départ une disponibilité minimum de témoignages tant en quantité qu'en qualité et une disponibilité de documents anciens (ex. des textes, des cartes, des comptes-rendus) associés à la mise en oeuvre d'un protocole critique de l'information, afin, d'une part, pouvoir rendre compte des aspects phénoménologiques ; d'autre part, renseigner ces événements sur leur contexte historique et spatial (Cœur *et al*, 1998 ; Davoine *et al*, 2001). Cette reconstitution de l'histoire ancienne

⁹ Catastrophique car issu d'un changement brutal du système environnemental, provoquant un changement brutal du système sociétal (Rubise, 2005 ; Provitolo, 2002).

sur les événements issus de risque est nommée dans certaines recherches « **information historique dédiée aux risques naturels** ». Cependant, cette notion utilisée dans de nombreux écrits (Cœur *et al*, 1998 ; Favier *et al*, 2001 ; Davoine *et al*, 2001 ; Lang *et al*, 2003) est remise en question puisque un risque étant une probabilité, l'histoire du risque est l'histoire de sa probabilité. Cette probabilité varie en fonction de l'évolution géomorphologique et météorologique de l'aléa, des modifications des éléments exposés et des travaux effectués pour contenir ou ralentir l'aléa. Or, le territoire à risque est ici perçu sous l'angle de son histoire des événements réels et non probables, c'est-à-dire la description et l'analyse des phénomènes et non des aléas, et la description des dommages causés aux éléments exposés et non de la vulnérabilité des éléments exposés. Même si ces derniers sont évoqués, ils ne constituent pas le cœur de nos travaux de recherche. Il semble alors davantage pertinent de qualifier l'information sur l'histoire des événements d'« information historique des événements », expression sémantiquement correcte. Il est nécessaire d'utiliser le verbe « dédier » pour insister sur l'information qui est dédiée à un objet particulier. L'expression « information historique dédiée aux événements issus de risque » serait alors valable. Toutefois nous avons découvert que l'information sur les événements contient de l'information historique, mais il est aussi possible qu'elle n'en comporte pas (ex. des données récentes). Parler d'« information dédiée aux événements issus de risque » élargit alors le spectre de l'information que nous considérons, aux données et aux informations de premier et de deuxième ordre.

Ce paragraphe justifie l'existence possible de la notion d'« information dédiée aux événements issus de risque » pour qualifier les empreintes indirectes des événements sur un territoire :

1 - il s'agit de descriptions d'événements passés générés par un risque naturel. Les données et les informations de premier et de deuxième ordre sont à l'origine de ces descriptions ;

2 - cette notion comprend temporellement l'ensemble de l'histoire des événements, des anciens aux plus récents ;

3 - elle intègre toutes les données et les informations sur les événements, qu'elle soit historique ou non historique ;

4 - elle est dédiée car elle concerne particulièrement la notion d'événement issu de risque.

Ces quatre arguments présentent les prémisses d'une pertinence de l'expression « information dédiée aux événements » qui sera désormais utilisée dans le cadre de notre recherche pour désigner l'information sur les événements. L'acronyme IDE la désignera également. Afin de vérifier la pertinence de cette notion, nous allons étudier sa présence (disponibilité et accessibilité) sur la couronne grenobloise.

1.3 IDE accessible sur la couronne grenobloise

Nous venons de montrer que l'information dédiée aux événements est admise comme une notion. En existe-t-il sur la couronne grenobloise ? Compte tenu de sa composition, de ses supports et de ses sources multiples, elle semble très diversifiée accompagnée, de ce fait, d'une accessibilité variable. L'objectif est ici de vérifier cette hypothèse en s'appuyant sur les cas des inondations et des éboulements.

La première partie se consacre à la description de l'information dédiée aux inondations ou aux éboulements. Elle comprend, d'après notre définition de l'IDE, des données et des informations historiques, anciennes et récentes. La deuxième partie étudie la diversité de sa composition, tandis qu'une dernière partie analyse son accessibilité sur la couronne grenobloise.

1.3.1 L'IDE sur la couronne grenobloise

1.3.1.1 Information dédiée aux inondations

Les données disponibles dans la couronne se matérialisent par des photographies, des iconographies, des récits d'événements (Figure 4, Photographie 1). Il s'agit également de tableaux concernant des mesures de phénomènes (ex. des débits d'inondations, des mètres cubes de roches) et des dommages (ex. un nombre de maisons endommagées, des recueils de témoignages sur le déroulement de l'événement). D'ordre général, ces données sur les inondations concernent les événements les plus marquants de l'Isère et du Drac entre le 17^{ème} et le 19^{ème} siècle (Cœur, 2003).

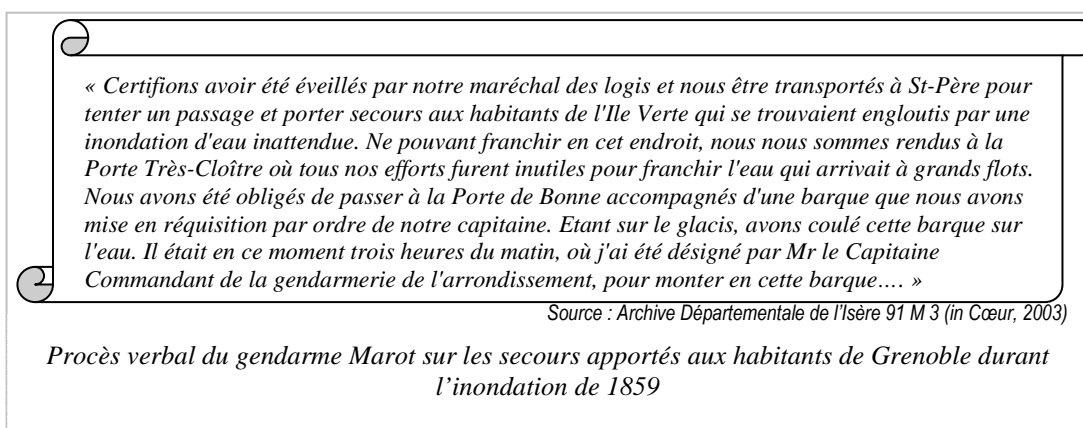
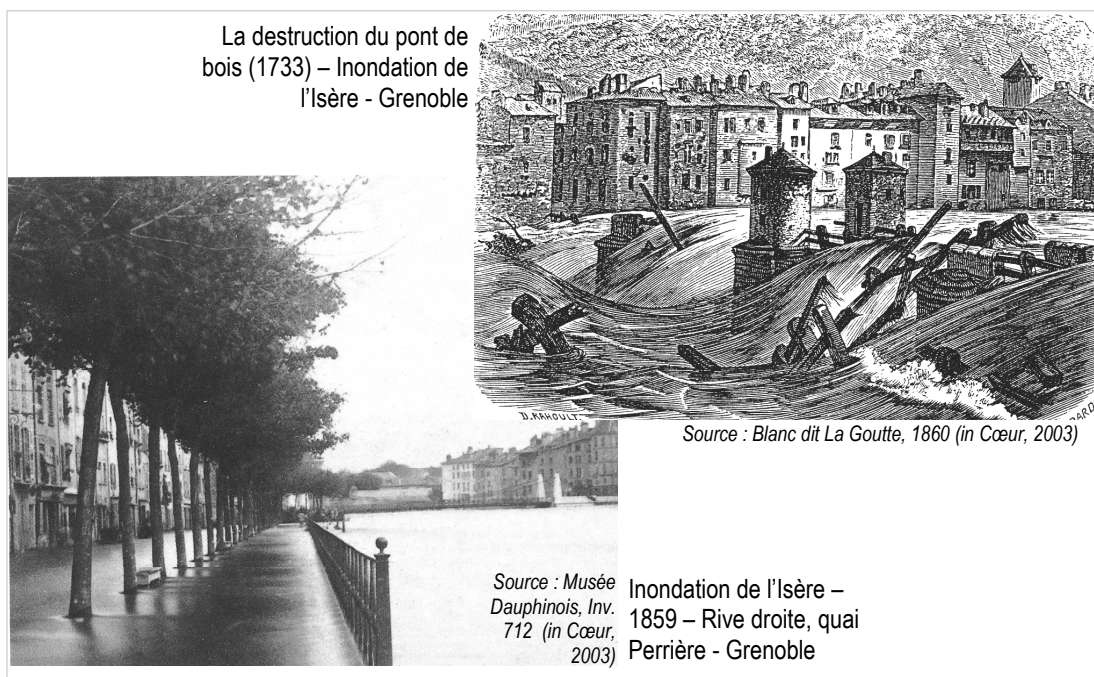


Figure 4 : Données sur une inondation de l'Isère : extrait d'une lettre manuscrite



Photographie 1 : Données sur les inondations de l'Isère : iconographie et photographie

Des données sur les événements récents sont disponibles sous forme de tableaux, de courbes ou de photographies (Annexe n°3). Elles sont produites directement par des capteurs automatisés ou des relevés manuels sur le terrain par des scientifiques du Laboratoire des études de Transfert en Hydrologie et Environnement (LTHE) de Grenoble, EDF, la Compagnie Nationale du Rhône (CNR)¹⁰, et le SPC (Service de Prévision des Crues)¹¹ selon l'appartenance des capteurs. Le Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE) tente d'homogénéiser les données sur l'eau à l'échelle de la France, et publie sur le Web des données telles que l'hydrologie, la localisation des stations de mesure et des ouvrages liés à l'eau, etc. Elles sont consultables grâce au Système d'Information sur l'Eau (SIE)¹².

Les informations rendues disponibles dans la couronne grenobloise prennent la forme de cartes anciennes (Carte 1) et plus récentes, ou de rapports d'ingénieurs (ex. Gentil du 5/11/1859, Le Courrier du 8/11/1859, *in Cœur*, 2003).

¹⁰ Ces organismes détiennent les capteurs de la station du Campus qui est une station de mesure (débit de l'Isère, transport solide, température, etc.). Des scientifiques du LTHE peuvent eux aussi l'utiliser pour réaliser des mesures.

¹¹ Ce service entretient et gère l'échelle limnimétrique sur l'Isère, en bas de la Bastille en Rive Gauche (responsable : A. Gautheron : Alain.Gautheron@equipement.gouv.fr). Les données des capteurs sont transmises en temps réel et certaines sont disponibles sur le site « données hydrométriques temps réel » : http://www.rdbmrc.com/hydroreel2/carto.php?vphp=x_-750,y_-515,z_380,Theme_AC

¹² <http://sandre.eaufrance.fr/geoviewer/>



Carte datant de 1741 traçant le périmètre d'inondation de l'Isère de 1740

Carte 1: Information de premier degré sur une inondation de la couronne grenobloise

De nombreuses données et informations sur les débits et les hauteurs d'eau sont également présentes dans le fond Maurice Pardé (Collection de documents consultables à la bibliothèque de l'Institut de Géographie Alpine de Grenoble, 38). Ce sont également des textes issus de l'interprétation d'un ensemble d'informations par des historiens. Par exemple, lorsque le contexte n'apparaît pas, l'un des travaux de l'historien Cœur (2003) est de restituer, afin de recontextualiser les données et les informations anciennes. Il produit donc de l'information de deuxième degré sur la couronne grenobloise (Figure 5).

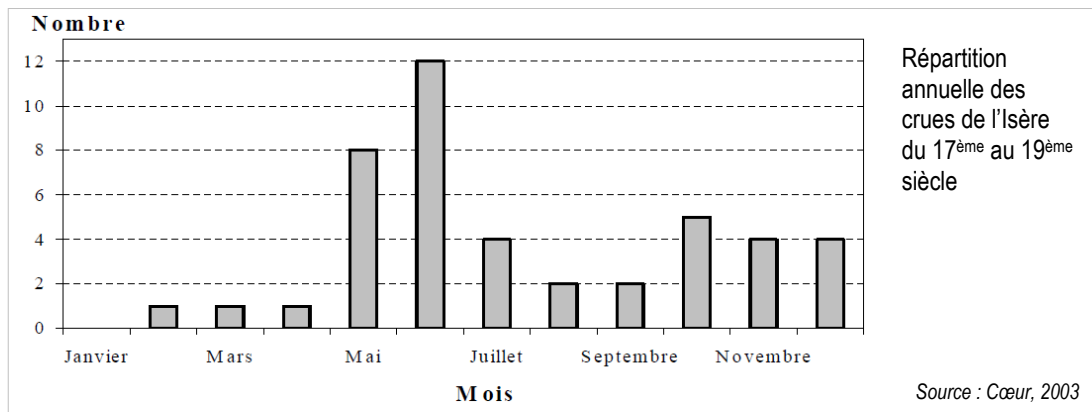


Figure 5 : Information de second degré sur les inondations de l'Isère

Actuellement, les informations sur les événements récents sont disponibles à la bibliothèque de l'Institut des Risques Majeurs (IRMA) et sur leur site Internet¹³ (Figure 6) ainsi que sur le site du SYndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI)¹⁴. Des informations sur l'entretien des digues et leur état peuvent également être fournies par l'Association Départementale de l'Isère-Drac-Romanche (ADIDR)¹⁵.

¹³ Des données de types localisation et date, et des informations de premier ordre de type description du phénomène, dégâts et photographies (www.irma-grenoble.com/). Données sur les inondations de plaine :

http://www.irma-grenoble.com/05documentation/03phototheque_theme.php?theme=4

¹⁴ Informations de premier et de deuxième ordres (<http://www.symbhi.fr/>)

¹⁵ <http://www.symbhi.fr/10153-l-association-departementale-isere-drac-romanche.htm>

Commune	TRONCHE (LA)
Département	ISERE
Type de risque	inondation de plaine
Date	22/03/2001
Secteur	L'ISERE
Observations	Débit de l'Isère à Grenoble : 927 m ³ /s (plus qu'en 1944). Crue assimilée à une fréquence décennale.
Dégâts/victimes	Inondation des quais. 2 habitations sont concernées.
Source	Dossier Communal Synthétique Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) de l'Isère amont
Photographies	

Source : IRMA

Figure 6 : Informations de premier ordre sur l'inondation de 2001 provoquée par l'Isère

L'information dédiée aux inondations paraît diversifiée sur de nombreux points de vue : par exemple le format des documents, les sources et les supports de diffusion. Le tableau ci-dessous renforce cette hypothèse en donnant quelques exemples de données et d'informations existantes concernant quelques caractéristiques de l'inondation de 1859 sur l'Isère (Tableau 1).

Caractéristiques \ IDE	Données	Information de premier ordre	Information de second ordre
Date	26-29-31 octobre 1859		
Phénomène Météorologique : - pluie (hauteur et aspects) ; - Vent (direction, vitesse, aspect) ; - Température, etc.	« Pluies tièdes et battantes »* « 19°C à midi à Grenoble »*	- Hauteurs de pluies en m*** - Vent du Sud-Ouest chaud puis Sud le 1/11***	- Pluies peu abondantes mais prolongées les 31/10 et 1/11 sur « neige folle » en montagne***
Phénomène inondation - hauteur d'eau ; - périmètre ; - débit, etc.	« Un débit de 1800 m ³ avec un courant violent »* « Jusqu'à 5,35m au-dessus du niveau d'étiage de Grenoble »*.	- Tableau des hauteurs des eaux et débits*** - Cartes du périmètre de l'inondation (ex. Carte 1)	Inondation de Classe 3**
Dommages	« Voitures emportées »* « croix de cimetière arrachées »* « toutes les digues sont rompues »*	Tableaux sur le coût des dommages (Tableau général des pertes, Chapitre 1, Tableau 9)	- Interprétation de l'importance des dommages***

© Aurélie ARNAUD, 2009

*Extraits de textes d'archives : annexe III de Cœur (2003)

** Classification des inondations déterminée selon la puissance de la crue et les dommages causés (cœur, 2003)

*** Fond Pardé et ingénieur Gentil (in Cœur, 2003)

Tableau 1 : Exemple d'information dédiée à l'inondation de Grenoble en 1859

Le Tableau 1 montre que les données et les informations sont d'ordres quantitatif et qualitatif (ex. des hauteurs de pluie en millimètres ou par rapport à un repère). Il témoigne également d'une grande diversité des sources. En effet, les sources utilisées par l'historien Cœur (2003) sont principalement les Archives Municipales de Grenoble (AMG), la Bibliothèque Municipale de Grenoble (BMG), la Bibliothèque Nationale de France (BNF), le

Musée Dauphinois (MD), la Société Dauphinoise des Amateurs Photographes (SDAP), les Archives du Génie à Vincennes (AG), les Archives Nationales (AN), la Caisse Nationale des Monuments Historiques (CNMH), la Direction Départementale de l'Équipement (DDE), l'École d'Architecture de Grenoble (EAG), l'Institut de Géographie Alpine (IGA) et l'Institut Géographique National (IGN).

En revanche, les sources qui permettent d'obtenir des données et des informations sur les événements récents sont le LTHE (données scientifiques), l'IRMA (informations pour le grand public et les décideurs), EDF, la CNR, le SPC et le SYMBHI.

Les informations récentes sont accessibles grâce à leur mise en ligne en temps réel sur le Web. Cependant, cette opération est éphémère. Par exemple, les débits de la crue de l'Isère de 2008 sont apparus au moment de l'événement sur ce média sur le site Internet « vigicrues » du MEDAT¹⁶, mais n'y figurent plus actuellement. Il est alors nécessaire de contacter les scientifiques pour récupérer les données qui ne sont plus diffusées.

1.3.1.2 Information dédiée aux éboulements

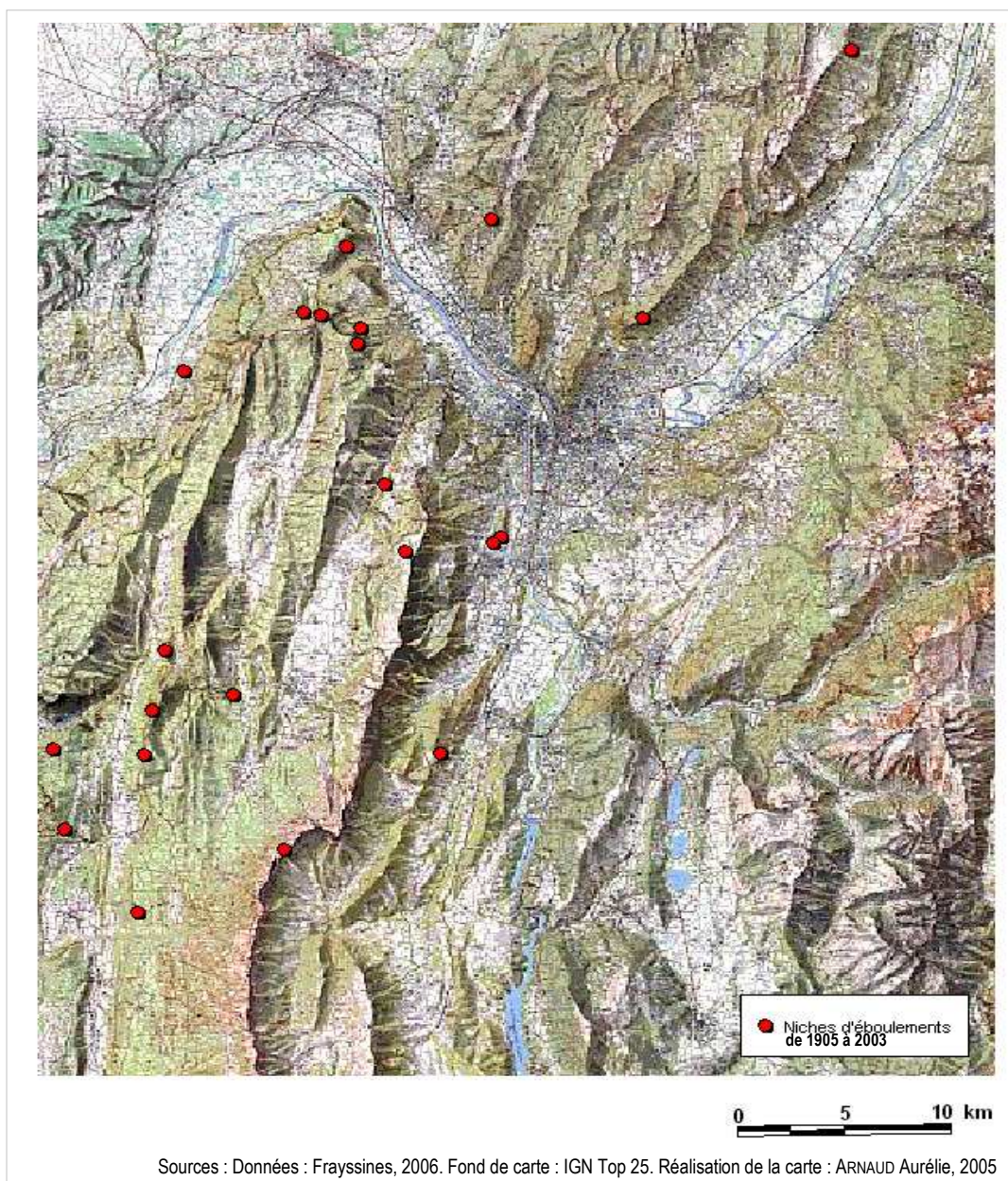
Des données sur les éboulements ont été recueillies sur le secteur sud du massif de la Chartreuse et sur le secteur nord-est du massif du Vercors (Frayssines *et al*, 2006). La Carte 2 indique les lieux de récolte de données sur les éboulements.

D'autres données sont accessibles sur le site Internet de l'IRMA qui décrit de manière détaillée certains éboulements dans son « atlas du département »¹⁷. Les géologues produisent des données issues de leurs études sur le terrain et des travaux du RTM (Service de Restauration des Terrains de Montagne en Isère, 1996). Ils analysent les empreintes directes d'éboulements à l'aide de photographies aériennes et d'observations du paysage et à l'aide d'empreintes indirectes : des écrits et des photographies anciennes. S'ils jugent que l'éboulement est intéressant (géologie ou volume remarquable), les géologues réalisent des relevés *in situ* en notant les résultats sur leurs carnets de terrain¹⁸ : des coordonnées géographiques, des volumes, la géologie, etc. Si les coordonnées et la géologie sont des données, les volumes s'estiment et font appel à leurs connaissances et à d'autres informations que celles dévoilées par le terrain (ex. des éboulements antérieurs, des caractéristiques géologiques particulières, des formules mathématiques, etc.). En effet, les informations sur les éboulements sont issues de l'interprétation des données par des experts. Cette information est présentée sous la forme de textes, de tableaux de données, de croquis et de photographies (Tableau 2, Figure 7).

¹⁶ <http://www.vigicrues.ecologie.gouv.fr/>

¹⁷ http://www.irma-grenoble.com/04risques_isere/02atlas_cartes.php?id_carte=6 et plus précisément les chutes de blocs : http://www.irma-grenoble.com/05documentation/03phototheque_theme.php?theme=8

¹⁸ Ce support papier fait l'objet de recherches actuelles réalisées par l'équipe STEAMER du Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG). Elles portent sur la création de logiciels embarqués qui permettraient aux scientifiques d'entrer leurs données directement en étant sur le terrain (Moisuc, 2007).



Carte 2 : Localisation des données sur les éboulements de la couronne grenobloise

Nom_ebouli	Coord_GPS	X	Y	volume (m3)	Carte	Date	Photographie	Remarques	Figure	
Combe noire	WGS 84	701,75	701750	5013,53	5013530	30000	3235OT	30/01/1971	FD 38 1993 3	La pente moyenne de la co
La buffe	WGS 84	702,575	702575	5013,36	5013360	20 000	3235OT	20/04/1992	FD 38 1993 2	Pente de la zone de dépôt
Monastère de	WGS 84	710,6	710600	5018,3	5018300	5000	3334OT	22/03/1996	FD 38 2003	Pente de la zone de récept
Comboire	WGS 84	710,9	710900	5001,7	5001700	4230	3335OT gren	06/02/1995	FD 38 2003	Zone de dépôt peu visible e
Grands goule	WGS 84	690,275	690275	4986,675	4986675	3500	3236OT Villa	21/02/2003	FD 38 2003 1	Cet éboulement est de typ
Dent du loup	WGS 84	706,375	706375	5001,015	5001015	3500	3235OT	04/01/2001	FD 38 2003	Cet éboulement est un « c
Echarina	WGS 84	704,25	704250	5011,9	5011900	1500	3235OT	1993	FD 38 1993 3	Cet éboulement est simila
Lignet	WGS 84	696,075	696075	5010,5	5010500	660	3235OT	24/07/2001	FD 38 2003 2	Cet éboulement est du au
Veurey	WGS 84	703,75	703750	5016,95	5016950	600	3235OT	02/02/1992	FD 38 2463	Cet éboulement est issu d'
Saillants du	WGS 84	707,983	707983	4990,4	4990400	500	3236OT Villa	31/03/1997	FD 38 2003 1	Ce cas est assez complex
Chatelus	WGS 84	689,763	689763	4990,837	4990837	600	3236OT Villa	21/04/2001	FD 38 2003 1	Cet éboulement tombe dan

Sources : Données : Frayssines, 2006 ; Tableau : ARNAUD, 2008

Tableau 2 : Extrait du tableau d'information sur les éboulements des massifs du Vercors et de la Chartreuse (38)

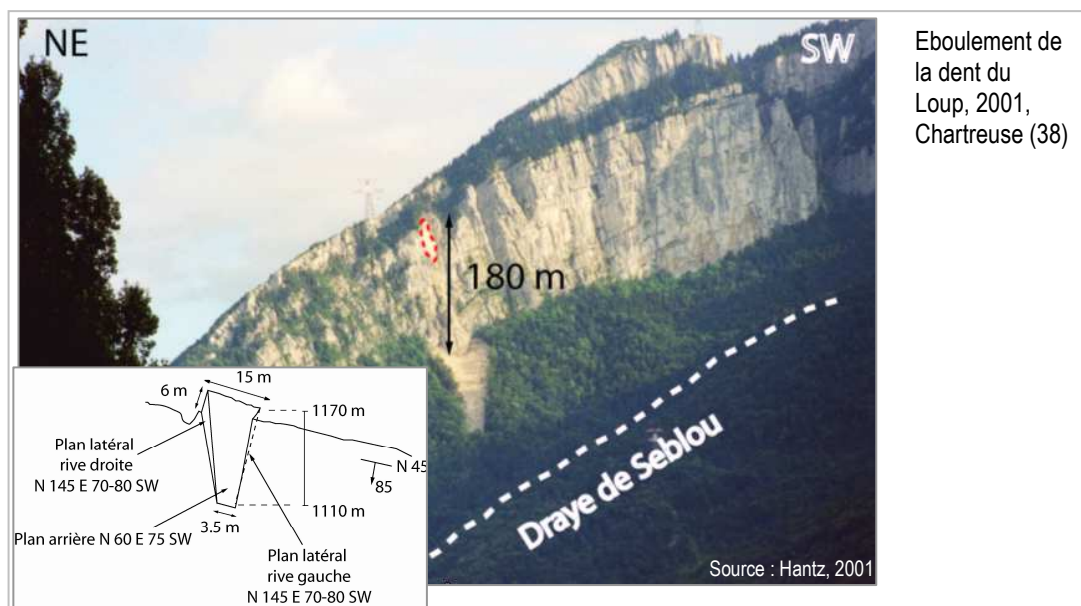


Figure 7 : Exemples de documents produits par les géologues

Les sources des données et des informations sur les éboulements, anciens comme récents, sont réduites, comparées à celles qui alimentent les inondations¹⁹. Ceci est probablement dû à trois raisons. La première est que les recherches sur les inondations anciennes ont été effectuées par des historiens dont la démarche diffère des géologues qui s'appuient davantage sur les traces directes du terrain. La seconde est que les éboulements n'ont pas une récurrence spatiale comme les inondations. La dernière raison est sans doute le fait que l'histoire des dommages provoqués par les chutes de blocs est réduite : excepté l'effondrement du mont Granier (présenté dans le premier chapitre) les autres éboulements ont eu pour seuls effets des endommagements mineurs qui bien que très fréquents restent diffus dans l'espace (ex. routes barrées, carrosserie froissée, mur de maison effondré, etc.)²⁰. Cependant, ils témoignent d'une activité certaine des escarpements rocheux, qu'il convient de comprendre au mieux pour limiter les effets des futurs événements. La connaissance des éboulements passés est là encore cruciale.

L'information dédiée aux éboulements a, comme les inondations, plusieurs sources et différents formats de stockage.

Il convient alors de s'interroger sur l'impact de la diversité de l'IDE sur son accessibilité auprès des acteurs.

1.3.2 Diversité de l'information

Cet aperçu de la diversité de l'IDE sur la couronne grenobloise doit maintenant être étudiée dans le but d'en apprécier l'accessibilité. Premièrement, il semble nécessaire de récapituler de manière organisée les caractéristiques de l'information dédiée aux événements

¹⁹ Toutefois, nous ne vérifierons pas cette hypothèse qui apporte peu à notre problématique.

²⁰ http://www.irma-grenoble.com/04risques_isere/02atlas_cartes.php?id_carte=6

disponibles sur la couronne grenobloise²¹ (Tableau 3), afin, dans un second temps, d'en évaluer l'accessibilité.

Cette organisation se base sur le système du territoire à risque proposé dans le premier chapitre (Figure 9, p. 95). L'IDE renseigne alors sur les phénomènes et les dommages causés. Et comme nous l'avons découvert dans le premier chapitre, les informations sur les éléments exposés et leur vulnérabilité, et les informations sur l'espace physique, sont complémentaires à l'IDE et donc importantes à connaître. Il s'agit de tous les éléments « visibles » à l'oeil nu. Des informations sur le territoire sont ajoutées compte tenu de leur importance pour les acteurs décideurs.

	Sujets IDE Type	Données spatio-temporelles	Autres données	Informations
Phénomènes	Eboulement	- Date - Coordonnées géographiques	- Longueur - Largeur - Surface éboulée - Epaisseur - Volume	- Pente de la zone de dépôt - volume - surface
	Inondation	- Date - Durée - Coordonnées géographiques	- Hauteur d'eau - Turbidité ²² - ADCP ²³	- Débit maximum - Courbe de tarage ²⁴ - Surface inondée
Espace Physique	Géologie Escarpement rocheux Massifs Hydrologie Topographie Orthophoto	Localisation Localisation Localisation Localisation, date Date des relevés Date de la photographie	Ex. type de roche, fractures Ex. hauteur paroi Ex. noms Ex. noms Ex. altitudes	 Ex. surface Ex. débit moyen
Territoire	Communes PPR Occupation du sol Schéma directeur	Localisation Localisation Localisation Localisation	Ex. nombre d'habitants Ex. type de risque Ex. type d'occupation Ex. type des ensembles (zone industrielle, etc.)	
Éléments exposés	Sujets IDE Type	Localisation des éléments exposés	Vulnérabilité	Dommages
	Bâtiments	Casernes de pompiers, hôpitaux, usines, établissements spécialisés (petite enfance, maisons de repos, etc.), scolaires, bureaux, habitats résidentiels, lieux remarquables (gymnases, théâtres, églises, etc...)	- Contenance (en nombre de personnes) - Dangerosité (SEVESO...) - Date de construction - Matériaux de construction - Hauteurs - Nombre d'étages	- Nombre de bâtiments endommagés ou détruits - Endommagement partiel du bâtiment - Endommagement total du bâtiment - Surface affectée
	Ouvrages	Ponts, digues, barrages, aménagements de protection, etc.	- Date de construction - Matériaux de construction	- Endommagement partiel/ total de l'ouvrage - Nombre d'ouvrages endommagés ou détruits

²¹ Cette organisation nous permettra, plus tard²¹, d'élaborer des SIHREN.

²² Transport solide

²³ ADCP : Le courantomètre acoustique profileur mesure et enregistre le courant jusqu'à une distance qui dépend de la fréquence de l'onde acoustique en utilisant « l'effet Doppler » (décalage entre la fréquence de l'onde émise et de l'onde reçue lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement l'un par rapport à l'autre).

²⁴ Relation entre la hauteur d'eau et le débit dans une section donnée

Réseaux	Routiers, téléphone, électricité, gaz	- Date de construction - Matériaux de construction	- Rupture partielle du réseau - Rupture totale du réseau - Nombre de réseaux endommagés ou détruits
Véhicules	Voitures, semi-remorques, bus, camping-cars, caravanes	- Contenance (en nombre de personnes)	- Nombre de véhicules affectés
Personnes	Concentrations de personnes	- Tranche d'âge - Degré de mobilité	- Nombre de blessés graves - Nombre de décès
Espaces naturels	Forêts (genre/espèce), prairies, types de culture, lacs, marais, zones humides, cours d'eau, espaces verts	- Zone soumise à un classement particulier (ZNIEFF, PN, PRN, etc.) - Age de la forêt	- Surface affectée - Surface endommagée partiellement - Surface endommagée totalement

© Aurélie ARNAUD, 2009

Note : Le champ « vulnérabilité » apparaît car il est nécessaire à la compréhension de la colonne « dommages ». La colonne « enjeu » de l'élément exposé est absente car il n'est intéressant de connaître ce champ que uniquement dans le cadre de la préparation à l'alerte ou de la gestion de crise.

Tableau 3 : IDE sur de la couronne grenobloise qui alimente le système territoire à risque

1.3.3 Etat d'accessibilité de l'IDE de la couronne grenobloise

La proposition de cette organisation de l'information montre un nombre important de champs à renseigner. Or les données et les informations associées ne sont pas disponibles de manière homogène. En effet, les sources, les supports d'information²⁵, les supports de diffusion²⁶ et les formats de documents²⁷ sont multiples (Tableau 4) et impliquent des méthodes de recherches et de récupération de l'IDE adaptées. Un état d'accessibilité²⁸ à l'IDE sur la couronne grenobloise, dans le cadre de notre problématique, va alors être établi. L'échelle « facilement », « peu », « moyennement » et « difficilement » accessible sera utilisée. Elle se base, d'une part, sur le **temps investi pour trouver l'information** : la durée peut s'avérer rapide (un ou deux jours) si l'information est téléchargeable sur des sites Internet, en écrivant à des organismes par voie postale (les organismes partenaires du projet SIHREN sont les plus rapides), ou en allant chercher des documents *in situ* (données géographiquement proches). D'autre part, l'accessibilité dépend du **format de récupération des informations** : le format numérique est réutilisable plus facilement que le format papier. Pourtant, il ne suffit pas que les informations soient numérisées. Elles doivent également se présenter sous un format de document réutilisable (ex. xls., mif., mid., etc.) par un maximum de logiciels informatiques. Par exemple, les fichiers utilisés en cartographie sont plus aisément réutilisables s'ils sont vectorisés²⁹. Souvent des conversions sont nécessaires pour que les données soient compatibles. Elles permettent de changer de format mais aussi de

²⁵ Par exemple : articles de journaux, articles de revues spécialisées, sites Internet, rapports d'expertise, vidéographies de reportages, etc.

²⁶ Le Web, les bibliothèques, la presse, la radio et la télévision.

²⁷ Formats numériques : ex. .pdf, .doc, etc. / formats papiers : cartes, manuscrits, photographies, etc.

²⁸ Nous définissons « accessibilité » comme les propriétés et les qualités de ce qui est accessible (ATILF, 2008). Nous allons décrire ces conditions d'accessibilité.

²⁹ En géomatique, un fichier vecteur présente de l'information par objet (une rivière, un lac, une maison) ; contrairement au fichier raster qui présente de l'information par pixel.

référentiel géographique (ex. passer d'une projection cartographique *Lambert II* à une projection *UTM 31*). La durée de cette opération dépend des connaissances en informatique et en géomatique de l'individu qui manipule les données. Il se peut également que des retranscriptions soient indispensables et ces dernières peuvent être longues : ex. retranscrire un texte sous format Word en fichier Excel, retranscrire un tableau sous format .pdf en format .tab, ou encore retranscrire des entretiens sonores en texte. Nous utiliserons désormais le terme *réutilisabilité*³⁰ de documents.

L'échelle d'accessibilité utilisée dans le Tableau 4 est alors la suivante :

- **IDE facilement accessible** : la récupération de l'IDE est rapide (un jour) et sous des formats numériques et génériques ;
- **IDE moyennement accessible** : les sources des données ou d'informations sont difficiles à atteindre (source inconnue ou organisme ressource muet ou non partenaire du projet). Le temps investi peut dépasser la semaine. Cependant, la donnée ou l'information récoltée au final est numérisée et dans des formats réutilisables.
- **IDE peu accessible** : la récupération est rapide mais le support n'est pas numérique et nécessite une retranscription, ou le format des données est difficilement convertissable, c'est-à-dire qu'il nécessite du temps pour les convertir (plus de deux jours).
- **IDE difficilement accessible** : La récupération et le format des documents représentent une longue investigation (plus d'une semaine).

Informations spatiales	Sources	Lieux d'acquisition	Support de diffusion	Format des documents	Etat d'accessibilité
Limites administratives Isère (communes et département)	IGN (payant)	A l'IGA, <i>in situ</i>	Web	Fichiers vecteurs à convertir	Facile
Toponymes (noms des lieux : BD Nyme)	IGN (payant)	Payant auprès de l'IGN	Web	Fichiers vecteurs à convertir	Non acquis
Massifs (Limite des massifs à 500m)	Production personnelle	Production personnelle	Aucun	Fichiers vecteurs réutilisables en l'état	Moyennement

³⁰ Nous nous permettons d'inventer ce mot qui s'inspire du terme *utilisabilité*. Issue d'une « approche centré utilisateurs », l'*utilisabilité* ou *usabilité* de sites Web ou d'outils, définit un degré selon lequel un produit est utilisé selon l'utilisateur pour atteindre ses objectifs. Ce degré dépend de l'efficacité de l'outil (l'utilisateur doit atteindre les résultats prévus), de son efficacité (degré de facilité à atteindre des informations), de la satisfaction de l'utilisateur (confort visuel offert par l'outil et évaluation subjective de l'interprétation) : norme ISO 9241. Des éléments supplémentaires complètent cette définition (cf. <http://www.veblog.com/fr/2001/1021-usability-indepth.html>) et témoignent encore d'un thème polysémique. *Réutilisabilité* s'applique à la réutilisation des documents. Elle exprime plus simplement la possibilité de réutiliser des informations sous un format particulier.

Informations spatiales	Sources	Lieux d'acquisition	Support de diffusion	Format des documents	Etat d'accessibilité
Cours d'eau	IGN (payant)	A l'IGA, <i>in situ</i>	Web	Fichiers vecteurs à convertir	Facile
Topographie (Carte IGN Top 25)	IGN (payant)	A la Metro, <i>in situ</i>	Web	Fichiers vecteurs à convertir	Facile
Eléments exposés	BDcarto de l'IGN (Bâti)	A la Metro, <i>in situ</i>	Aucun	Fichiers vecteurs à convertir	Peu
	Metro (hôpitaux, écoles, etc.)	A la Metro, <i>in situ</i>	Aucun	Fichiers vecteurs à convertir	Peu
	Observatoire de l'environnement (forêts, PN, PNR, ZPPAU, etc.)	Site Internet de l'IFEN	Web	Fichiers vecteurs à convertir (BD Corrine Land Cover)	Peu
Informations thématiques Inondations	Sources	Lieux d'acquisition	Support de diffusion	Format des documents	Etat d'accessibilité
	Cœur, 2003	A l'IGA, <i>in situ</i>	Bibliothèque	Fichiers raster à retranscrire	Peu
	Fond Pardé	A l'IGA, <i>in situ</i>	Bibliothèque	Papier (textes, cartes, etc.)	Peu
	IRMA	Site Internet de l'IRMA	Web, bibliothèque	Données à retranscrire	Peu
Hydrologie Eboulement	CNR	Site Internet	Web	Données à retranscrire et Cartes non réutilisables	Non acquise
	LIRIGM	Au LIRIGM*, <i>in situ</i>	Aucun	Fichiers à retranscrire	Peu
	RTM	Au RTM, <i>in situ</i>	Aucun	Tableaux papier	Non acquise
	IRMA	Site Internet de l'IRMA	Web, bibliothèque	Données à retranscrire	Peu
Géologie Dommages	BRGM	Plusieurs sites Internet	Web	Fichiers raster **	Peu
	IRMA	Site Internet de l'IRMA	Web, bibliothèque	Données à retranscrire	Peu
	CatNat (événements importants)	Site Internet de CatNat	Web (accès payant)	Données actuelles récupérables	Non acquise
Vues aériennes (Orthophotos)	IGN	A la Metro, <i>in situ</i>	Web	Fichier raster à convertir	Peu
Occupation actuelle du sol Ancienne occupation du sol (Cartes CASSINI)	Communes (PLU)	En mairie	Aucun	Fichier vecteur à convertir	Non acquise
	IGN	Payant auprès de l'IGN	Aucun	Carte papier et fichiers raster	Non acquise

© Aurélie ARNAUD, 2009

* Résultats des travaux réalisés par Vincent Gilard (LTHE), non publiés dans son intégralité (éboulements de la Carte 2).

** Les cartes numérisées sont visualisables sur le Web, les cartes vecteurs réutilisables sont payantes. Dans notre cas, nous avons scanner des cartes.

Tableau 4 : Etat d'accessibilité de l'IDE sur la couronne grenobloise

Remarque : les données et informations recueillies sur la couronne grenobloise sont spatio-temporelles. Elles possèdent un contexte spatial dont la géolocalisation est en

coordonnées UTM31-WGS84³¹ et en Lambert II. Les dates associées ajoutent le contexte temporel.

Le Tableau 4 rend compte d'un état d'accessibilité de l'IDE hétérogène. De nombreuses informations sont facilement récupérables mais ceci est probablement dû à notre statut scientifique et à nos partenariats. L'IGA (Institut de Géographie Alpine), la Metro (Communauté d'agglomération de Grenoble) et le LIRIGM nous permettent, de ce fait, d'acquérir une grande richesse informationnelle, nécessaire pour aider à gérer des territoires à risque.

L'accessibilité de l'IDE semble varier en fonction de la personne qui recherche de l'information. Un individu issu d'un milieu scientifique qui recherche des données à titre expérimental paraît détenir davantage de chances qu'un particulier ou un organisme à fins lucratives. Du côté des acteurs décideurs, et dans notre cas, l'IRMA renseigne de manière précise ou réoriente les décideurs si nécessaire.

L'information « non acquise » du Tableau 3 est due à une retranscription trop longue ou à une procédure de récupération lente de l'information dont le résultat est partiel (ex. les PLU des communes de la couronne grenobloise).

Toutefois, l'IDE acquise peut être utilisée seulement dans le cadre d'élaboration de prototypes (par exemple des outils informatiques). En effet, le problème des droits de propriété n'est pas résolu. Si certaines données et informations ne sont pas réutilisables pour une diffusion publique auprès des acteurs des territoires (données de l'IGN, de Cœur, 2003 et de la Metro), comment vont-elles développer des territoires à risque ?

Le Tableau 4 témoigne également d'une grande dispersion de l'IDE, avec des sources très variées, tout comme le sont ses lieux d'acquisition. Cependant, il met en évidence un support de diffusion très répandu : Internet. Ce dernier sera alors choisi pour dépister les problèmes posés par l'IDE aux acteurs des territoires (cf. Section 3).

L'état d'accessibilité de l'information montre une information peu disponible dans le sens où elle nécessite dans la majorité des cas une conversion ou une retranscription pour sa réutilisation. Cependant, même si elle est dispersée entre de multiples sources, elle est, dans de nombreux cas, consultable en ligne, dans des délais très brefs, et gratuitement (plus de 50% de l'IDE³²).

Ce recueil d'informations a mis en évidence la diversité de l'IDE et une accessibilité des acteurs moyenne. Néanmoins, avant de se pencher précisément sur ce problème, nous préférons comprendre les cadres de son utilisation par les acteurs afin de mener à bien sa valorisation.

³¹ UTM : Transverse Universelle de Mercator nord fuseau 31N (Greenwich) ; WGS84 : World Geodetic System 1984 qui est un système géodésique associé aux GPS (Global Positioning System).

³² 11 types d'information sur 21 au total (ce résultat s'appuie sur le Tableau 4).

Section 2. L'IDE pour enrichir des connaissances et enjeux

Malgré une accessibilité variable, l'IDE est très utilisée par les acteurs de la couronne grenobloise. En effet, l'hypothèse est qu'elle nourrit la connaissance de ces derniers qui l'utilisent afin de prévoir les événements, dans un but de se prémunir du risque. L'IDE serait alors une information à enjeux. Pour vérifier cette hypothèse, il semble intéressant, dans un premier temps, de s'attarder sur la notion de « connaissance » qui est un terme polysémique, afin de définir, dans un second temps, la connaissance concrète des acteurs des territoires à risque. L'intérêt de l'IDE sera ensuite analysé dans le but de découvrir les besoins des acteurs territoriaux.

2.1 La connaissance : considération sémantique

Les géographes et les informaticiens posent des regards différents sur la notion de « connaissance » sans pour autant pouvoir affirmer qu'à chaque discipline correspond une définition précise. En effet, plusieurs définitions s'observent dans les deux disciplines. Qu'apportent ces points de vue à notre étude ?

2.1.1 La connaissance dans les sciences sociales

En géographie, la connaissance est regardée sous deux angles : l'information connue, et les processus et mécanismes en jeu pour connaître et interpréter (Brunet *et alii*, 1993 ; Baron *et al*, 2007). En effet, d'une part, la connaissance s'apparente à de l'*information partagée* entre les individus ; ainsi la connaissance géographique comprend une information précise concernant les espaces, les réseaux, les communes, les acteurs mais aussi leurs relations et les systèmes impliqués. D'autre part, la connaissance est le « *fruit de l'apprentissage et de la découverte* » (Brunet *et alii*, 1993) ; la connaissance géographique implique alors l'emploi de méthodes scientifiques (ex. théories, modèles, vérifications, etc.) afin de mieux connaître l'inconnu en l'apparentant à ce que nous connaissons. Cette dernière conception semble être issue de la notion de « connaissance scientifique », dite aussi objective et évoquée dès 1979 par Popper (Blanchot, 1999) : « *le réalisme consiste à penser que nous pouvons élaborer des théories qui nous donnent une connaissance objective du monde au moyen de la confrontation systématique de la théorie et de l'expérience* » (Bricmont, 1994). D'autres points de vue consistent à douter de la connaissance que nous avons des objets sachant que ces objets ne sont peut-être pas réels, mais aussi à se questionner sur notre capacité à connaître de manière objective. Dans le domaine de la phénoménologie, la personne expérimente le monde réel et se construit sa connaissance de son expérience par des représentations symboliques (lettres, chiffres, schémas, etc.), (Le Moigne, 1995). En terme de finalité, téléologiquement parlant, la connaissance est ce qui permet de nous représenter dans la tête un élément (un objet, une action, etc.) et d'en sortir un nouvel élément issu des analyses faites par rapport à un problème. Par exemple, un technicien qui doit construire un

barrage doit se le représenter en fonction des contraintes du terrain auxquelles il est confronté. D'ailleurs, pour définir la connaissance, Popper propose de partir du problème (P1) sur lequel un individu essaie d'appliquer des théories (T). Ses discussions critiques avec les autres lui permettront d'éliminer les erreurs (E) (choix d'une théorie mieux testée, plus proche de la vérité et plus forte) et de faire émerger un nouveau problème (P2) : $P1 \Rightarrow T \Rightarrow E \Rightarrow P2$ (Blanchot, 1999).

Pour revenir à la discipline géographique, lorsque l'on parle de territoire, on peut parler de connaissances qui s'acquièrent et se transmettent de génération en génération. La connaissance est constituée des caractéristiques du milieu, de la géographie, de l'histoire, de l'économie et de la culture du territoire. Elle est véhiculée par des acteurs du territoire et son intensité dépend de la cohérence du territoire et de sa capacité à se reproduire (Landel, 2004). La connaissance des acteurs d'un territoire à risque définit alors le degré d'appropriation de ce territoire par les acteurs. Cette connaissance leur permet d'interpréter correctement les informations pour ensuite agir de façon adaptée aux spécificités du territoire. D'ailleurs, Funnel (2000) distingue la connaissance scientifique de la connaissance traditionnelle qui mène, dans son cas d'étude sur les milieux montagnards, à des actions particulières. De même que November *et alii* (2008) parlent de connaissance scientifique mais aussi technique et surtout profane : dans leur cas d'étude d'inondations d'un village suisse, la connaissance des habitants apporte beaucoup à la gestion du risque (ex. chronologie des zones inondées, actions pendant la crise, etc.). La géographe Brochot (2001) définit d'ailleurs la connaissance profane comme celle des témoins et des victimes des événements. Dans le cas de la connaissance profane, le simple fait d'être l'observateur direct d'un événement ou même la victime de ce dernier, permet de fabriquer sa propre connaissance. Afin de construire celle-ci, il est nécessaire de porter l'IDE à la connaissance des acteurs. En effet, d'après Brunet *et al* (1993), la connaissance est assimilable à un stock d'informations elles-mêmes issues d'un stock de données, issues de différentes disciplines³³. Brochot (2001) illustre bien ce cas : « *un faisceau d'informations permet de constituer, de reconstituer ou d'enrichir une connaissance sur un sujet* ».

Cette connaissance ne dépend pas seulement de ce que l'homme apprend, elle est également liée à la culture d'un individu (Landel, 2004 ; Funnel, 2000), à son caractère et à ce qu'il apprend de ses pratiques quotidiennes. La connaissance est donc personnelle et les choix d'actions qui en dépendent sont parfois difficilement explicables. Elle n'est donc pas qu'objective, elle est aussi subjective. Or dans les sciences sociales, la connaissance scientifique semble la plus considérée. Cependant, il apparaît que d'autres connaissances existent : la connaissance traditionnelle, la connaissance technique et la connaissance profane qui restent toutefois peu définies.

Les informaticiens considèrent-ils d'autres connaissances ? Comment utilisent-ils cette notion ? En quoi leur définition peut-elle nous aider à accéder à l'IDE et à construire des

³³ « *La connaissance géographique est celle de la différenciation de l'organisation de l'espace terrestre. Elle implique une information précise sur les lieux, les liens des lieux, l'appropriation des sols, le maillage et le treillage, comme sur les acteurs et les œuvres qui affectent l'espace. [...] Elle passe par la maîtrise de données et d'instruments de traitement d'informations localisées dites information géographique* » (Brunet *et al*, 1993).

territoires à risque ?

2.1.2 La connaissance chez les informaticiens

Dans le domaine de l'informatique, les préoccupations se concentrent peu sur la connaissance des personnes, et davantage sur la connaissance des systèmes d'information ou des systèmes experts qui pourtant tentent de reproduire la connaissance humaine. La vision de cette dernière par les informaticiens semble difficilement compréhensible par les autres disciplines et les productions de définitions paraissent limitées. Cependant, quelques travaux peuvent nous aiguiller sur leur perception.

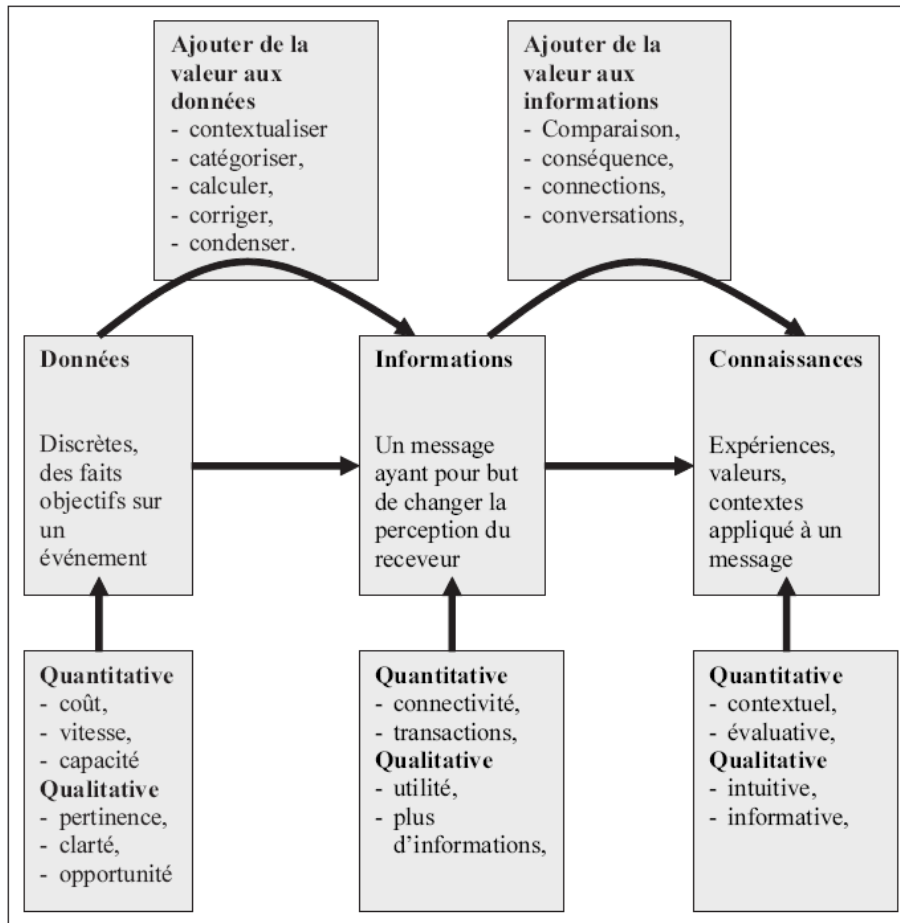
Pour Carter (2003), la connaissance est formée par l'information perçue et retenue par un récepteur immergé dans un contexte³⁴ particulier. Pour certains informaticiens, la connaissance est produite par l'interprétation de plusieurs informations, elle est, en quelque sorte, palpable. Il s'agit d'une information qui résulte d'une étape supplémentaire (une transformation en plus) : Sena *et al* (1999, in Hajji, 2005) illustrent la progression entre la donnée et la connaissance en mettant en évidence le degré de transformation de la donnée initiale (Figure 8).

Cette définition représente une seule partie de la connaissance. En effet, elle se forme grâce à des données et des informations (construction d'expériences ou de valeurs), mais nous avons vu que la connaissance émanait justement de nos expériences et de nos valeurs et pas seulement de l'information. Cette vision considère donc la connaissance objective.

La connaissance est également un processus qui permet à l'homme de produire de nouvelles informations qui donnent les moyens d'agir. Cette conception semble pourtant être adoptée par les informaticiens, notamment lorsqu'ils parlent de « bases de connaissances » et de « modèles de connaissances ». En effet, ces derniers l'intègrent à l'outil informatique pour mieux traiter l'information. Donc, si ce domaine définit peu le terme de « connaissance », il l'utilise fréquemment pour évoquer des méthodes capables de la représenter (des modèles de connaissance) ; ou des systèmes capables de l'utiliser (des bases de connaissances³⁵).

³⁴ « Contexte » est utilisé dans le sens de ce qui entoure un individu : son espace, ses temporalités et les événements qu'il subit.

³⁵ « Une base de connaissances est une structure qui englobe toute la connaissance relative au domaine d'application ou à la partie du monde réel modélisée » (Gencel, 1992). Si la base de données permet de rechercher des informations à partir de requêtes, la base de connaissances est capable d'afficher cette information sans écrire de requête. En effet, les règles apprises par l'ordinateur et la factorisation de l'information dans le modèle de connaissances lui permettent de répondre intelligemment à un problème posé. Par exemple, un utilisateur demande à un système d'information « afficher les événements qui ont causé des dommages importants », l'ordinateur comprendra que « dommages importants » correspond aux événements qui détiennent les critères suivants : « plus de trois maisons détruites », « plus de cinq victimes » et « un temps de rétablissement supérieur à une semaine ». Appliqué à notre problématique, GenGHIS, qui va permettre de valoriser l'IDE, est une plateforme qui s'appuie sur une base de connaissances AROM qui détient ces propriétés (Moissuc, 2007) : cf. Chapitre 4.



Source : Sena et al (1999, in Hajji, 2005)

Figure 8 : Progression de la donnée à la connaissance selon Sena (in Hajji, 2005)

En effet, les informaticiens tentent de proposer des modèles qui représentent la connaissance d'une forme compréhensible par l'ordinateur de manière à ce que la machine puisse elle-même inférer ou dériver³⁶ de l'information à partir de données et d'informations (ex. cas des ontologies mathématiques : modèle qui représente de la connaissance humaine). L'informaticienne Villanova (2002) propose même de modéliser les connaissances des utilisateurs pour améliorer le fonctionnement de systèmes d'information. Ceux-ci réagiraient en fonction des connaissances de l'utilisateur dans un domaine donné. Les travaux se concentrent souvent sur la modélisation de la connaissance experte (Rechenmann, 1995 et 2000 ; Davoine, 1994; Villanova, 2002 et bien d'autres) et de la connaissance par objet (Gencel, 1992 pour ne citer que cet auteur). Toutefois, la connaissance de la vie courante (ou connaissance globale) s'avère plus délicate à acquérir par l'ordinateur. En effet, si un individu informe l'ordinateur qu'il a soif, l'ordinateur va-t-il lui tendre un verre ? Cette action ne dépend pas seulement de connaissances objectives, mais aussi de la culture de l'individu : dans un peuple *lambda*, si un individu a soif, la réaction sera peut-être de poser un linge humide sur la nuque. Cette connaissance est donc très compliquée à modéliser. Mais Rechenmann (1995) souligne bien le fait que modéliser la connaissance ne doit pas s'arrêter aux connaissances expertes (c'est-à-dire objectives), postulat également découvert dans les

³⁶ Dans un jargon néophyte : déduire

sciences sociales. Il tente alors d'aller au-delà en catégorisant la connaissance en connaissance descriptive, comportementale, méthodologique et contextuelle. Cependant, il ne s'agit pas, comme dans les sciences sociales, de connaissances de l'humain, mais de connaissances qu'un ordinateur acquiert. Toutefois, la compréhension de ces catégories à travers une représentation particulière nous permettra peut-être d'opérer des liens entre les deux disciplines :

- la connaissance descriptive décrit une entité (un concept, un objet) à l'aide de tous ses termes associés. Sa représentation se réalise à travers une classe qui est décrite par son nom et une liste d'attributs mais aussi par des liens liant les classes entre elles. Cette représentation de la connaissance correspond à la définition des sciences sociales qui considère la connaissance comme un ensemble d'information à connaître ;
- la connaissance comportementale : des comportements sont attribués aux classes. Par exemple la multiplication d'un critère par un autre. Il s'agit, en sciences sociales, des processus que les acteurs utilisent pour résoudre des problèmes ;
- la connaissance méthodologique permet de résoudre des problèmes grâce à la résolution de tâches associées (classes) en cherchant la plus adaptée. En philosophie, Popper parlait de problèmes à résoudre grâce à la recherche de théories adéquates par la discussion. En criminologie, une définition claire de connaissance méthodologique est énoncée comme la « *connaissance des méthodes de recherches pour mesurer et traiter les données* » et fait partie des connaissances scientifiques³⁷ ;
- la connaissance contextuelle : il s'agit d'outils conçus pour et par un public particulier (qui a ses objectifs) et lui seul peut comprendre l'information produite. Des liens hypertextes et un lexique sont alors nécessaires pour les profanes. Ils vont permettre de mieux partager l'information. Ceci fait référence à la définition des géographes sur *l'information partagée*.

A travers ces représentations, Rechemann parle ici de « *modèles de connaissances* » plus que de « connaissances » au sens où nous l'avons employé plus haut. Ces modèles alimentent des outils pour répondre à des problèmes, mais ne résolvent pas la spécificité de la connaissance profane et technique qui ne se base pas uniquement sur des informations et des données objectives.

Les informaticiens se focalisent sur la modélisation de la connaissance pour aider les hommes à connaître. Mais chaque domaine et chaque individu disposent de connaissances propres, peu évidentes à représenter.

Or pour construire un territoire à risque, ces connaissances des acteurs vont certes utiliser l'IDE³⁸, mais aussi une part subjective de l'individu, issue de sa culture mais aussi de ses apprentissages et de son expérience personnelle. C'est ce que nous allons développer

³⁷ http://www.scienzeinvestigazione.it/traduzione_in_francese/intervista_sid.htm

³⁸ Théoriquement objective mais, comme nous l'avons expliqué, aussi subjective

dans le paragraphe suivant.

2.1.3 La connaissance des acteurs de territoires à risque

Dans notre contexte de développement de territoires à risque, il s'agit de valoriser l'IDE, décrite dans la première section. Pour y parvenir, nous allons tenter de comprendre les connaissances mises en œuvre par les historiens, les géologues, les techniciens et les décideurs³⁹. En effet, ces derniers permettent d'interpréter des données, des informations issues d'archives, mais aussi des empreintes directes ou des événements vécus. La connaissance qui fait partie de chacun de ces acteurs leur permet de produire des informations au plus proche de la réalité des faits. Ces interprétations facilitent la tâche aux acteurs qui ont besoin de produire des documents contenant de nouvelles informations. **Nous considérerons alors la « connaissance » comme une substance permettant d'interpréter des informations et/ou des données afin de produire de nouvelles informations, que nous avons nommées « informations de deuxième ordre » et qu'il faut connaître à leur tour afin de continuer à alimenter cette connaissance.** Celle-ci peut alors se représenter sous la forme de boucles de rétroactions (Figure 9).

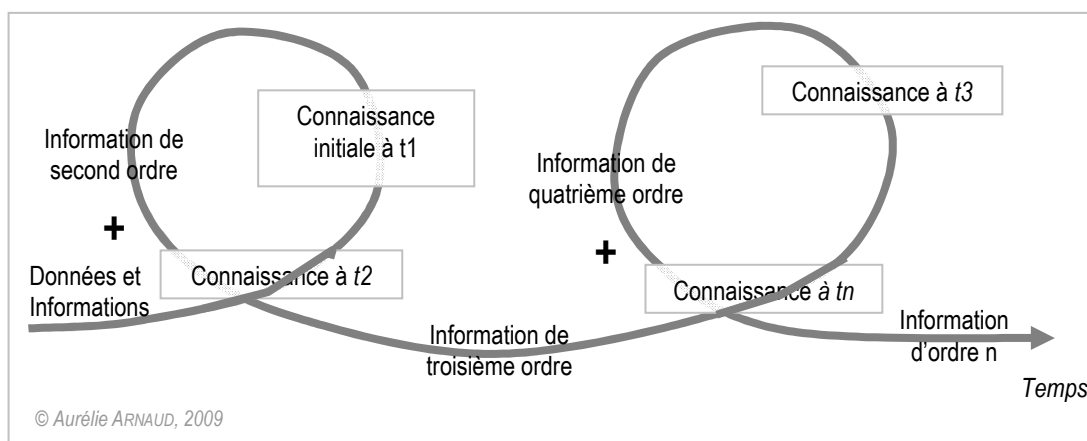


Figure 9 : Boucles de rétroactions représentant l'enrichissement de la connaissance

L'étude des différentes considérations de la notion de connaissance dans les disciplines de la géographie et de l'informatique mène à l'hypothèse que plusieurs connaissances existent selon l'origine des acteurs. Si l'on considère les territoires à risque, ces acteurs possèdent en effet des connaissances distinctes qui leur permettent d'interpréter l'IDE et d'en produire. La mobilisation de ces connaissances dépend du contexte de risque ou d'un objectif à atteindre : par exemple, la prévision, la prévention, le développement d'un territoire ou l'interprétation d'événements. Nous distinguons alors trois types de connaissances impliquées dans la problématique du risque : experte, fonctionnelle et profane. Les définitions qui suivent complètent les travaux amorcés par les géographes (§ 2.1.1.) :

- La **connaissance experte** est, selon les travaux des informaticiens explorés

³⁹ La connaissance de la société civile n'est pas étudiée, représentant une problématique à part entière qui d'ailleurs apparaît avec les travaux de sociologues sur un outil SIDIRA dédié au grand public (Davoine, 2001). Concernant les travaux suisses : se référer aux recherches de November *et alii* (2008).

précédemment, acquise par les scientifiques et les techniciens. Nous parlerons de connaissance scientifique et de connaissance technique. La connaissance scientifique que nous avons définie comme objective dans les paragraphes § 2.1.1. et § 2.1.2., comprend aussi la connaissance méthodologique. Cette dernière fait également partie de la connaissance technique plus pratique et opérationnelle. La connaissance experte est donc issue en majorité d'apprentissages théoriques et méthodologiques mais aussi d'apprentissages techniques. Elle permet de produire, mais aussi d'interpréter des données et des informations sur les événements, afin de produire une nouvelle information qui retrace l'histoire d'un ou plusieurs événements. Ces nouvelles informations associées à leur savoir permettront aux scientifiques d'alimenter des modèles de données simulant de futurs événements, et aux techniciens d'être opérationnels dans le but, par exemple, de calculer les dimensions d'un ouvrage de protection. Cette connaissance scientifique et technique est à l'origine de productions d'informations suffisamment consensuelles ou plausibles pour être diffusées (Brochot, 2003 et 2004) et réutilisées par les acteurs du territoire.

- La **connaissance fonctionnelle** est celle des décideurs. Elle est issue d'informations de types techniques (ex. des rapports d'experts), scientifiques (ex. des rapports scientifiques) et profanes (ex. des témoignages d'habitants), et d'informations et d'apprentissages pratiques liés au territoire et aux enjeux territoriaux (ex. la pression foncière) concernant par exemple son développement et son aménagement. La connaissance et la pratique du terrain, mais aussi des événements passés enrichissent particulièrement cette connaissance. Celle-ci permet aux décideurs d'interpréter des données et des informations afin, par exemple, de se faire une idée des zones plus ou moins dangereuses de son territoire et, à terme, grâce à son savoir, de prendre de bonnes décisions pour développer son territoire en harmonie avec le risque.

- la **connaissance profane** est issue de l'observation des faits et de la perception du risque par les victimes ou les observateurs. Elle leur permet d'interpréter les faits dont ils sont ou ont été témoins. Cette nouvelle information qu'ils se construisent, leur permettra, grâce à leur savoir, d'adopter de bons réflexes pour la suite de l'événement ou pour de prochains événements.

Le tableau suivant récapitule l'utilité potentielle des trois connaissances identifiées, en terme de production d'informations et en terme d'actions subséquentes (Tableau 5).

Connaissances	Experte		Fonctionnelle	Profane
	Scientifique	Technicienne		
Exemple d'acteurs du territoire	Scientifiques	Techniciens	Décideurs	Habitants
Composantes de la connaissance	Apprentissages, IDE	Apprentissages, IDE	IDE, pratiques, apprentissages	Observation des faits, perception du risque, IDE
Exemple d'information interprétée	Information sur un/des événements	Information sur un/des événements	Information sur un degré de danger	Information sur un degré de danger
Exemples d'actions issues du savoir	Simulations	Calculs de dimensions d'ouvrages	Décisions	Se protéger dans l'urgence ou en prévention

Tableau 5 : Trois types de connaissances

© Aurélie ARNAUD, 2009

Note 1 : chaque acteur mobilise plus qu'une connaissance. Par exemple, un scientifique peut utiliser ses connaissances scientifiques mais aussi fonctionnelles pour interpréter les données et les informations.

Note 2 : le terme « savoir » n'est pas ici étudié. Le savoir permet l'action, alors que nous nous intéressons à l'amélioration de la connaissance des risques pour les acteurs. En effet, le savoir est issu d'un ensemble de connaissances traitées par l'« intelligence »⁴⁰ d'un individu afin de lui permettre d'agir. Toutefois, nous faisons apparaître « savoir » dans les illustrations suivantes, pour bien comprendre l'application finale de la connaissance (Figure 10).

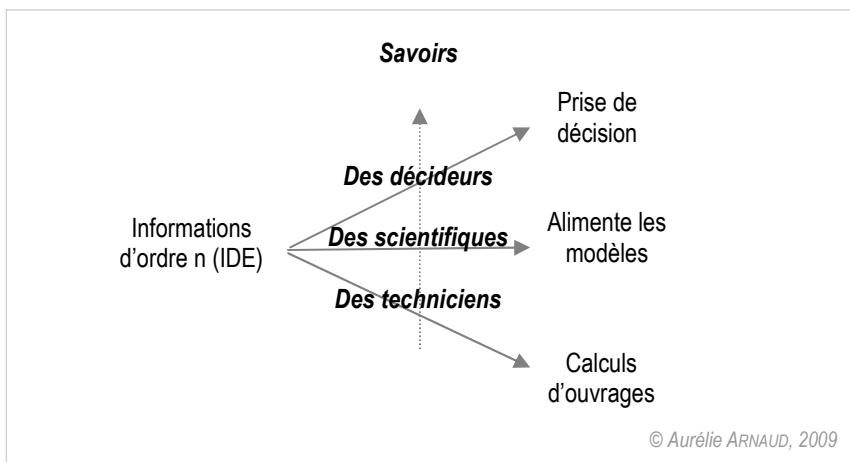


Figure 10 : Actions sur un territoire issues du savoir des acteurs

Nous remarquons que la mobilisation des connaissances diffère selon les transformations de la donnée à l'information d'ordre n.

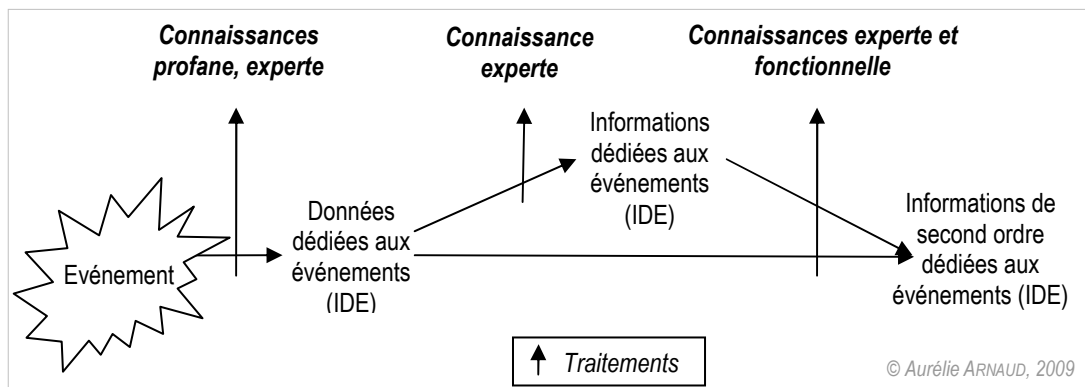


Figure 11 : Types de connaissances impliqués dans la problématique du risque

La Figure 11 montre que la production de données est permise par la connaissance experte lorsque l'acteur positionne des capteurs qui la produisent, interprète des traces directes d'événements ou réalise des relevés topographiques. La connaissance profane permet de produire des témoignages de faits (ex. des habitants témoins d'une inondation)⁴¹.

⁴⁰ « Intelligence » est défini comme un processus permettant la réflexion d'une personne.

⁴¹ Ces données peuvent être considérées comme plus approximatives : Cf. section n°3 de ce chapitre.

La transformation de données en informations se réalise grâce à la connaissance d'experts spécialistes du domaine. Cette transformation peut se réaliser à l'aide d'outils informatiques tels que des SIG (Systèmes d' Information Géographique) qui permettent de réaliser des cartes, mais aussi des bases de connaissances. L'information de second ordre est issue d'interprétations d'experts à partir d'un ensemble de données et d'informations. Elles peuvent être produites grâce à une connaissance fonctionnelle s'il s'agit par exemple d'un décideur qui interprète un événement réalisé sur sa commune qui mobilise ses connaissances sur des événements antérieurs. La diversité de cette IDE produite par des connaissances d'origines variées permet alors de réaliser un certain nombre d'actions et de travaux concrets que nous allons maintenant découvrir afin de comprendre les besoins en terme d'IDE exprimés par les acteurs des territoires soumis au risque.

Les traitements des données et des informations sont issus de la connaissance d'individus ou d'outils informatiques capables de modéliser la connaissance humaine. Les connaissances experte, fonctionnelle et profane servent, d'une part à interpréter et à produire de l'IDE ; d'autre part elles s'alimentent d'IDE mais aussi d'apprentissages et d'expériences personnelles.

Maintenant que nous avons étudié les connaissances des acteurs des territoires à risque de manière théorique, nous nous focalisons sur l'alimentation de ces dernières grâce à l'IDE, objet de notre recherche. Nous allons simultanément découvrir des obstacles qui limitent alors l'enrichissement de ces connaissances ?

2.2 *Enjeux de l'IDE pour enrichir les connaissances experte et fonctionnelle*

La consultation⁴² de l'IDE permet aux acteurs de sustenter leur connaissance, ce qui les aide à prendre des décisions et à agir sur leur territoire. Quelles sont ces actions et que dévoilent-elles comme besoin en terme d'IDE ? Les acteurs ont-ils des préférences pour consulter cette information ?

L'objectif est de déceler les enjeux de l'IDE à travers une analyse de son utilisation par les acteurs. Cette étude est issue d'enquêtes (Arnaud, 2003 ; Arnaud *et alii*, 2006) auprès de ces types d'acteurs sur la couronne grenobloise, d'un travail bibliographique, et d'observations lors du colloque SIRNAT (Montpellier, 2005), du séminaire GESTER (Montpellier, 2006), mais aussi d'analyse de discours des séminaires Théo'Risk à Grenoble (Théo'Risk, 2007).

Les actions réalisées grâce aux connaissances propres des acteurs et à l'IDE se répartissent selon deux contextes de risque et un contexte de développement territorial, piliers transversaux de notre recherche : la prévision, la prévention, ainsi que le développement et l'aménagement du territoire. Nos travaux se focalisent sur les

⁴² La consultation d'une information est un acte volontaire où l'individu décide de lire, entendre, ou regarder un texte, un son ou une vidéographie.

connaissances experte et fonctionnelle, compte tenu de l'information récoltée et disponible sur le terrain grenoblois (Tableau 6). Que révèlent ces actions en terme d'utilisation de l'IDE ? Quels besoins des acteurs se trament ?

Connaissances Contextes d'utilisation de l'IDE	Connaissance scientifique	Connaissance technicienne	Connaissance fonctionnelle
Prévision du risque	Modélisation, simulation Expertise du risque	Expertise du risque	
Prévention du risque	Reconstitution de l'histoire des événements Expertise des catastrophes	Outils de réglementation du risque Outils méthodologiques Expertise de catastrophes Etudes de faisabilité d'ouvrages Informer d'autres experts Elaboration de lois	Gérer le risque Informer la population Culture du risque
Aménagement et développement du territoire	Recherches dans les domaines de la géographie (dont l'urbanisme), sociologie, anthropologie, géomatique, etc.	Document d'urbanisme	Aide à la décision pour des actions concrètes d'aménagement et de développement

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 6 : Actions requérant de l'IDE

2.2.1 Connaissance scientifique

L'IDE alimente la connaissance objective des scientifiques. Dans le domaine des sciences et de la recherche, l'IDE s'associe à d'autres informations et permet, à terme, des actions dans le cadre de la prévision (en majorité) et de la prévention du risque. Que ce soient les inondations de l'Isère ou les éboulements des massifs de la Chartreuse et du Vercors, que ce soient des événements rares mais rapides et destructeurs ou des événements fréquents et mineurs, les experts ont besoin d'utiliser cette information pour étudier le risque. Il s'agit de mieux connaître le passé, pour mieux prévoir l'avenir (Cœur *et al*, 1998).

La collecte d'IDE permet aux historiens et aux cindyniciens tels que des géologues et des hydrologues, de **reconstituer l'histoire des événements**. En effet, les historiens ont été récemment appelés par les cindyniciens pour apporter leur contribution en terme de connaissance historique pour la compréhension des phénomènes catastrophiques (Cœur *et alii*, 2003). Un tel partenariat nécessite une bonne appréciation de ce qu'est la discipline historique, souvent considérée de manière réductrice comme la « discipline des faits ». Or les études historiques des événements sont issues d'une recherche de documents anciens, de leur contextualisation tant au niveau social, économique que politique. Cette interprétation est critique⁴³ : elle est associée aux connaissances scientifiques liées au risque (que nous pourrions nommer « connaissance cindynicienne⁴⁴ »). Elle permet alors la reconstitution des événements, au plus proche de la réalité (Cœur *et al*, 1998). Ces recherches tentent de confirmer l'information déjà recueillie, de lever et d'expliquer incertitudes et doutes sur les données disponibles : « lorsque l'expertise justifie pleinement son discours on doute de

⁴³ « L'enquête historique cherche à établir une collection critique des informations relatives aux événements réellement survenus dans le passé » (Cœur *et al*, 1998)

⁴⁴ Rappel : définition de cindynique p. 22.

l'information historique, et lorsque plus rien ne permet de valider les hypothèses scientifiques classiques, elle apporte un éclairage indispensable. » (Cœur *et al*, 1998). L'IDE sert donc à produire une autre IDE (d'ordre n), qui est issue de plusieurs interprétations. La première, de l'historien, et la seconde de l'association de l'historien et du cindynicien. Par exemple, pour reconstituer l'histoire, les historiens utilisent, entre autres, des cartes anciennes afin de s'imprégner des extensions des événements passés (mais ces cartes ne sont pas superposables aux projections actuelles). Ces mêmes experts utilisent des cartes qui localisent tous les événements pour avoir une idée globale, très utile dans leur interprétation (mais ces cartes sont peu disponibles). Pour la reconstitution de l'histoire des événements, les informations imprécises manquent également. Souvent, l'information imprécise concernant la spatialité de l'événement (une zone floue, insuffisamment déterminée spatialement, où s'est produit un phénomène) ou sa temporalité (quand s'est produit un phénomène), est sous-estimée et oubliée. Or, leur existence permet de les recouper avec d'autres informations et progressivement de les préciser (Mallet *et al*, 2003) et de reconstituer des événements. Il en est de même pour la connaissance des incertitudes sur l'information qui est importante pour les experts, afin qu'ils puissent retracer les faits de manière objective. Ces types d'informations, que nous nommerons plus tard « méta-informations », sont donc indispensables aux acteurs du territoire. Comme autre exemple, pour définir des crues de référence, Lang *et alii* (2003) et Payrastra *et alii* (2006) tentent d'estimer des débits de crues historiques et de classer les crues à l'aide de ces données imprécises. Ces données sont alors utilisées dans des calculs tels que la « valeur normée des débits », la méthode du « maximum de vraisemblance » et la méthode « d'extrapolation » qui s'avèrent fournir des résultats très cohérents lors de l'intégration de l'information historique (Payrastra *et alii*, 2005 et 2006).

Les cindyniciens se servent souvent de l'IDE dans leurs recherches. Cette information leur permet d'alimenter leurs **études sur les probabilités** des aléas d'une part, et d'autre part, d'anticiper leurs conséquences en cas de réalisation. Par exemple, l'information historique sur les événements permet d'enrichir et de valider des choix de loi de probabilité, notamment appliquée aux crues de l'Isère, ou encore, de déterminer une relation volume de sédiment/fréquence de crue et la mise en évidence de facteurs de dynamique d'érosion torrentielle (Lang *et alii*, 2003). D'ordre plus général, l'IDE aide à reconstruire l'histoire des phénomènes et leurs effets (Lahousse, 1997 ; Fanthou *et alii*, 1990). Elle permet également de comprendre l'histoire des aménagements de protection d'un site et l'histoire géomorphologique de ce dernier (Astrade *et alii*, 1998). Cette information s'utilise également dans l'approche probabiliste qui s'appuie sur l'analyse statistique d'un échantillon d'événements choisis (ex. équations liées aux trajectoires des blocs rocheux, des avalanches). Cette approche, qui s'applique surtout à l'étude physique des phénomènes, peut intégrer les informations issues d'enquêtes historiques, permettant d'accroître en quantité comme en qualité l'échantillon initial d'analyse. L'IDE permet d'orienter le choix d'experts dans l'étude de certains sites, elle confirme des simulations issues de modélisations (ex. scénarii et probabilités d'éboulements dans le Vercors : Frayssines, 2006), ou d'autres manipulations statistiques et informatiques comme le calcul de périodes de retour d'un phénomène cyclique tel qu'une inondation.

Dans le cas concret de la **modélisation**, l'IDE apporte aux cindyniciens des informations chiffrées (des mètres d'eau, des débits, des dates) qui leur permettent d'alimenter leurs modèles afin, par exemple, de les rendre plus précis, pour approcher une occurrence d'aléas plausible. Dans d'autres cas, l'expert interprète des photographies, des schémas, ou bien encore des courbes de graphiques. Ces cas sont souvent utilisés par les experts des sciences sociales. Ces derniers utilisent l'IDE en analysant des discours de témoins (ex. l'Enquête Probable des Avalanches (EPA) réalisée par le Cemagref est couramment employée pour des études sociologiques par exemple).

La connaissance scientifique alimentée par l'IDE favorise la prévision du risque lorsque cette dernière permet de modéliser ou calculer des probabilités d'occurrence, mais aussi la prévention du risque lorsque les historiens reconstituent l'histoire des événements qui permettra d'instaurer une mémoire du risque. Ce dernier postulat est renforcé par une affirmation de Cœur *et al* (1998) : « *en matière de phénomènes naturels récurrents, d'inondation en particulier, on admet généralement que la connaissance du passé peut participer à la mise en œuvre d'une meilleure prévention du risque.* »

Mais les acteurs sont confrontés à quelques obstacles lors de la récolte, de la production ou de la réutilisation d'IDE afin d'alimenter leur connaissance scientifique et réaliser toutes ces actions :

- **l'IDE produite est subjective lorsqu'elle est issue d'interprétations critiques ;**
- **l'IDE manque d'informations imprécises ;**
- **l'IDE manque de précisions sur les incertitudes et les lacunes informationnelles ;**
- **les acteurs ont toujours besoin de davantage de données précises et réutilisables rapidement ;**
- **les acteurs souhaiteraient également connaître les sources de manière précise afin d'en évaluer leur fiabilité.**

Qu'en est-il des actions et des besoins des techniciens ?

2.2.2 Connaissance technique

L'utilisation de l'IDE dans la réflexion technique peut améliorer des actions de prévision, prévention, mais aussi d'aménagement et de développement du territoire.

L'IDE s'utilise pour la réalisation de rapports d'expertises sur le risque, mais aussi sur la faisabilité d'ouvrages. D'après Cathala *et alii* (1998), cette information est indispensable dans l'élaboration de scénarii de vieillissement de barrages. Dans ce cas, les données chiffrées sur d'anciens phénomènes sont entrées dans des modèles qui réalisent des calculs à partir de ces données anciennes mais aussi plus récentes.

L'IDE permet d'élaborer des **lois** lorsqu'elle dévoile des constantes qui nous paraissent pourtant banales : par exemple, l'expropriation de zones compte tenu de leur passé événementiel (nombreux événements), l'interdiction de construire dans des couloirs d'avalanches car de nombreux phénomènes ont lieu, ou encore, l'interdiction de construire dans le lit d'une rivière car une crue de période centennale atteint un certain niveau.

Pourtant, au final, ces lois ne sont pas évidentes à appliquer compte tenu de l'histoire sociale et économique du territoire qui aboutit à de nombreux différends. Dans ce cas, les agents de l'Etat rassemblent toutes les informations sur les phénomènes passés et leurs dommages, et les rapports d'expertises, afin d'en extraire des chiffres marquants et des constantes contextuelles qui viennent valider leur loi. Par exemple, l'ampleur d'événements catastrophiques d'un type particulier entraîne l'interdiction d'accès de toutes ces zones de mêmes caractéristiques, dans un contexte météorologique particulier. En effet, suite à la catastrophe d'AZF⁴⁵ (Toulouse en 2001), la loi de 2003⁴⁶ relative à la prévention du risque technologique et naturel et à la réparation des dommages, renforce l'information préventive des populations pour élaborer à terme une culture du risque. Dans le cadre du risque naturel⁴⁷ et notamment des inondations, l'information au public est incitée :

« Les maires des communes sur le territoire desquelles a été prescrit ou approuvé un plan de prévention des risques naturels doivent organiser au moins tous les deux ans une information de la population sur les risques, sur les dispositions prises pour les prévenir, sur l'organisation des secours et les modalités du dispositif d'indemnisation des biens assurés suite à une catastrophe naturelle. Cette information qui pourra prendre la forme de réunions publiques, sera organisée avec l'appui des services de l'Etat compétents et de représentants de la profession des assurances » (article 17).

Les techniciens élaborent des **outils de gestion**⁴⁸ du territoire à risque tels que des outils réglementaires, des cartes d'information et des Systèmes d'Information Géographique (SIG). D'après Garry (2004), la prise en compte et l'intégration d'IDE améliore l'efficacité de ces outils.

Les outils réglementaires sont par exemple des cartes de risque réglementaires (ex. Plan de Prévention des Risques). Les cartes d'aléas et le règlement du PPR sont réalisés en prenant en compte et en mentionnant l'histoire des événements. Toute l'information dédiée aux événements de la commune concernée est rassemblée puis étudiée par les experts : l'observation d'images, la comparaison de chiffres et de graphiques d'un phénomène avec un autre comparable, l'évaluation des dommages qui ont été subis dans chaque zone de la commune (ex. des nombres de morts, un coût des reconstructions), l'étude des retours d'expérience en pointant les discours récurrents (ex. plusieurs discours qui insistent sur une

⁴⁵ Azote Fertilisants

⁴⁶ Loi n°175 du 31 juillet 2003 proposée par Bachelot, alors ministre de l'Ecologie et du Développement Durable. Elle concerne plusieurs aspects de la politique de prévention menée par l'Etat.

⁴⁷ Dans le cadre du risque industriel, des comités locaux d'information composés d'industriels et d'experts sont créés.

⁴⁸ Un outil de gestion du territoire à risque est réalisé par des techniciens cindyniciens afin d'aider d'autres techniciens cindyniciens ou non cindyniciens à gérer leur territoire en prenant en compte le risque. Il peut s'agir de problématiques d'urbanisation, de gestion de réseaux routiers, etc. Il peut également s'agir d'outils de gestion directe du risque (ex. gestion des ouvrages de protection).

La gestion du risque vise à faire garder au risque son caractère potentiel (mission des experts) et à faire garder à l'événement une dimension mineure pour éviter la catastrophe. Pour atteindre ces objectifs, les acteurs disposent de nombreux outils et méthodes (créés par les experts), qui s'inscrivent dans le temps. Avant la catastrophe, les experts mettent en place des outils de prévision (modélisations) qui informent les décideurs de l'imminence du danger, tandis que les techniciens créent des outils de prévention pour aider les décideurs à gérer le risque et l'événement s'il a lieu (quelques uns de ces outils sont décrits ci-dessus). Les décideurs doivent alors anticiper les effets d'une catastrophe et réduire le danger et/ou les dommages en utilisant encore d'autres outils (plan d'alerte et d'évacuation, PLU, etc.)

hauteur d'eau élevée dans une zone précise permettront peut-être de révéler une zone particulièrement mal protégée des inondations alors que rien ne le laissait présager), etc.

L'IDE aide à l'élaboration de cartes d'information sur les limites d'anciens phénomènes, telles la Carte de Localisation Probable des Avalanches (CLPA⁴⁹) du Cemagref, les zonages d'intensité d'aléas, et la carte de sismicité de la France du BRGM. Là encore, les experts rassemblent l'IDE disponible (ex. la carte de sismicité de France se base sur 7600 séismes historiques : MEDD, 2002⁵⁰), puis élaborent un zonage par croisement avec des expertises, des retours d'expériences et de données chiffrées récentes ou anciennes (ex. produites par des instruments de mesure). La particularité de la CLPA est de s'appuyer principalement sur des enquêtes (Enquêtes de Probabilité des Avalanches) réalisées auprès d'habitants et d'en extraire, à partir de leur description, des zonages du passage des avalanches : « *l'avalanche est passée dans ce vallon et s'est arrêtée à un mètre de la rivière* ». Ces zonages sont ensuite révisés par rapport à la topographie et à la végétation, notamment par un travail d'interprétation de photographies aériennes. Si la connaissance scientifique a permis de mettre en œuvre cette méthode, c'est bien la connaissance technique qui permet de produire les EPA et les CLPA.

L'IDE alimente des bases de données de Systèmes d'Information Géographique (SIG). Par exemple, dans la province de Turin (Italie), un outil de gestion des ouvrages de protection a été créé. Il se compose d'un répertoire cartographique et historique des sites routiers soumis au risque naturel (Allegra *et alii*, 2001). La méthode de réalisation de cet outil est particulière puisqu'elle intègre, en amont, une analyse historique pour la connaissance des phénomènes instables, c'est-à-dire de l'information historique. Ainsi, l'utilisateur de cet outil peut s'appuyer sur les récits d'événements anciens, déjà interprétés, afin d'élaborer les plans d'entretien des ouvrages en fonction de la fréquence et du volume des avalanches.

Consuegra *et alii* (1993) réalisent un SIG issu d'une étude qui s'appuie principalement sur des observations de terrain et des photographies aériennes pour l'identification topographique et sur des calculs locaux de capacités hydrauliques calés sur des événements historiques d'inondation pour repérer les débordements. L'analyse de ces informations permet de tracer les cordons d'inondation en fonction des temps de retour étudiés. L'IDE permet à l'expert de mener une étude plus élaborée et plus justifiée sur le bon emplacement des limites de ces cordons. En effet, les chiffres et les photographies peuvent influencer ses choix.

L'IDE aide à la création de **guides**, de formations et d'**outils d'information**. En effet, les experts institutionnels se concentrent sur ces actions méthodologiques (plaquettes et sites Internet qui comportent de l'IDE pour sensibiliser et informer les lieux sensibles (rapport de l'ENA, 2001). Pour cela ils rassemblent toute l'IDE disponible et tente de retracer les événements les plus marquants afin d'instaurer une **mémoire du risque** (ex : travaux de

⁴⁹ La CLPA est une carte des événements avalancheux. Les limites représentent l'extension maximale des avalanches qui se sont produites dans le temps.

⁵⁰ http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/zonage_sismique_france/home.htm

l'IRMA⁵¹)

En matière d'**aménagement**, lors de la réalisation de documents d'urbanisme tels qu'un PLU ou un Schéma Directeur, les experts (urbanistes, géographes, etc.) sont obligés de tenir compte du risque. Ils ont donc recours à l'IDE. D'une part, l'intégration des événements historiques dans les documents d'urbanisme facilite son acceptation par la société civile :

« L'histoire connue est intéressante à rappeler à la population dans un processus d'acceptation du risque, puisque nous sommes chargés de faire apparaître sur les documents d'urbanisme ou de cartographie des risques, quelles sont les mesures qui ont été prises depuis les événements historiques qui ont soit modifié le risque, soit permis de prendre en compte au niveau local les zones interdites à la construction et les ouvrages de protection » (Sionneau⁵², in Arnaud, 2003).

D'autre part, elle facilite la réalisation de ces documents : par exemple pour tracer des zonages, les experts s'appuient sur l'IDE, de la même manière que pour réaliser les cartes réglementaires ou les cartes d'information. Toutefois, la récolte de cette information est parfois délicate car elle n'est pas centralisée et elle possède des formats différents. De plus ces acteurs utilisent des cartes anciennes qui ne possèdent pas des projections récentes (Arnaud, 2003).

L'IDE est utilisée par des experts **non cindyniciens**. En effet, le décret de 2004⁵³ relatif à l'information des acquéreurs/locataires de biens immobiliers sur les risques naturels et technologiques majeurs, vise à les informer sur les événements naturels et technologiques et sur les menaces présentes qui pèsent sur le bien qu'ils achètent. Les notaires, les vendeurs et bailleurs de biens immobiliers sont les nouveaux acteurs dont le besoin en connaissance des événements s'accroît. En effet, lors des transactions, ils doivent obligatoirement (depuis le 1^{er} juin 2006) être informés des événements passés et des risques naturels et technologiques affectant le bien. L'utilisation de l'IDE se réalise en lisant des documents qui retracent les événements et en visualisant des cartes pour observer les limites d'anciens phénomènes. Cependant, cette information n'est pas toujours totalement accessible⁵⁴ à cause, en partie, de sa dispersion. Les architectes sont également des experts non cindyniciens. Lors de l'élaboration des projets de constructions, en plus de la consultation du PPR, ils peuvent être amenés à en savoir plus sur les événements antérieurs (intensité, calculs sur des bétons anciennement utilisés) ayant affecté la zone de construction ou de réhabilitation, pour avoir des références de résistance sur des bâtiments endommagés par des phénomènes, afin de bien proportionner leurs ouvrages.

L'expert technicien a besoin de lire sur une carte les anciennes limites des événements. Ce travail peut être issu d'une interprétation des experts scientifiques qui ont localisé les traits de limites en fonction d'anciennes données et informations dont d'anciennes cartes. L'intérêt de cette cartographie est d'autant plus justifié que les politiques reposent sur l'analyse technique du risque et sa transcription cartographique. Celle-ci permet le passage de l'évaluation du risque au zonage et d'établir géographiquement les mesures

⁵¹ Institut des Risques Majeurs

⁵² Propos recueillis après de Philippe Sionneau, interviewé (Arnaud, 2003)

⁵³ Décret n°2005-134 du 15 février 2004, issu de la loi du 30 juillet 2003 qui s'applique depuis le 1^{er} juin 2006

⁵⁴ Cf. définition d'*accessibilité* dans la section n°1 de ce chapitre.

réglementaires qui peuvent être associées à ce dernier : les instruments légaux de prévention du risque⁵⁵ sont les Plan d'Exposition aux Risques (PER), Plan secours Spécialisé (PPS), Plan de Zones Sensibles aux Incendies de Forêt (PZSIF) et le Plan de Prévention des Risques (PPR). Les PZSIF et les PPR raisonnent d'ailleurs en termes de localisation et de circonscription d'un phénomène naturel. Le zonage découpe le territoire en zones différenciées. Cette démarche de zonage est pratique mais incertaine :

« La mise en carte des risques naturels territorialisés pose en soi des problèmes de précision aux études, d'échelle de représentation, de type de fond de carte (ex : topographique ou parcellaire ?), d'agrégation des informations dans les secteurs exposés à plusieurs aléas, d'interprétation et d'utilisation des documents » (Garry, 2001).

Lors du zonage de phénomènes passés, il s'agit de délimiter des « territoires de l'aléa » tels que nous les avons définis dans le premier chapitre, et non de risque, puisque peu pertinents à la gestion d'une unité de référence mentale des acteurs locaux. Cependant, si nous ajoutons la localisation des éléments exposés, leur enjeu et leur vulnérabilité qui composent les territoires vulnérables, nous nous approchons de la cartographie d'un territoire à risque. Pour représenter précisément ce dernier, les dimensions temporelles et attributaires de chaque objet doivent également apparaître.

Les experts ont également un grand besoin de connaître l'incertitude de l'IDE. Mais c'est un objet abstrait qu'il est difficile de quantifier, de représenter et de comprendre. Or, leurs travaux de dimensionnement d'ouvrages par exemple, reposent sur la compréhension de l'information, des hypothèses et des estimations.

Les techniciens rencontrent alors quelques limites lors de leur récolte et de leur réutilisation de l'IDE alors qu'elle demeure nécessaire pour enrichir leur connaissance technique :

- **les données chiffrées, précises et à jour, ne sont pas systématiquement disponibles ;**
- **des informations même d'ordre n, issues de sources variées accompagnées d'indications sur leur fiabilité, et représentées de différentes manières, ne semblent pas toujours accessibles ;**
- **le format des cartes est difficilement réutilisable ;**
- **la multiplicité des formats de documents et leur stockage semblent parfois poser problème ;**
- **les dimensions temporelles et spatiales ne paraissent pas toujours évidentes à représenter ;**
- **l'information est dispersée dans de nombreux supports ;**
- **l'IDE demeure parfois peu accessible pour des non cindyniciens, à peine familiarisés avec les sources ;**
- **les incertitudes ralentissent ou compromettent certaines actions.**

⁵⁵ Le décret n° 92-273 du 23 mars 1992 précise les conditions d'élaboration de ce document

Qu'en est-il des connaissances fonctionnelles ?

2.2.3 Connaissance fonctionnelle

Les décideurs utilisent l'IDE dans le cadre de la prévention (dont l'exercice de mémoire), de l'aménagement et du développement du territoire. Ils élaborent des outils de gestion dans lesquels l'intégration de leur connaissance de l'IDE est un réel atout.

L'IDE facilite les **enquêtes publiques**. En effet, elle permet un transfert de connaissances de meilleure qualité et suscite plus facilement des réactions de la part de la société civile (Arnaud, 2003). Par exemple, lors d'enquêtes publiques pour l'approbation des PPR, la discussion des zonages réglementaires est facilitée par la présentation d'événements anciens même si ce n'est pas toujours le cas. En effet, des habitants font primer encore l'hédonisme paysager sur leur sécurité.

La connaissance de l'IDE permet d'anticiper les **dommages**. En effet, connaître les dommages permet aux acteurs de ne pas reproduire certaines erreurs (Arnaud, 2003). L'IDE constitue une aide à l'anticipation des répercussions et réparations des dommages potentiels sur l'espace physique et socio-économique. De plus l'histoire des dommages permet une prise de conscience des élus qui facilite la communication et la sensibilisation de leurs citoyens. Cette connaissance permet également aux gestionnaires une meilleure appréciation des espaces à aménager et à développer. Le National Weather Service (NWS) estime que la connaissance des dommages causés par les phénomènes constitue un élément de compréhension du changement climatique, de la croissance et du développement de certaines populations, mais aussi des politiques actuellement mises en œuvre. Les scientifiques des sciences dures ont besoin de ces données à différentes échelles spatiales et temporelles afin d'analyser les variations des dommages et leurs causes. Tandis que les scientifiques des sciences humaines et sociales ont besoin de cette connaissance pour analyser les politiques de réduction des dommages (NWS⁵⁶).

Les décideurs ont besoin d'IDE dans le cadre de la formation d'une « **culture du risque** », indispensable à une bonne prévention du risque. Ce type d'information a pour atout de sensibiliser la population, et donc de la responsabiliser en créant une véritable culture spécifique, indispensable à un territoire à risque. L'information sur tous les événements, mêmes mineurs, sans dommages, est nécessaire pour construire une mémoire des événements. D'ailleurs, les experts techniciens cindyniciens interrogés pensent que l'information de la société civile sur l'histoire des événements est indispensable :

« L'information historique permet aux personnes de s'apercevoir qu'il se passe des événements naturels sur leur commune, même si dans la plupart des cas, elles n'arrivent pas à le croire. Mais si l'information est bien organisée et comporte des photographies et quelques remarques sur les incidents, les habitants seront sensibilisés un minimum. L'attention des citoyens est souvent attirée lorsque leur parcelle ou leur hameau a déjà été touché par un événement ; c'est par ce biais qu'ils se rendent mieux compte qu'il existe des aléas qui les guettent dans l'ombre »⁵⁷ (Arnaud, 2003).

⁵⁶ <http://www.flooddamagedata.org/introduction.html#top> (cf. bibliographie)

⁵⁷ Sébastien Gominet, enquêté (Arnaud, 2003)

Un autre expert mentionne :

« L'histoire connue est intéressante à rappeler à la population. Nous sommes d'ailleurs chargés, dans les dossiers, de faire apparaître sur les documents d'urbanisme ou de cartographie des risques, les mesures qui ont été prises depuis les événements historiques qui ont, soit modifié le risque, soit permis de prendre en compte au niveau local les zones interdites à la construction et les ouvrages de protection. Ces contraintes seront mieux acceptées si l'information des risques auprès des citoyens est développée »⁵⁸ (Arnaud, 2003).

L'IDE permet d'étudier cette mémoire du risque qui constitue un élément indispensable pour l'étude des comportements des populations face au risque. La description détaillée des événements historiques dans les documents journaliers jusqu'aux archives renseigne très concrètement sur la faculté de certaines zones à être sensibilisées au risque.

C'est ainsi que nous nous apercevons que la **mémoire** est elle-même composée d'IDE et qu'elle joue alors plusieurs rôles : celui de la construction d'une capacité de résistance en alimentant la connaissance profane des habitants et celui de protection pour ne pas reproduire les erreurs du passé. Fabiani *et al* (in Marchisio, 2005) soulignent l'interrogation perpétuelle des pouvoirs publics dans la construction d'une capacité de résistance des citoyens et partenaires sociaux, composée d'une « *capacity building* » (capacité d'adaptation) et de « *savoir « faire-face » à des événements défavorables et hostiles* ». L'IDE joue dans ce cas un grand rôle, puisqu'elle alimente la mémoire des événements qui permet de conserver un savoir-faire et de sensibiliser la population. C'est à travers l'alimentation de la connaissance profane que la prévention du risque de la commune peut être améliorée. D'ailleurs, une étude réalisée dans les Pyrénées Orientales (les Trois Vallées du Haut – Lavedan, 66), expose la conservation d'un savoir-faire d'une société montagnarde habituée au risque d'avalanche. Cette localité révèle une connaissance des catastrophes inscrite dans la mémoire collective, qui se traduit dans le paysage par l'architecture originale des granges, adaptées au risque : « *les montagnards mobilisent des savoirs, des savoir-faire et des savoir-vivre des catastrophes, qui leur ont permis d'intégrer les risques (éléments perturbateurs) dans leur pratique, leurs techniques et l'organisation de leur mode de vie* » (Barrué, 2002). Une autre étude réalisée dans la vallée d'Ormont (Préalpes vaudoises, Suisse) traite de la mémoire des habitants de la commune d'Ormont-Dessus. Cette commune soumise à un fort risque d'avalanche de poudreuse, concentre la meilleure zone agricole de la région. Chaque famille possède plusieurs propriétés parsemées et occupées par les bêtes en hiver⁵⁹. La population est exposée au risque soit dans ses bâtiments, soit sur les voies de cheminements. Les habitants possèdent une bonne connaissance de l'aléa (qualité de la neige, direction du vent, formation de corniches, etc.). Ils ont adapté leurs comportements : la « *transcription des connaissances est un élément essentiel à la mémoire de toute société traditionnelle* » (Bussey *et al*, 1998). En effet, ce cas révèle une forte volonté de cultiver la mémoire en réalisant des empreintes indirectes (manuscrits) qui circulent entre les familles, de génération en génération, dans la presse, dans les guides touristiques, etc. Cette richesse et cette précision a permis de réaliser un « *cadastre des risques* » (Bussey *et al*, 1998). Ces exemples montrent combien la mémoire des événements dans les milieux montagnards est

58 Philippes Sionneau, enquête (Arnaud, 2003)

59 L'activité agricole consiste à faire transiter les bêtes au gré des saisons selon différentes étapes de « remuage » composées des propriétés des exploitants.

capable de construire une certaine culture qui permet aux habitants de mieux se prémunir. Cette qualité constituerait alors celle d'un territoire à risque. Cependant, dans les régions où les événements ne sont pas réguliers, l'urbanisation rapide des territoires a inhibé ce travail de mémoire. En effet, il n'est pas opportun de vanter le risque et les anciens événements liés à ceux-ci si les acteurs locaux désirent y attirer la population. L'exemple de Val d'Isère (73) détaillé page 108, illustre ce propos où l'avalanche de 1970 a provoqué 39 morts dans le chalet de l'UCPA. La commune tente d'effacer ce tragique événement de la mémoire :

« D'une manière générale, les communes sont réticentes à un affichage du risque pour des raisons tenant à « l'image de la commune », particulièrement dans les zones touristiques, et du fait des responsabilités qui découleraient selon elles immédiatement de cette connaissance affichée, lorsqu'elles n'y ont pas remédié » (Bourrelier, 1997).

Cependant, pour de nombreux élus locaux, la logique d'une telle prévention est en concurrence, voire en opposition, avec le développement de leur commune. Pourtant, la mémoire des événements est reconnue dans de nombreux domaines (ex. la sociologie, l'histoire, la géologie, la géographie, l'hydrographie, la nivologie, l'aménagement du territoire, etc.). Elle aide les élus et la population à comprendre les événements et en conséquent, réduire le risque de leur territoire. En effet, la mémoire a des vertus pédagogiques et permet de mieux saisir les caractéristiques des phénomènes (ex. une vitesse, un potentiel de destruction, etc.).

L'IDE est rassemblée par les décideurs pour sensibiliser la population au risque. En effet, elle alimente notamment l'« **information préventive** »⁶⁰. Cette dernière aide à surmonter le sentiment d'insécurité et à faire adopter un comportement responsable face au risque : « *l'information préventive contribue à construire une mémoire collective et à assurer le maintien des dispositifs collectifs d'aide et de réparation* »⁶¹. Mais, le manque d'information et de documents réglementaires (Bourrelier, 1997 ; Marchisio, 2005) semble être à l'origine du manque d'acceptation du risque de la part des sociétés occidentales. Or, l'information des citoyens sur le risque naturel, le risque technologique majeur et sur les mesures de sauvegarde, est un droit inscrit dans le code de l'environnement⁶². Les outils législatifs concernant l'information sur le risque d'un territoire aux citoyens sont anciens : par exemple, la directive européenne de 1982, dite SEVESO⁶³, prévoit une obligation d'informer les populations situées autour des installations à risque. En 1987, la loi relative à l'organisation de la sécurité civile et à la protection de la forêt contre l'incendie et la prévention du risque majeur du code de l'environnement, affirme que « *les citoyens ont droit à l'information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis dans certaines zones du territoire et sur les mesures de sauvegarde qui les concernent. Ce droit s'applique aux*

⁶⁰ L'« information préventive » est reconnue par l'Etat (www.prim.net) et les organismes de prévention des risques (ex. IRMA). Elle renseigne les citoyens et les pouvoirs publics sur les risques, dont les événements passés d'un territoire, et les comportements à adopter lors de l'approche et du passage d'un phénomène. La connaissance des mesures préventives, de l'histoire des événements, des dommages prévisibles et des moyens de protection et de secours mis en œuvre par les pouvoirs publics, sont des conditions pour diminuer la vulnérabilité des personnes exposées.

⁶¹ IRMA : Institut des Risques Majeurs

⁶² Articles L 125-2, L 125-5 et L 563-3 et R 125-9 à R 125-27

⁶³ Directive Européenne SEVESO 82/501/CE du 24 juin 1982

risques technologiques et aux risques naturels prévisibles »⁶⁴. Le décret de 1990 relatif à l'exercice du droit à l'information sur le risque⁶⁵ précise le contenu et la forme de l'information, définit les missions et prévoit l'élaboration d'un dispositif réglementaire (DDRM : Dossiers Départementaux des Risques Majeurs, DCS : Dossiers Communaux Synthétiques, DICRIM : Documents d'Information Communaux sur les Risques Majeurs, détaillés dans la seconde partie)⁶⁶. Ce décret met en place les CARIP (Cellules d'Analyse des Risques et d'Information Préventive) qui collectent les informations et notamment de l'IDE dans chaque département, mais aussi établissent des réglementations et facilitent la diffusion de l'information préventive auprès des populations par le maire⁶⁷. Les DDRM et les DICRIM décrivent les événements. Le préfet et le maire sont chargés du relais de l'information. Le maire doit définir des politiques d'information sur son territoire, il doit être au fait du risque sur sa commune et diffuser cette information (ex. campagnes de prévention). L'IDE doit alors être riche pour mieux sensibiliser la population. Pour alimenter l'information préventive, les décideurs rassemblent l'IDE qui concerne leur territoire et tentent d'en extraire les informations les plus marquantes : les événements les plus catastrophiques avec des chiffres marquants (nombre de victimes, nombre de maisons détruites, surfaces atteintes) afin de marquer les personnes. Mais l'étude de nombreux DICRIM⁶⁸ de la couronne grenobloise et du DDRM de l'Isère nous montre que l'IDE contenue est réduite.

Nous mentionnons également l'utilité de l'IDE pour la réalisation de **plans d'alerte et d'évacuation** même si notre étude se situe en marge de la prévention et de la prévision. En effet, ces plans qui s'appliquent à travers le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) confèrent à l'IDE une place importante. Un PCS se réalise en tenant compte des événements passés afin d'éviter de reproduire certaines erreurs et de conserver les actions qui fonctionnent. Il intègre également les enseignements des retours d'expérience. Par exemple, lors d'un déclenchement de PCS un 15 août, alors qu'une crue torrentielle était en train de traverser un village, les clefs de la pelle mécanique, qui auraient permis de dégager rapidement l'accès de la route principale de la commune, étaient indisponibles, le responsable étant en congé. Ce retour d'expérience insiste sur l'importance d'être toujours opérationnel, même le week-end, durant les vacances ou la nuit, afin que les événements soient toujours gérés avec la même efficacité.

L'IDE **aide à la décision** nos acteurs. En effet, le risque est un objet de négociation (Decrop, 1997). Partant de ce constat, pour le négocier, les décideurs ont besoin d'un minimum de connaissances en la matière. L'IDE vient alors en aide à ces derniers. Elle est un instrument de travail précieux pour les élus. « *Les décisions doivent s'appuyer sur la*

64 Loi n°87-565 du 22 juillet 1987

65 Décret n°90-918 du 11 octobre 1990

66 Ces dossiers sont décrits plus précisément dans le chapitre 2 paragraphes § 1.1.1.2. Les élus locaux.

67 Toutefois, leur succès reste restreint. Le décret du 9 juin 2004 (Décret n°2004-554 du 9 juin 2004) supprime les DCS et améliore des DDRM et DICRIM.

68 Cette étude sera détaillée dans la troisième section de ce chapitre.

prise en compte des évolutions à l'échelle historique »⁶⁹ (Arnaud, 2003). Lors de la délivrance d'un permis de construire ou lors de l'application d'autres règles d'urbanisme, le maire d'un territoire à risque peut se référer à d'anciens événements (ex. leur emprise, leur intensité) pour sensibiliser des acheteurs ou pour se faire une opinion de la situation. En effet, l'absence de connaissance et l'absence de mémoire du risque sont deux facteurs qui aggravent considérablement la vulnérabilité de ses habitants. A ce sujet, Davoine (2002) mentionne que « *l'information historique est un outil considérable pour les élus. Celle-ci peut constituer un support explicatif aux différents phénomènes identifiés, contribuer à la prise de décision et favoriser l'appropriation du risque par la population* ». Le Plan de Prévention des Risques, qui mentionne l'histoire des événements, constitue un outil d'aide à la décision et de sensibilisation de la population. Mais si le décideur veut connaître toute l'IDE, il doit entreprendre des recherches lui-même, les informations n'étant pas centralisées. Les cartes sont dans ce cas souvent utilisées, car elles constituent un bon moyen de repérage visuel des emprises d'événements. L'IDE aide également les élus à déterminer un lieu d'expertise du risque. Elle aide aussi à fonder des choix d'aménagement sur les territoires⁷⁰ (Arnaud, 2003). D'un point de vue pratique, les décideurs ont besoin de cartes qui superposent les anciennes limites des phénomènes, qui localisent les anciens dommages et les éléments exposés actuels. Ce paragraphe s'achève sur une phrase d'Antoine *et alii* (1994) qui reflète bien l'enjeu de la cartographie des événements : « *la cartographie de sites actifs par le passé fournit une aide à la décision, que ce soit pour l'élus amené à délivrer les permis de construire ou pour les ingénieurs devant concevoir des mesures de prévention et prévoir le dimensionnement des ouvrages de protection* ».

Les obstacles aux actions des décideurs ont des origines variées et ralentissent l'élargissement de leur connaissance fonctionnelle :

- l'IDE sur les savoir-faire locaux n'est pas évidente à mobiliser compte tenu de ses sources diversifiées ;
- les lacunes informationnelles limitent le succès de certaines actions ;
- les DICRIM et les DDRM contiennent une IDE limitée à cause d'une information guère disponible ;
- l'IDE est dispersée et donc compliquée à centraliser ;
- une IDE percutante et évocatrice n'est pas toujours accessible rapidement ;
- l'IDE sous forme de carte est rare et pourtant demandée par les décideurs.

Une information de second ordre manque alors. Les acteurs ont parfois besoin d'une information retraçant un contexte général d'un ensemble d'événements sur un territoire ou une histoire d'un seul événement, or les non-historiens ou non-experts dans un domaine, rencontrent des difficultés pour accomplir cette tâche à partir des nombreuses informations et de leurs connaissances. En effet, nous avons montré que seuls l'historien et l'expert dans un

69 Augier P., Directeur du syndicat mixte du schéma directeur de la région grenobloise, interviewé dans Arnaud (2003).

70 *Idem*

domaine particulier, grâce à leurs connaissances particulières, sont capables d'interpréter ces ensembles d'informations et de données en fournissant, en plus, un regard critique sur la fiabilité des sources et des documents. Cette information de second ordre est peu existante et peu accessible.

Nous sommes alors confrontés à un double problème : premièrement, les acteurs sont restreints pour créer des territoires à risque compte tenu de l'IDE peu accessible, or cette dernière alimente leur connaissance. De ce fait, ils ne peuvent fabriquer que des territoires soumis au risque, où le risque reste considéré de manière négative. Le second problème est que les informaticiens prennent peu en compte la connaissance subjective (ex. l'information d'ordre n) qui pourtant est nécessaire à la fabrication de territoires à risque. **Notre recherche glisse alors vers l'exploration d'une nouvelle hypothèse : la valorisation de l'IDE est limitée à cause d'un certain nombre de problèmes.** En effet, la mise en valeur de l'IDE pour en tirer davantage de ressources⁷¹, nécessite qu'elle soit accessible et compréhensible. Nous schématisons notre vision du processus de valorisation de l'IDE pour bien saisir ses composantes dans la Figure 12.

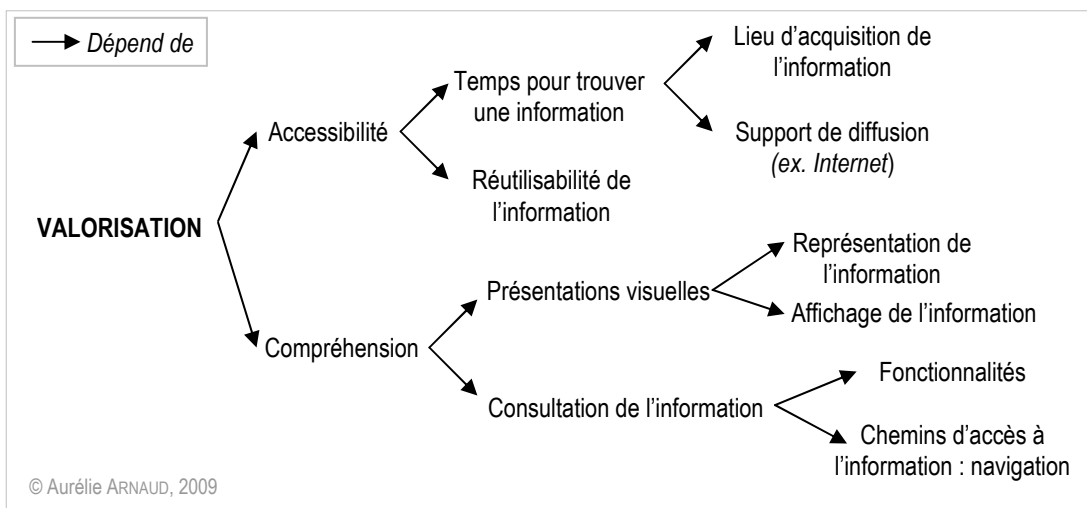


Figure 12 : Processus de valorisation de l'IDE

Nous avons décrit l'accessibilité⁷² par les deux variables suivantes : le temps pour trouver l'information, qui dépend des moyens de transmission de l'information aux acteurs (lieux d'acquisition et support de diffusion), et le format de récupération des documents qui détermine leur *réutilisabilité*. Afin de « recevoir une représentation nette dans l'esprit » (ATILF, 2008), la compréhension de l'IDE dépend des présentations visuelles qui peuvent être des représentations de l'information (ex. des cartes, des textes, des tableaux, etc.) et des affichages de l'information (forme visuelle plus générique relative à ce qu'observe l'utilisateur à l'écran d'ordinateur, qu'il s'agisse de documents, de pages Web, ou d'outils

⁷¹ Définition de « valoriser » d'ATILF, 2008.

⁷² Cf. seconde section de ce chapitre.

cartographiques). La compréhension résulte également de la consultation de l'information qui dépend du choix et de la présentation des fonctionnalités pour exécuter des requêtes et de l'organisation des sites Web, dont la pertinence des liens hypertextes (Villanova, 2002). La valorisation pourrait être comparée à un emballage dans lequel se trouverait l'information. Plus il sera esthétique et bien conçu, mieux l'IDE sustentera les connaissances des acteurs.

Afin d'explorer cette problématique (Chapitres 3 et 4), nous allons préalablement nous attarder sur l'hypothèse évoquée plus haut : les problèmes posés par l'IDE limiteraient sa valorisation compte tenu que les acteurs peinent à la produire, à y accéder, mais aussi à la comprendre (Tableau 7). Le manque d'information paraît être un des obstacles majeurs alors que nous avons montré qu'elle existe, et que de plus, elle est présente en ligne. La section suivante tente d'éclaircir ce paradoxe.

Connaissances Obstacles	Connaissance scientifique	Connaissance technique	Connaissance fonctionnelle
Production d'IDE	- informations sur les incertitudes - informations sur la fiabilité des sources	- informations d'ordre n - informations de formats différents - information de sources différentes	
Accessibilité de l'IDE	- subjectivité de l'information non connue - données imprécises et peu réutilisables	- manque de données chiffrées et précises - manque d'informations de formats différents - réutilisation des cartes peu possible - problèmes de représentations des dimensions de l'information	- information dispersée à centraliser - manque d'information compréhensible - manque d'information percutante et évocatrice - manque de cartes
Compréhension d'IDE	- manque d'information imprécises	- manque d'informations sur les sources - information dispersée et peu accessible pour les non cindyniciens - manque d'informations sur les incertitudes	- manque d'information sur le savoir-faire - manque d'information sur les lacunes informationnelles

© ARNAUD Aurélie, 2009

Tableau 7 : Synthèse des obstacles rencontrés par les acteurs lors de la production, de la recherche ou de l'utilisation d'IDE

Section 3. Problèmes posés pour valoriser l'IDE

La connaissance de l'histoire des événements contribue au développement de territoires à risque. Toutefois, elle nécessite de s'adapter à la connaissance déjà établie chez l'acteur. Nous venons de découvrir les freins à son enrichissement. En effet, nos recherches dévoilent deux types d'obstacles : ils demeurent liés à l'information elle-même (celle présentée dans le paragraphe § 1.3.), mais aussi à ses supports (observations du paragraphe § 2.2.).

Cette section a un double objectif : premièrement, expliquer les problèmes identifiés qui contraignent la valorisation de l'Information Dédiée aux Événements (IDE), deuxièmement, sonder des potentiels technologiques et méthodologiques susceptibles de répondre aux besoins de acteurs.

Pour y parvenir, le support de diffusion Internet d'une part, et les représentations cartographiques d'autre part, permettront d'éclairer concrètement ces difficultés, de vérifier nos propos et par là même, de tester l'apport de ces technologies et méthodes. Ces choix sont justifiés dans la première sous-section tandis que les deux sous-sections suivantes analysent les problèmes posés par l'IDE et ses supports. Des applications concrètes sur les événements et notamment ceux de la couronne grenobloise illustreront, mais aussi aideront à comprendre les freins de la valorisation de l'IDE. Ils seront analysés dans une quatrième sous-section, consacrée à l'évaluation des apports et des limites du Web, ainsi que de la cartographie associée.

3.1 Démarche de recherche

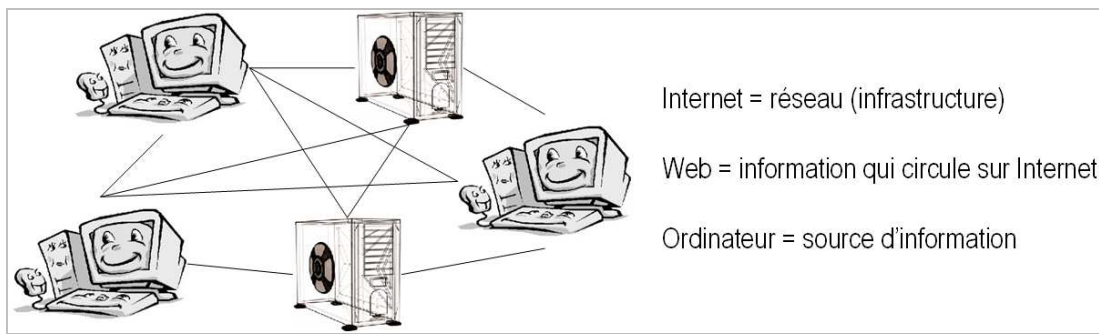
Nous expliquons ici pourquoi nous avons choisi les technologies du Web et la représentation cartographique en ligne pour accompagner notre analyse des problèmes de l'IDE. Le protocole utilisé pour les étudier est également présenté.

3.1.1 Les technologies Web

Une rapide présentation des technologies Web mène à la justification de ce choix puis à la démarche de recherche suivie pour étudier les sites Web contenant de l'IDE.

Internet est un réseau d'ordinateurs, source d'information, à l'échelle mondiale. Les technologies Web sont alors indispensables pour rendre **disponibles** cette information, mais également pour permettre à l'utilisateur d'y **accéder** à l'aide de navigateurs. Le Web est alors l'information qui circule sur Internet (Figure 13). « Technologies Web » est au pluriel car il s'agit de plusieurs technologies qui mettent en oeuvre des protocoles de communication (ex. http://) et des technologies serveur (ex. BD, PHP). Les technologies Web permettent de naviguer dans l'information à l'aide d'« hyperliens ». « Hyper » renvoie au fait de naviguer à travers l'information de façon non linéaire (Caquard, 2001). L'utilisateur final de telles technologies clique sur une information affichée sur l'écran d'ordinateur pour en découvrir une nouvelle. Le clic se réalise sur une information qui a un format particulier : clic sur un texte (lien « hypertexte »), clic sur une photographie, une

carte, un icône (lien « hypermedia »⁷³).



Source : dessins d'ordinateurs : <http://blog.gestion-du-temps.org>; <http://flowrengheist.unblog.fr>, réalisation : Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 13 : Une représentation d'Internet et du Web

Un « site Web » peut être consulté à l'aide d'un « système Web » qui permet un échange d'information entre ordinateurs (Villanova, 2002). Cet aspect se nomme également « interopérabilité ». Sachant que les acteurs que nous étudions souhaitent intégrer de l'information et en extraire, cette notion se doit d'être mentionnée. Ces applications⁷⁴ permettent de lire l'information et de naviguer d'une information à l'autre, comme dans un site Web. Mais elle permet en plus d'effectuer des opérations qui offrent à l'utilisateur la possibilité d'accomplir des tâches (ex. des fonctionnalités, des opérations) plus complexes (Villanova, 2002) : il s'agit de Systèmes d'Information basés sur le Web (SIW). Nous ne nous étendons pas davantage sur ces aspects relevant de la discipline informatique. Dans l'étude qui suit, nous nous intéresserons particulièrement aux systèmes d'information cartographique basés sur le Web, et nous étudierons la facette « utilisation » de l'outil et non la facette « fonctionnement » du système d'information. Nous parlerons alors d'outil de cartographie profitant des technologies Web et devenant un outil de géovisualisation⁷⁵.

Pour employer le vocabulaire adéquat des informaticiens et des géomaticiens, nous nommerons les acteurs qui interagissent avec les sites Web, des « utilisateurs », et la lecture de l'information sur l'écran, l'« affichage ». L'information est contenue et organisée en « pages Web »⁷⁶ hyperliées par des hyperliens qui appartiennent à un « site Web ». Chacun d'eux possède un propriétaire, aussi nommé hébergeur (ex. laboratoire de recherche, administration, gouvernement, entreprise, etc.). Celui-ci peut être la source de l'information mise « en ligne » c'est-à-dire accessible à partir de tous les ordinateurs connectés à Internet.

⁷³ Peterson (1997) définit l'hypermédia comme « une forme particulière interactive du multimédia » (Multimédia sera défini plus loin, dans le chapitre n° 3). En effet « l'hypermédia correspond à un réseau de nœuds véhiculant des informations de différents types, comme du texte, des images, des données audio ou vidéo, éventuellement combinées » (Bush, 1945, in Villanova, 2002).

⁷⁴ D'après Conallen (in Villanova, 2002), « les applications Web résultent de l'utilisation de sites et de systèmes Web ».

⁷⁵ Un outil de géovisualisation est défini dans le chapitre 3.

⁷⁶ Un des supports de diffusion des pages, le plus courant, est le Word Wide Web via le réseau Internet.

Une autre raison du choix des technologies Web est que, comme nous l'avons découvert plus haut, elles paraissent constituer un outil privilégié des acteurs puisqu'elles facilitent l'accessibilité à l'IDE⁷⁷. En effet, les sites Web sur le risque naturel⁷⁸ se multiplient rapidement (observations de 2003 à 2008, cf. Annexe n°5) offrant une grande quantité de données et d'informations. Le temps pour repérer cette dernière s'avère rapide (ex. de son lieu de travail ou de son habitation) comparé, par exemple, à une recherche en bibliothèque. En effet, les médias de l'IDE, qui permettent de lire ou d'entendre de nombreuses représentations de l'information (ex. journaux, télévision, radiophonie) sont à plusieurs vitesses dans le sens où le lecteur est informé plus rapidement et de manière plus détaillée selon le média utilisé. Les archives et les bibliothèques qui contiennent de l'information historique sont un moyen de diffusion peu rapide à l'inverse de ce que permettent les technologies Web. Cependant, même avec ce média, certaines données et informations demeurent peu accessibles, les organismes source préservant leur droit de propriété. Pourtant, c'est à travers ce support que nous continuons nos recherches. Son choix répond encore à plusieurs considérations. Les médias habituels, tels que la radio, la télévision, le courrier postal et les journaux, restent limités en matière d'information sur le risque (Bourrelier, 1997 ; Marchisio, 2005). De plus, depuis 2000, les technologies Web se démocratisent : de plus en plus de personnes ont accès à Internet et de plus en plus d'informations y sont accessibles (même si l'information mise en ligne possède tous les niveaux de qualité⁷⁹). En plus d'être un support de diffusion qui permet de consulter l'information rapidement à partir d'un ordinateur, les technologies permettent d'intégrer certaines spécificités de l'IDE et de répondre à plusieurs problèmes posés par les acteurs, lors de sa réutilisation.

Les technologies Web ont d'autres nombreux atouts : outre un accès à l'information rapide, elles détiennent également un potentiel de compréhension de l'information important grâce à la possibilité de visualiser plusieurs formats de documents, et celle de recherche d'informations hyperliées. Ces technologies apportent également un grand espace de stockage où il n'est pas nécessaire à l'utilisateur d'encombrer son ordinateur de données.

De plus, ce support de diffusion semble bien illustrer les complications d'interprétation de l'information impliquées par ses supports : certes il permet d'accueillir plusieurs médias et différents formats de documents, mais il pose simultanément les problèmes, par exemple, de la réutilisation des documents, d'affichages, de représentations multiples de l'information ou de l'organisation de cette dernière.

Afin de vérifier notre hypothèse de valorisation de l'IDE limitée à travers l'exploration du Web, des sites ont été visités sous la forme d'une enquête : 89 sites Web consultés

⁷⁷ En 2003 nous avons déjà montré que les présentations visualisables sur le Web étaient des moyens appréciés des acteurs territoriaux pour s'imprégner des informations (Arnaud, 2003).

⁷⁸ Cette observation est valable pour les sites Internet qui s'adressent à la société civile mais aussi ceux plus scientifiques qui s'adressent aux chercheurs et qui délivrent, par exemple, de l'IDE précise.

⁷⁹ Cette notion sera expliquée plus tard

(Annexe n°5)⁸⁰. Les visites privilégiées sont les sites contenant de l'IDE et ceux offrant des cartes sur les événements. Ce choix s'est également réalisé en fonction de leurs objectifs : informer sur les événements naturels, sensibiliser sur le risque, localiser et se protéger du risque, délivrer des données réutilisables grâce à une possibilité d'extraction, et aménager le territoire. Pour chaque obstacle rencontré, nous tenterons de répondre à quelques questions d'*usabilité*⁸¹ des sites : la compréhension des commandes des sites Web est-elle aisée⁸² ? Leur efficacité est-elle correcte⁸³ (fonctionnalités adaptées) ? Le confort visuel pour visualiser l'IDE est-il présent ? L'efficacité des sites n'est pas traitée car nous avons, en amont, choisi des sites dont le but est déjà atteint : découvrir de l'IDE. La satisfaction des sites est étudiée seulement à travers le confort visuel, compte tenu de sa grande part de subjectivité.

Nous avons remarqué dans la première section qu'Internet était une source d'information fréquemment employée, mais aussi que les cartes étaient un format courant du Web. La seconde section a montré, quant à elle, que la carte était un document privilégié des décideurs mais également des autres acteurs du territoire. Qu'apporte cette représentation de l'information ?

3.1.2 Représentation cartographique

La représentation cartographique est une représentation de l'information issue d'un processus d'interprétation entre des données et des informations d'origine et l'information représentée sur la carte. Cette nouvelle information de premier ou de deuxième ordre peut alors être réutilisée plus facilement du fait de sa pré-interprétation (ex. localisation d'événements). Ce paragraphe justifie le choix de la représentation cartographique pour l'analyse des limites de la valorisation de l'IDE, puis ses apports et ses lacunes, parfois liés à sa mise en ligne (§ 3.4).

La représentation cartographique est sélectionnée pour plusieurs raisons. Rappelons son intérêt pour alimenter la connaissance experte lors de repérages et d'interprétations en analyse historique et pour alimenter la connaissance fonctionnelle dans le but d'aider à la décision. En effet, la carte permet, par la représentation de données et d'informations géolocalisées, de comprendre et d'analyser des phénomènes de répartitions, d'extensions, d'enjeux, d'interactions homme – espace, etc. : les acteurs des territoires cartographiés se posent alors les questions « où » et « pourquoi là ? » (Thomas, 2001). D'ailleurs, la carte est

⁸⁰ Ces derniers ont été consultés pour la dernière fois en novembre 2007 (la date est importante car on assiste actuellement à une évolution et une multiplication des sites très rapide).

⁸¹ Cf. note de bas de page n° 30, p.145.

⁸² La compréhension des commandes est facile si l'utilisateur réfléchit peu, si les familles de commandes sont distinctes les unes de autres et si les standards sont respectés (ex. la loupe pour zoomer) : définition inspirée du site <http://www.veblog.com/fr/2001/1021-usability-indepth.html>

⁸³ L'efficacité est le degré de facilité à atteindre un but, dans notre cas, l'IDE. C'est-à-dire, les fonctionnalités de l'outil ou du site sont-elles suffisamment variées et bien pensées pour que le rapport temps passé à chercher l'information, effort intellectuel et énergie physique témoigne d'une bonne efficacité. Cependant elle dépend des connaissances des utilisateurs, novices ou experts des sites ou outils consultés. Définition inspirée du site <http://www.veblog.com/fr/2001/1021-usability-indepth.html>

reconnue comme un outil privilégié de la communication, qui a toujours répondu à des « besoins de l'humanité » (Debarbieux *et al*, 2002) ; par exemple, une carte dessinée sur une pierre destinée à identifier les cultures agricoles, ou une carte de conflits sur papier. De plus, la carte est l'outil idéal de la prévention du risque grâce à ses multiples fonctions, et notamment celles d'évaluation, d'information, de responsabilisation et de négociation (Comby, 2004). Le document cartographique est celui qui met le mieux en évidence une situation de risque sur une portion de territoire, et qui peut donc « contribuer aux diverses actions à entreprendre » (Givone, 1998). D'ailleurs, la cartographie dans le domaine du risque devient une base essentielle de l'aménagement du territoire après la catastrophe de Val d'Isère (1982)⁸⁴. Les premiers Plans de Préventions des Risques (PPR) apparaissent en tant que carte représentant le zonage de risque reconnu. Auparavant, seul le Plan des Surfaces Submersibles (PSS) était officiel par arrêté préfectoral. Il interdisait la construction dans des zones dangereuses, mais il n'était guère suivi à cause de la pression foncière. La cartographie est alors précieuse car elle permet de lire des objets invisibles sur le territoire (Propeck-Zimmermann, 2003 ; Cauvin, 1997) comme par exemple les événements passés, le risque ou la vulnérabilité. Son utilisation pour cartographier les aléas (Tetaklian, 2006, Berger *et al*, 1996, Thierry, 2003 ; etc), les vulnérabilités (Léone, 1996 ; D'Ercole, 1991 ; Toschiaki *et al*, 2002, etc.) le risque (Givone, 1998 ; Glade, 2003 ; Provitolo, 2001 ; Peltier, 2006 ; Léone, 2001 ; Antoine *et alii*, 1994 ; Garry *et al*, 1987 ; etc.), mais aussi les événements passés (Borrel, 1994 ; Ramirez, 2003 ; etc.) est courante (IGN, 2004).

Cependant, cette cartographie n'est pas sans poser de problèmes : la représentation des incertitudes (Tetaklian, 2006 ; etc.), la représentation du temps (Garitte, 2006) pour ne citer que ces exemples. Dufaut (2006) avance même qu'« une carte ne peut être ni exhaustive, ni parfaitement tenue à jour ». Leur intégration dans un média tel qu'Internet améliorerait-elle leur compréhension et leur utilisation (au sens « usabilité ») ?

Notre hypothèse est que **la carte a une certaine capacité à valoriser l'IDE, notamment grâce à sa forte composante d'affichage de la dimension spatiale** (ex. la localisation des événements), et que **ce potentiel est amplifié grâce à l'utilisation des technologies Web**. Pour vérifier cela, l'étude des formes cartographiques représentant l'IDE qui s'affichent en ligne, se réalise en se posant quatre questions : quels aspects de l'IDE apparaissent sur la carte ? Comment sont-ils représentés ? Les représentations sont-elles compréhensibles ? Quelles limites présente la cartographie pour représenter l'IDE ? Quels sont les problèmes qui apparaissent avec l'utilisation des technologies Web ?

Avant d'explorer cette hypothèse, la présentation des formes cartographiques qui apparaissent grâce à l'association des cartes aux technologies Web paraît indispensable pour la compréhension des sous-sections suivantes.

3.1.3 Cartographies de l'IDE en ligne

Cinq types de cartes sont repérés sur Internet. On distingue les cartes statiques, les cartes animées, les cartes interactives, les cartes dynamiques (interactives et animées) et les outils

⁸⁴ Rappel : une avalanche détruisit un chalet de l'UCPA faisant 39 morts.

cartographiques. Cette typologie sera développée plus loin ; elle s'inspire de nombreux travaux réalisés sur les cartographies en ligne, dont ceux de Kraak (2001), Peterson (1997) et Andrienko (1999). Notre classification des formes de cartes est réalisée en fonction du degré d'information délivré et du degré d'interaction avec l'utilisateur. Ces niveaux sont relatifs et croissants, de la carte statique à l'outil cartographique.

La **carte statique** affichée en ligne est la forme la plus simple, issue dans la majorité des cas d'une carte d'un support papier numérisée. Elle se lit sur l'écran d'ordinateur de la même façon que lorsqu'on feuillette un livre ou une revue : de manière passive. La seule valeur ajoutée du Web exploitée ici est celle de la large diffusion de la carte (ex. les cartes des sites du SYMBHI ou encore des revues en ligne comme Cybergéo ou Mappemonde)⁸⁵.

La **carte animée** est une carte qui présente des éléments qui bougent. Le lecteur est également passif mais il peut se rendre compte des évolutions et des mouvements entre deux dates ou deux états.

La **carte interactive** est une carte statique mais le lecteur en devient l'utilisateur en cliquant dessus. Celui-ci peut alors adapter la visite de la carte à ses besoins en cliquant sur les éléments de son choix, qui en retour affichent des informations qui peuvent se présenter sur des documents de plusieurs formats. L'information accessible *via* ces cartes s'affiche différemment. Généralement, l'utilisateur clique (ou seulement au passage de la souris) sur un objet de la carte ou de la légende, et l'information supplémentaire apparaît dans une info-bulle⁸⁶ ou à l'intérieur d'une nouvelle fenêtre.

La **carte dynamique** intègre à une carte animée l'interactivité. L'utilisateur peut interagir sur la représentation évolutive de la carte, lui permettant d'apprécier les phénomènes spatio-temporels à son rythme de compréhension.

Les **outils cartographiques** en ligne offrent la possibilité à l'utilisateur de naviguer sur la carte et ses informations associées, à l'aide d'outils : plus précisément, l'utilisateur interagit avec la carte en cliquant sur des objets interactifs, ou en cliquant sur des fonctionnalités qui lui permettent de naviguer dessus (ex. zoom, déplacement, recentrage), mais aussi d'afficher des couches d'information (ex. un périmètre d'événements, des dommages, un fond de cartes, etc.). Certains de ces outils cartographiques sont nommés des « atlas » (ex. Atlas des zones inondables). Kraak (*in* Apparicio *et al*, 2006) classifie ces atlas comme suit : les atlas nationaux, régionaux, métropolitains et thématiques. Ceux concernant les événements issus de risque sont à la fois thématiques et nationaux (ex. Cartorisque⁸⁷), ou thématiques et régionaux (ex. Document Départemental sur les Risques Majeurs). Ces atlas sont plus qu'une simple collection de cartes, ce sont, comme l'explique Joliveau (2004), « des ensembles complexes d'informations à dominante cartographique, visant à rendre compte de manière la plus complète possible d'un espace ou d'un phénomène ». Les fonctionnalités de ces outils permettent à l'utilisateur de lire des cartes dont les analyses

⁸⁵ SYMBHI : <http://www.symbhi.fr/> ; Cybergéo : www.cybergeo.eu/, Mappemonde : <http://mappemonde.mgm.fr/>

⁸⁶ Technique nommée *mash-up* en informatique

⁸⁷ <http://cartorisque.prim.net/>

thématiques sont déjà réalisées et proposées. Ce n'est pas l'utilisateur qui réalise les cartes (ex. il ne choisit pas la forme des signes cartographiques, ni la position).

La grille de lecture de ces technologies et méthodologies qui nous permettra d'évaluer la valorisation de l'IDE se révèle, d'une part quantitative pour l'étude des sites Web, d'autre part, majoritairement qualitative pour l'appréciation des représentations cartographiques (Tableau 8). Les deux sous-sections qui suivent permettront de compléter le tableau qui suit (cf. § 3.4, Tableau 13).

Problèmes posés par l'IDE		Problèmes liés à l'information	Problèmes liés aux supports
Moyens de valorisation de l'IDE			
Technologies Web	Compréhension des commandes (facilité de navigation) Efficience (choix et présentation des fonctionnalités) Confort visuel (affichage de l'information à l'écran)	Complété dans le tableau 13 – p.236	
Cartographie	Formes cartographiques (statique, animée, dynamique) Choix de l'information représentée Cartographies en ligne (sémiologie graphique)		

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 8 : Grille de lecture afin d'évaluer la représentation cartographique en ligne

3.2 Problèmes liés à l'information

Le paragraphe § 1.3 révèle que l'IDE est spécifique à plusieurs niveaux. Elle est constituée de plusieurs dimensions (spatiale, temporelle, thématique), elle possède des imperfections (imprécisions, incertitudes et incomplétudes), elle est hétérogène (multi-échelles et non structurée), dispersée et elle possède de nombreuses méta-informations (sources, qualité de l'information, etc.). Ces spécificités sont à la source de certains problèmes posés aux acteurs pour accéder à l'IDE et la comprendre. Elles sont classées dans un ordre d'importance à valoriser. Notre objectif est de définir ces spécificités.

3.2.1 Une information multidimensionnelle

Les dimensions de l'information sur les objets qui composent l'« événement » sont de trois ordres : spatiales, temporelles ou autres (ni spatiale, ni temporelle). Comment ces dimensions sont-elles valorisées en ligne et sur les cartes ?

3.2.1.1 La dimension spatiale

L'information spatiale possède plusieurs qualificatifs : géographique, géoréférencée, géospatiale, ou bien encore géolocalisée. L'information dédiée aux événements qualifie les objets « événements » inscrits dans l'espace et modifie l'organisation spatiale même d'un territoire à risque (Charre, 2000). L'IDE est donc une information **géolocalisée** grâce aux empreintes directes qui marquent l'espace physique (ex. les traces du phénomène, la localisation des éléments endommagés). Lorsque la localisation est renseignée conformément à un système de coordonnées géographiques reconnues (WGS 84, Lambert

2), l'objet est **géoréférencé**⁸⁸, c'est-à-dire qu'il possède une référence spatiale (x;y;z). Par exemple, les orthophotographies, les images satellites corrigées et les couches d'information spatiale vectorielle sont des informations géoréférencées. L'information qui renseigne le géoréférencement de l'objet est **géospatiale**. L'IDE est donc une information **géographique** car chaque objet qu'elle documente contient une information de type « coordonnée géographique » (x;y) qui permet de localiser l'objet (Brunet *et al*, 1993⁸⁹ et Béguin et Pumain, 1994⁹⁰). Une des méthodes les plus courantes pour rendre compte de la valeur spatiale des objets est de les représenter sur une carte. Cependant, l'information spatiale qui leur est associée peut prendre différentes formes et rendre la conception de la carte délicate. En effet, les dessins au sol des emprises des événements sont propres à chacun d'eux. Leur report sur des cartes peut déformer ce tracé. Comment la cartographie en ligne permet-elle de représenter cette dimension ?

En ligne, les cartes qui illustrent un seul événement dévoilent, le plus souvent, une portion de territoire à grande échelle cartographique (inférieure à 1/25000^{ème}). L'emprise de l'événement apparaît souvent sous forme surfacique. L'événement peut également se représenter à travers des objets ponctuels correspondant, dans le cas des inondations, à des niveaux de hauteur d'eau remarquables (Carte 3).

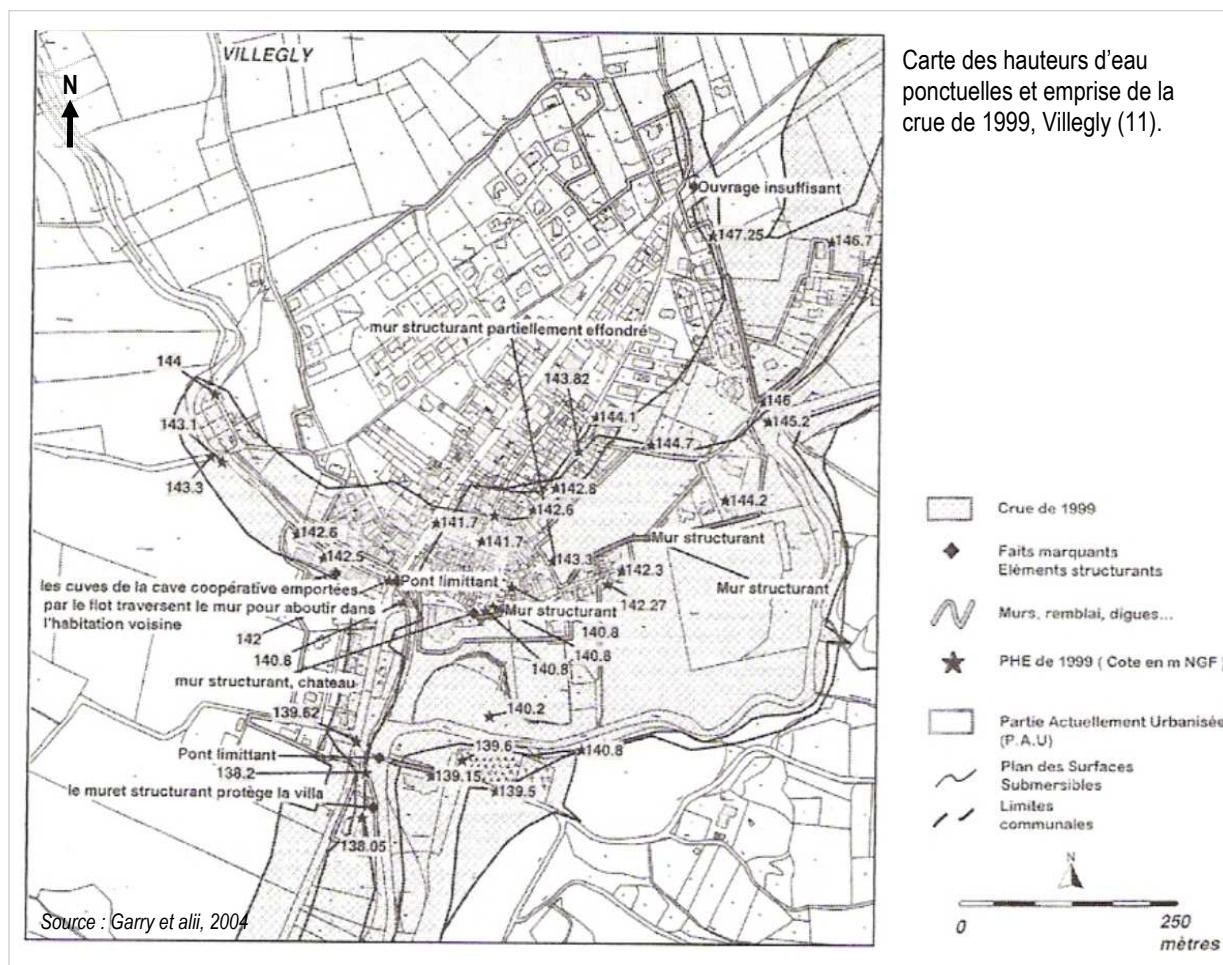
Dans ce même cas, les niveaux d'eau peuvent être représentés sous forme de cercles ou de périmètres concentriques.

La représentation de plusieurs événements se réalise à des échelles cartographiques variables : grandes (inférieure à 1/25000^{ème}), moyennes (jusqu'à l'échelle de l'hexagone) et petites (jusqu'à la taille de l'échelle mondiale). L'utilisateur peut observer la représentation de plusieurs événements issus d'un même aléa ou de plusieurs aléas.

88 <http://www.netcoast.nl/>

89 « L'information géographique est l'information sur les lieux, ou l'information localisée. Elle exige des traitements particuliers. Elle est l'objet de Systèmes d'Information Géographiques (SIG) [...]. Elle est elle-même un enjeu de pouvoir » (Brunet et al, 1993).

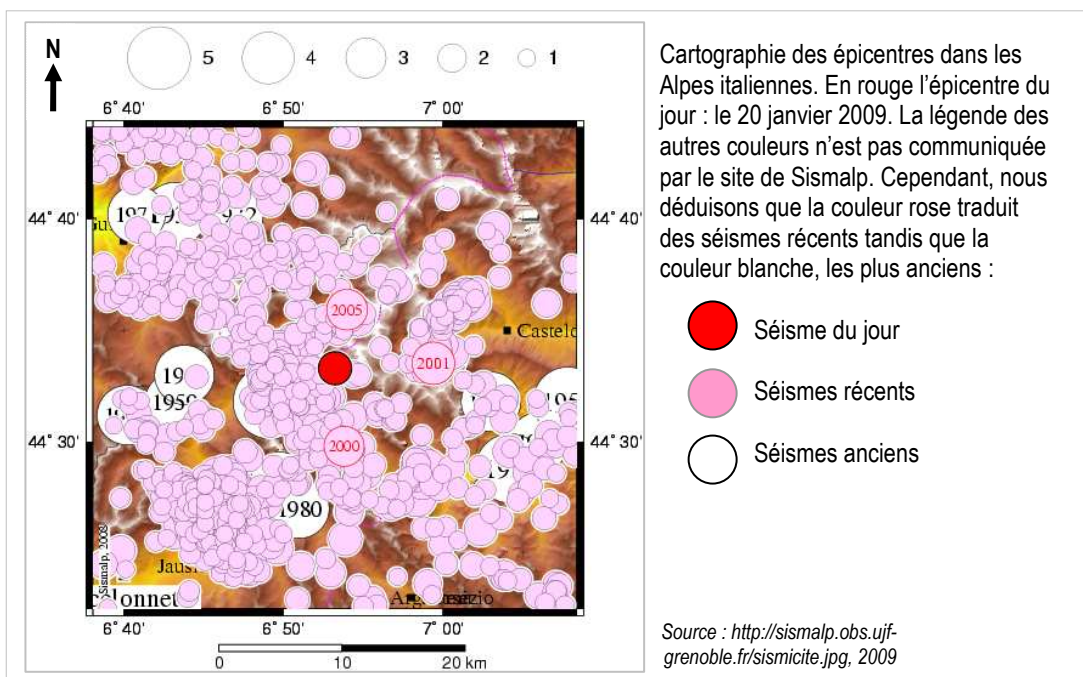
90 « L'information est dite géographique lorsqu'elle se rapporte à un ou plusieurs lieux de la surface du globe terrestre. Cette information possède la caractéristique d'être localisée, repérée ou géocodée » (Béguin et Pumain, 1994).



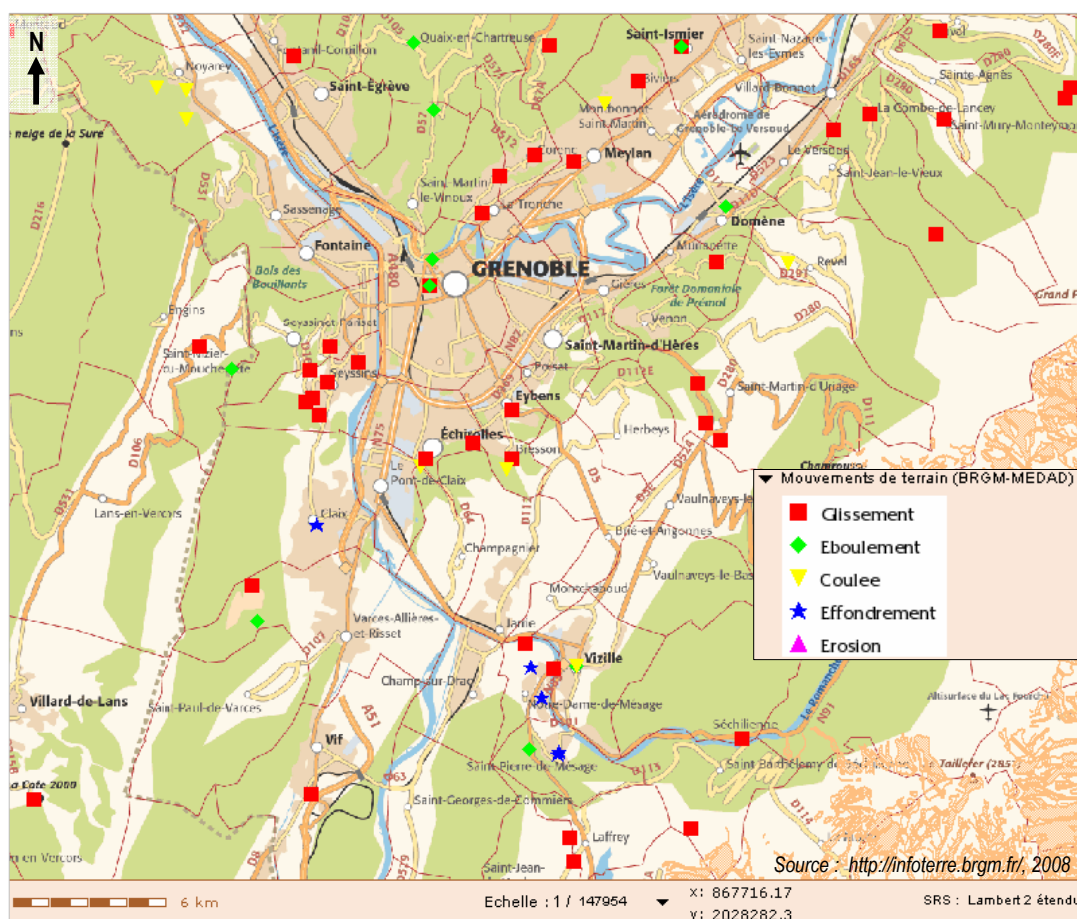
Carte 3 : Représentation ponctuelle et surfacique d'un seul événement (Garry et alii, 2004)

A petite comme à grande échelle, le tracé des contours de l'événement dépend souvent de la forme de l'extension spatiale du phénomène : dans le cas de crues torrentielles (Carte 10), et de coulées volcaniques (Carte 8), la représentation à grande échelle est surfacique. En revanche, un événement issu d'un risque sismique se matérialise souvent par un point qui représente l'épicentre, origine du phénomène (Carte 4) et éventuellement par des cercles concentriques correspondant à la diffusion des ondes sismiques.

Toutefois, quelle que soit l'origine du risque qui provoque l'événement, les surfaces qui représentent les zones endommagées sont peu cartographiées. En effet, l'emprise spatiale du phénomène correspond implicitement à l'emprise des traces directes, aussi mineures soient-elles (même faiblement perceptibles par l'homme), tant qu'elles marquent le territoire par une empreinte dans l'écosystème ou sur un instrument de mesure (ex. un pic sur un sismogramme). Cependant, ces cartes ne différencient pas vraiment les différents types de traces (ex. localisation des dégâts humains, du bâti endommagé et de la forêt détériorée sur une même carte).



Carte 4 : Représentation ponctuelle d'événements sismiques (Sismalp, 2009)

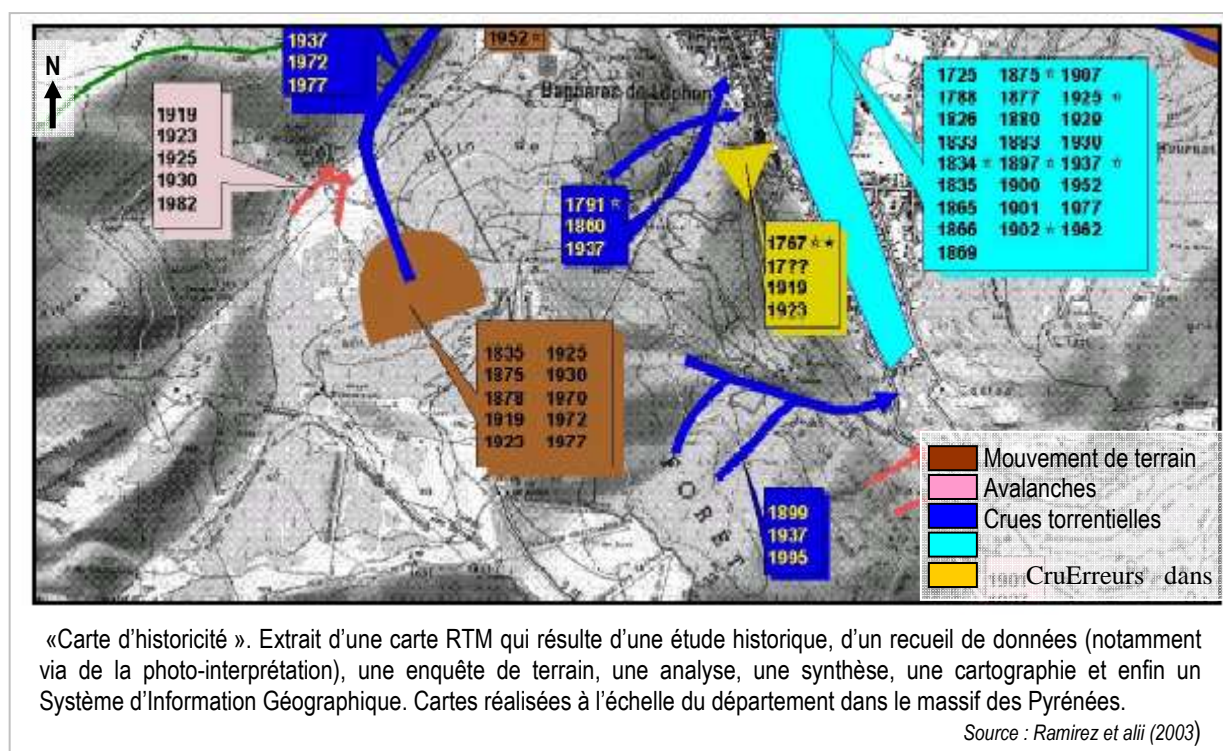


Carte 5 : Représentation ponctuelle d'événements issus de plusieurs aléas autour de Grenoble (Infoterre, 2008)

A moyenne échelle, les représentations concernent souvent plusieurs événements issus d'aléas différents (Carte 5). Un changement d'échelle cartographique entraîne des changements de représentation : une forme surfacique à grande échelle peut devenir linéaire ou ponctuelle à échelle plus réduite (cas des crues et des avalanches, Carte 6 et Carte 7). Le tracé de l'emprise des événements peut s'observer à toutes les échelles, mêmes petites (Carte 11).

Lorsqu'ils sont superposables à plusieurs fonds de cartes, la présentation visuelle devient très intéressante pour les acteurs désirant examiner par exemple les éléments exposés en même temps que l'emprise du phénomène (Carte 5).

Concernant la navigation sur la carte, les outils cartographiques proposent de réaliser des requêtes spatiales. Par exemple, Infoterre permet à l'utilisateur de positionner sa carte directement sur une région, un département ou même une localité telle que le nom d'une commune ou d'une montagne (Carte 5).



Carte 6 : Représentation de phénomènes issus de plusieurs aléas entre 1725 et 1995 (Ramirez et alii, 2003)

Nous constatons que la représentation cartographique de la localisation des événements en ligne dépend de leur spatialité : la représentation des objets utilise des figurés différents (point, ligne, surface). Cependant, dans le cas de représentations de périmètres d'extension d'événements, les surfaces peuvent rapidement se superposer, rendant la carte difficile à lire, (Carte 6, Carte 7, Carte 8 et Carte 18). Les cas des inondations et des avalanches sont deux types d'événements qui paraissent poser le plus de problèmes compte tenu de leur récurrence localisée en un même lieu (respectivement de part et d'autre d'un cours d'eau ou dans un

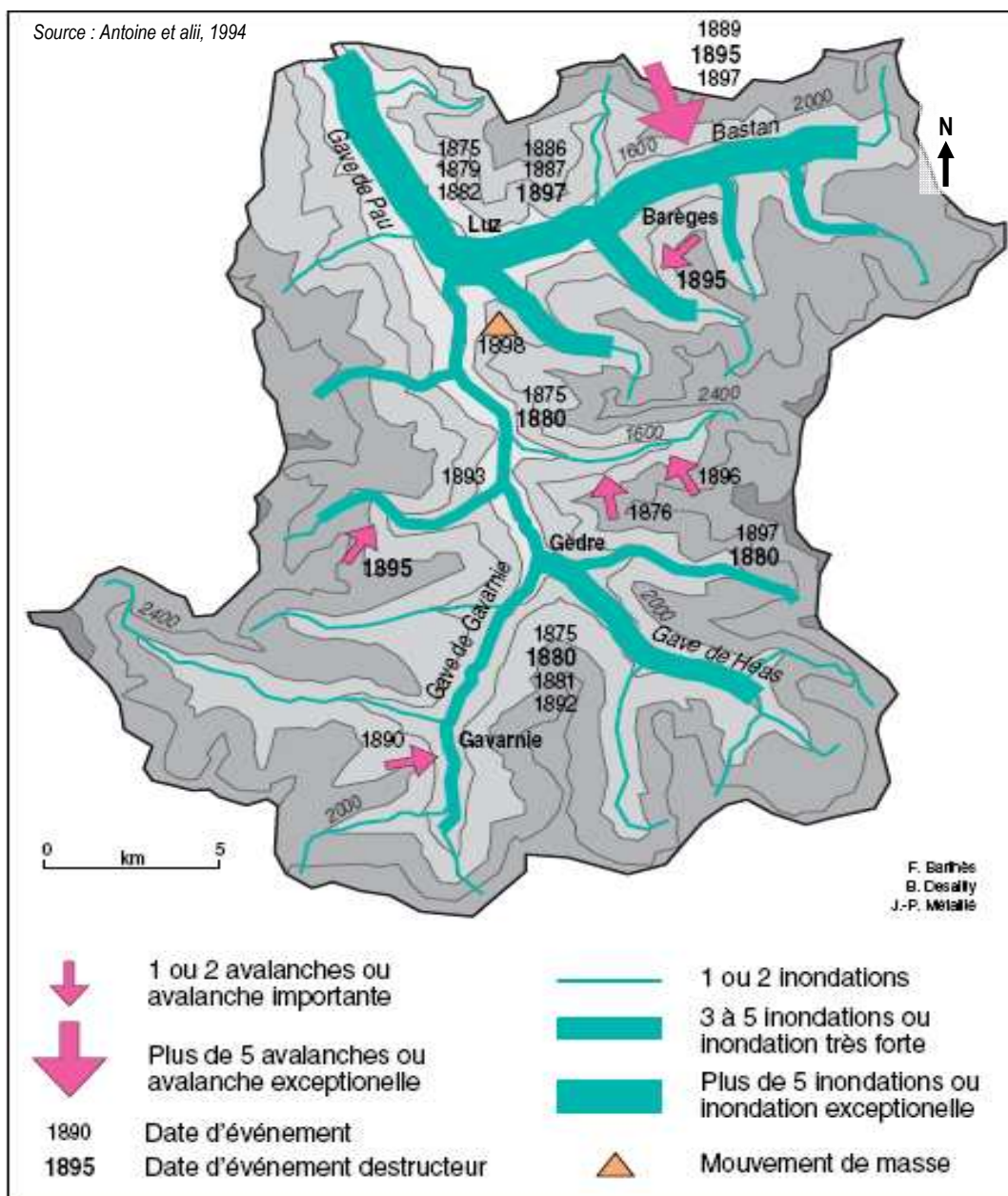
couloir d'avalanche)⁹¹. Quant aux échelles cartographiques, elles permettent d'observer une densité limitée d'objets localisés : par exemple, la densité des épicentres de la Carte 4 la rend peu lisible. Des cartes animées paraissent favoriser l'affichage des événements un par un. Toutefois, cette pratique se réalise dans les cas de représentation de nombreux événements, à petite échelle, et il est difficile de s'attarder sur chacun d'eux pour en observer les tracés (Carte 11). Certaines cartes interactives donnent la possibilité de superposer à la guise de l'utilisateur les événements en cliquant dans des cases à cocher (la Carte 18 permet de superposer les inondations dans le monde). Toutefois, cette technique, mal utilisée par les utilisateurs, peut rapidement mener à une carte illisible.

Les phénomènes sont souvent cartographiés tandis que les dommages sont peu localisés. En revanche, la représentation des éléments exposés figure régulièrement en fonction du fond de carte affiché. La Carte 3 représente par exemple les zones urbanisées et le périmètre inondé. Les cartographes utilisent régulièrement un fond de carte topographique qui a la particularité de révéler toutes les occupations du sol et donc les différentes catégories d'éléments exposés. Cependant, dans les deux cas, ces objets ne sont pas actifs (l'utilisateur ne peut pas cliquer dessus pour obtenir d'autres informations que spatiales). Outre cette absence de représentation des dommages et d'apparence des éléments exposés qui relèvent davantage du choix des objets à représenter, la superposition des surfaces est partiellement résolue avec les cartes animées. De plus, le manque d'interactivité de ces cartes inhibe certaines informations.

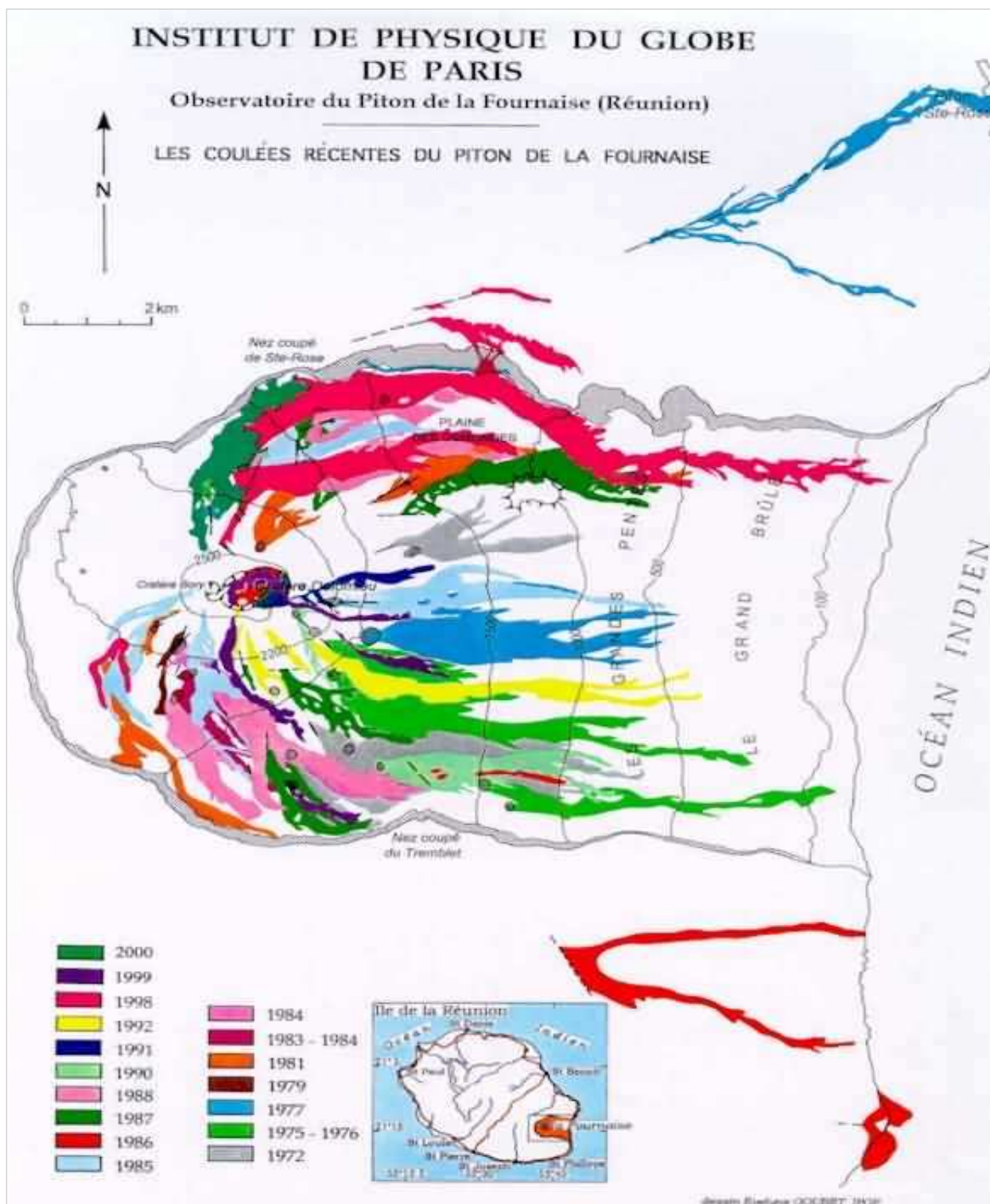
3.2.1.2 La dimension temporelle

Le premier chapitre et la première section de ce chapitre montrent que l'événement et son information dédiée s'inscrivent dans le temps à travers des dates d'occurrence, des durées (ex. nombre de jours), des vitesses d'exécution (ex. débit d'une inondation), mais aussi des fréquences d'un phénomène (ex. un nombre d'éboulements par an ou des périodes de retour) et des conjonctions temporelles. L'IDE peut alors être qualifiée d'information temporelle car chacun de ses objets contient au moins un repère temporel. Comment est valorisée cette dimension ?

⁹¹ Ce constat est probablement lié à la topographie mais aussi au fait que le phénomène est issu d'un élément qui se régénère : l'eau pour les inondations et la neige pour les avalanches.

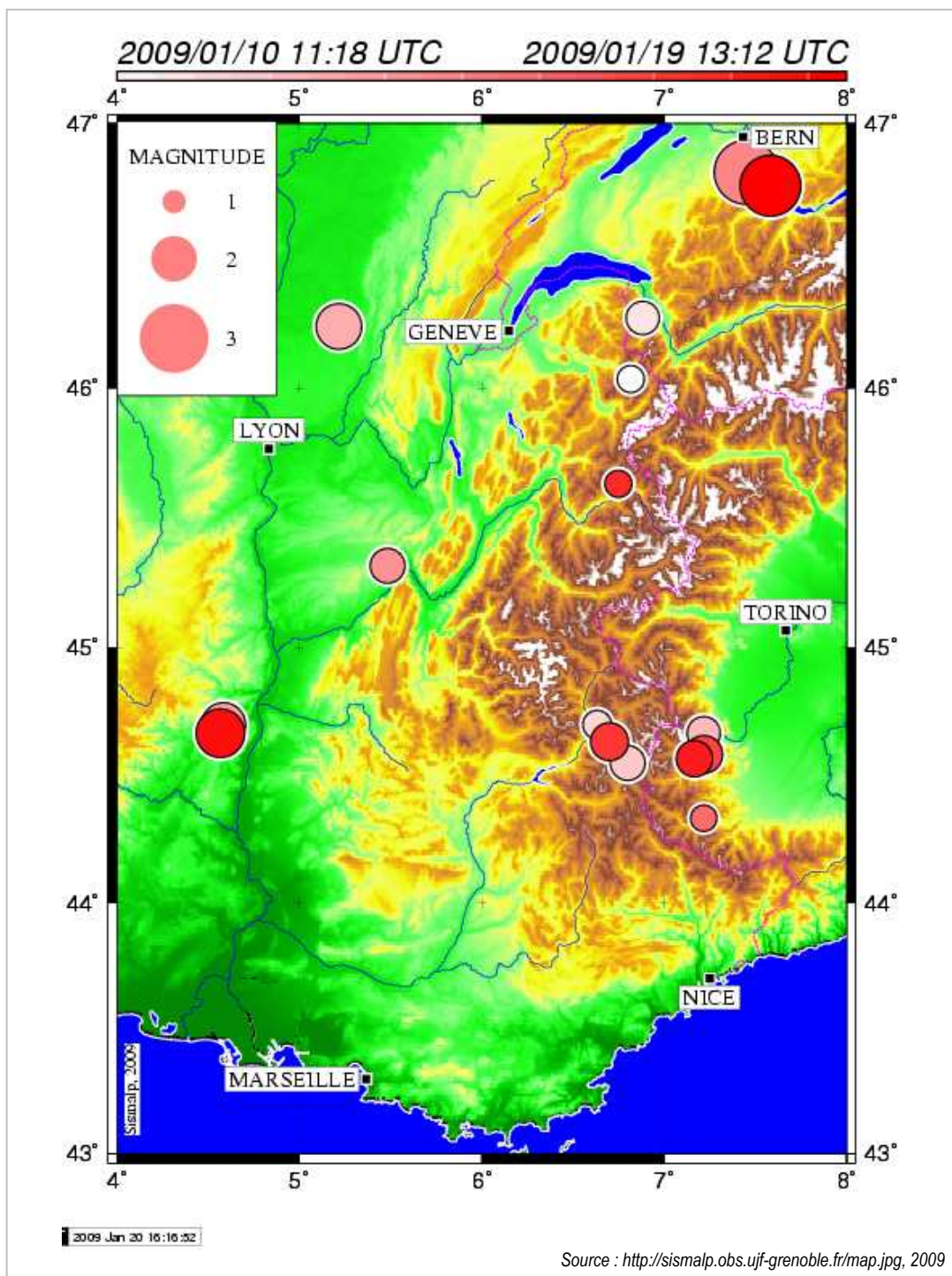


Carte 7 : Représentation de phénomènes issus de plusieurs aléas entre 1875 et 1897 (Antoine et alii, 1994)

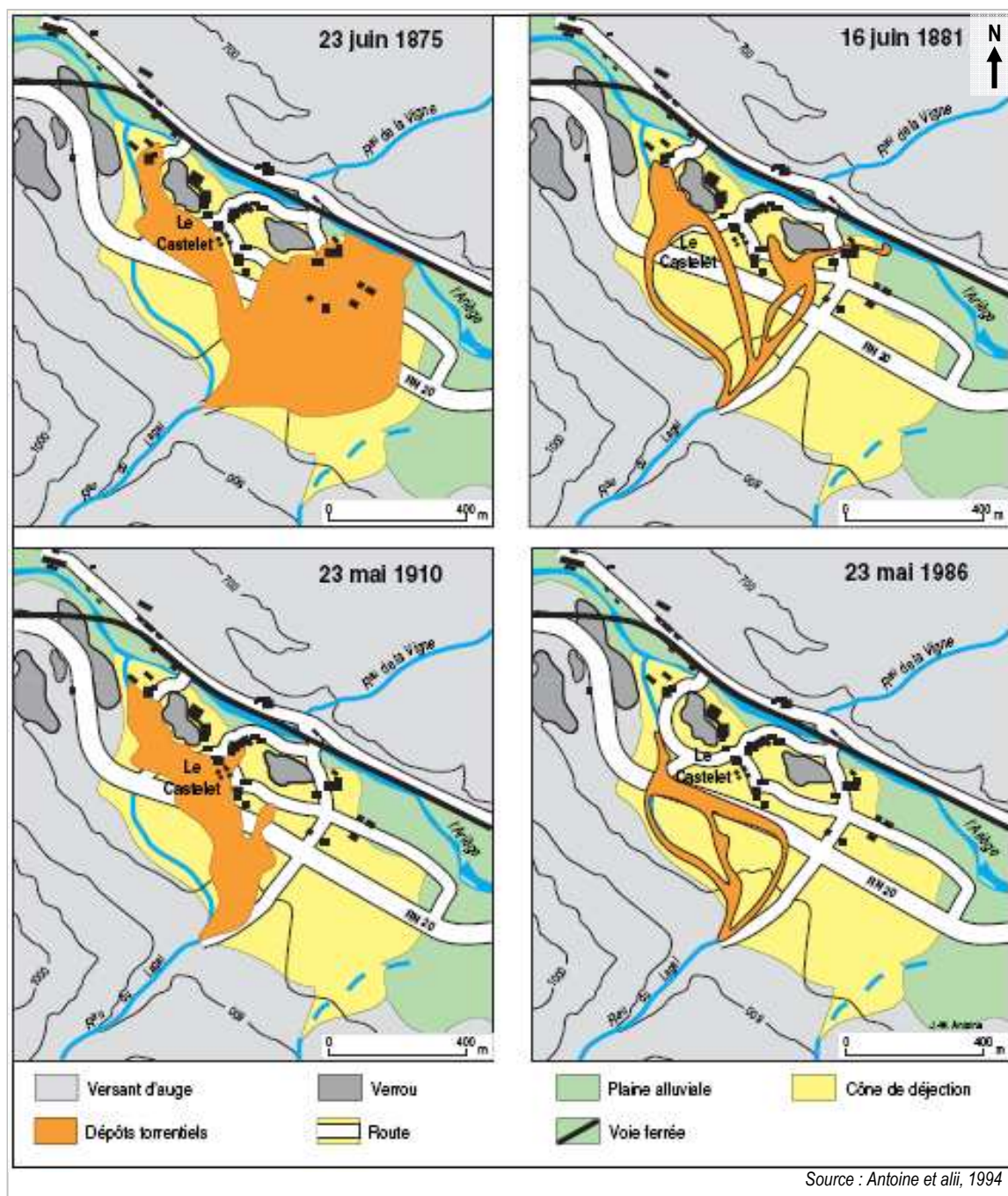


Carte 8 : Représentation de multiples coulées volcaniques de 1972 à 2000

Les temporalités des événements peuvent s'exprimer en inscrivant une date sur la carte associée à un objet (Carte 6 et Carte 7), mais également sous la forme de figurés dont la couleur ou la taille sont des variables qui représentent le temps (Carte 8 et Carte 9). Une autre forme de représentation paraît davantage lisible pour percevoir la chronologie d'événements : la collection de cartes (Carte 10). En revanche, la représentation des toponymies changeantes à travers le temps est peu présente (ex. le nom d'une rue ou d'une place qui peut être changé en fonction d'un mandat politique ou d'un événement marquant. Par exemple, la commune d'El-Asnam en Algérie a été rebaptisée Chlef en 1980, suite à un séisme : Villevieille - 1997).



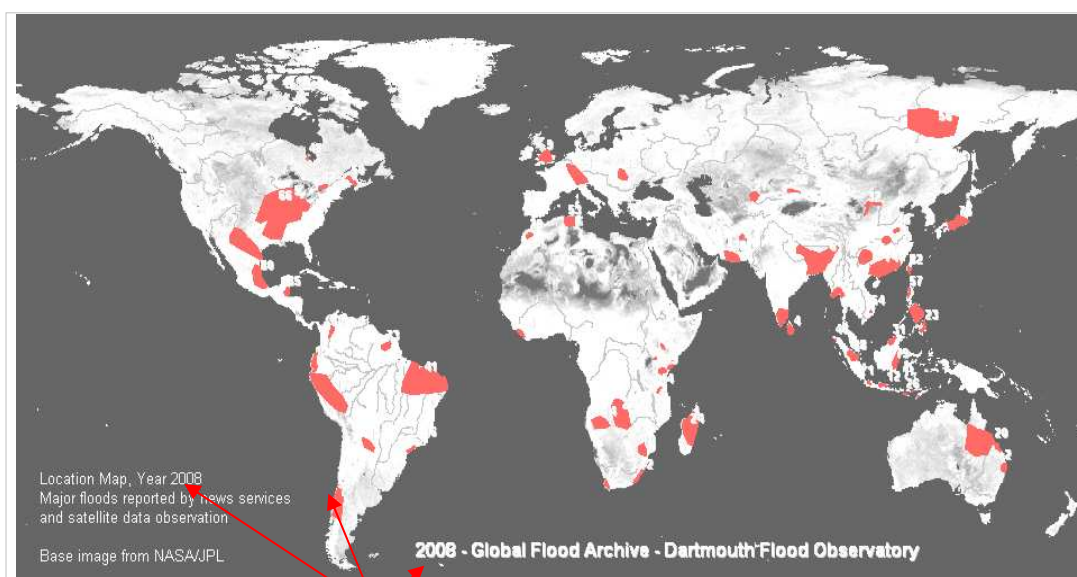
Carte 9 : Représentation spatio-temporelle de la sismicité dans les Alpes



Carte 10 : Représentation d'une crue torrentielle récurrente entre 1875 et 1986 grâce à une collection de cartes (Antoine et alii, 1994)

Les cartes animées semblent adaptées pour représenter des chronologies temporelles. Dans le domaine de la représentation des événements, elles se focalisent globalement sur la représentation des phénomènes atmosphériques en temps réel (Sites Internet de la NOAA et de Météo-France⁹²) mais aussi sur l'histoire des inondations (Observatoire des inondations de Dartmouth, Carte 11). Ce site présente les périmètres inondés de 1985 à 2007 à l'échelle mondiale (fond de carte gris) et à l'échelle européenne (fond de carte topographique). Toutefois, pour que les périmètres soient visibles à ces petites échelles, ils sont très exagérés.

⁹² <http://france.meteofrance.com/>



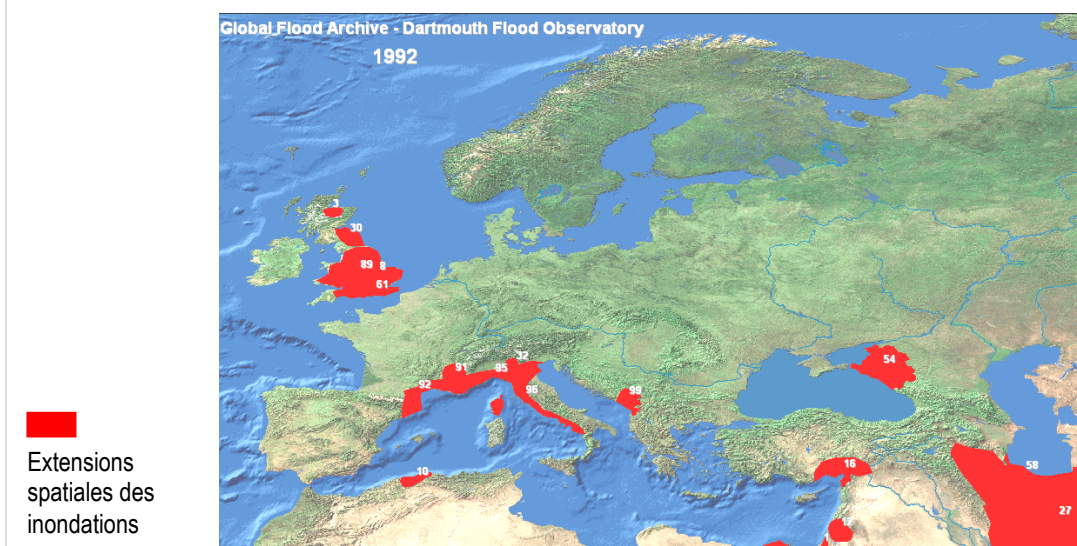
Eléments de la carte en mouvement

Source des deux cartes : Observatoire des inondations de Dartmouth (USA) :

▲ <http://www.dartmouth.edu/%7Efloods/Archives/GlobalFloods1985-2007.gif>.

▼ <http://www.dartmouth.edu/%7Efloods/Archives/Europe1985-2007.gif>

Note : Des cartes plus précises sur l'évolution des inondations dans le sud de l'Asie (<http://www.dartmouth.edu/%7Efloods/Archives/SouthAsia1985-2007.gif>) sont également consultables.



Carte 11 : Extraits de cartes animées représentant la chronologie de spatialisations d'inondations dans le monde et en Europe de 1985 à 2007

Les cartes animées permettent aux utilisateurs de bien percevoir à la fois l'aspect temporel et spatial des événements. Les cartes les plus connues sont peut-être les cartes représentant l'évolution des masses nuageuses (ex. Météo-France). Toutefois, il s'agit d'images satellites que nous ne considérons pas comme des cartes. Les cartes qui représentent l'évolution d'un seul événement sont rares. Cependant, le site d'information de la Nouvelle-Orléans, *Nola*⁹³, met en ligne une carte dynamique qui permet de suivre pas à pas l'évolution d'une inondation et l'étendue de ses dégâts. Ce site présente une grande






⁹³ Le site <http://www.nola.com/katrina/graphics/flashflood.swf> montre l'inondation d'août 2005 provoquée par l'ouragan Katrina. Cependant, ce site relate les faits de manière précise dans le temps et l'espace, mais imprécise en matière d'informations thématiques.


capacité à rendre compte des dimensions temporelles et spatiales de l'événement grâce à des commandes de navigation adaptées (ex. outils de déplacement dans le temps) et une cartographie à grande échelle.

Des outils cartographiques permettent aux utilisateurs d'exécuter des requêtes temporelles. Par exemple, le site Sisfrance offre la possibilité à ceux-ci de choisir dans des menus déroulant des dates ou des périodes temporelles afin d'afficher les épices entre deux dates. Ces outils permettent alors de mettre en évidence certaines temporalités des événements (ex. affichage de tous les objets entre deux dates). D'autres outils cartographiques localisent les périmètres ou les points de crues historiques en renseignant les dates correspondantes. Toutefois, ces outils délivrent peu d'informations thématiques sur les événements. Aucune description ne permet de contextualiser⁹⁴ les événements (par exemple : les IAL -Information des Acquéreurs Locataires- du Vaucluse et d'Auvergne, et Cartorisque, site du gouvernement)⁹⁵.

Toutes ces formes de cartes permettent une observation des événements à la fois dans l'espace et dans le temps. Les cartes dynamiques et les outils cartographiques paraissent les plus adéquats. Cependant, **les objets cartographiés le plus fréquemment sont les phénomènes ou les probabilités (le risque, les aléas). Les cartes représentant les événements demeurent peu courantes** puisque les informations temporelles sur les dommages apparaissent rarement (ex. la chronologie des destructions de bâtiments lors d'un événement).

Plusieurs temporalités sont alors cartographiables, mais toutes ne le sont pas. L'analyse des cartes qui représentent l'IDE, montre que certaines évolutions sont plus difficiles à représenter que d'autres (Tableau 9).

Rapidité d'exécution de l'événement Fréquence des événements Période de temps	Rapide Elevée	Moyenne Moyenne	Lente Peu élevée
Courte (seconde, minute, heure)			
Moyenne (jour, semaine, mois)	Problème	Problème	
Longue (année, décennie...)	Problème	Problème	

 Représentation cartographique de l'évolution possible sur une carte ou une collection de cartes

© Aurélie ARNAUD. 2009

Tableau 9 : Représentation statique de temporalités d'un ou plusieurs événements

Les temporalités qui posent problème sont celles des événements dont la vitesse d'exécution est rapide ou moyenne, et dont la fréquence est élevée ou moyenne, sur une période de temps moyenne ou longue. En effet, leur représentation nécessite une fragmentation de l'événement (dont la vélocité d'exécution est rapide ou moyenne) telle que

⁹⁴ D'un point de vue historique mais aussi économique, social, etc.

⁹⁵ <http://www.ial-vaucluse.org/>, <http://risques.auvergne.pref.gouv.fr/> ; <http://cartorisque.prim.net/>

le nombre de cartes serait trop important pour une bonne appréciation de l'évolution de l'événement. Ou alors, dans le cas de la représentation d'une chronologie d'événements (dont la fréquence est élevée ou moyenne) sur une même carte, le nombre important d'objets à positionner peut entraîner un problème de lisibilité non seulement du temps mais aussi des localisations des événements. Par exemple, la représentation d'événements dont les spatialités ne se chevauchent pas ou peu, d'une date à l'autre (éruptions du Piton de la Fournaise : Carte 8) est beaucoup plus simple à cartographier que si les objets se superposent comme c'est le cas pour les inondations.

La réflexion sur la représentation du temps s'inscrit alors sur plusieurs niveaux en fonction de la spatialité des événements :

- le cartographe veut-il mettre en évidence la temporalité d'un seul événement ? D'un ensemble d'événements issus d'un même risque ? D'un ensemble d'événements issus de plusieurs aléas ?
- quelle(s) temporalité(s) de(s) événement(s) le cartographe souhaite-il représenter : si la fréquence est observable (Carte 6 et Carte 7), les représentations de la rapidité d'exécution⁹⁶, de l'espacement chronologique (régulier ou aléatoire), de la durée de l'événement (longue, courte)⁹⁷ et des conjonctions temporelles sont peu présentes sur les cartes statiques, animées ou interactives.

Cartes du Web	Rapidité d'exécution	Fréquence	Espacement chronologique	Durée
Un événement	A	X	X	B
Plusieurs événements non superposés, issus d'un même risque	C	B	C	B
Plusieurs événements non superposés, issus d'aléa différents	C	B	C	B
Plusieurs événements superposés	C	B	C	B

A : Cartographiable ; X : Cette forme n'existe pas
 B : L'appréciation de la cartographie de l'objet dépend : du nombre d'événements, de la superposition des événements, et de l'échelle de représentation.
 C : Peu cartographié
 Rq. Il est également difficile de représenter deux critères temporels simultanément.

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 10 : Temporalités cartographiables

Toutefois le Tableau 10 synthétise notre travail d'observation des temporalités représentées dans les cartes en ligne. La rapidité d'exécution et la fréquence des événements se révèlent comme des temporalités cartographiables sur des cartes statiques mais seule la fréquence apparaît dans les cartes statiques en ligne (Carte 6 et Carte 7, Carte 8 et Carte 10). De plus, la représentation de cette temporalité n'est pas volontaire puisque pour la connaître l'utilisateur doit compter un nombre de dates ou le nombre de figurés sur la carte afin de

⁹⁶ Vitesse d'exécution du phénomène ou de l'événement. Elle s'affiche sous forme d'images satellites animées telles celles de Météo-France, pour les phénomènes atmosphériques, ou celles délivrées par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA : <http://www.noaa.gov/>) où les phénomènes d'inondation sont très visibles.

⁹⁷ Critères spatio-temporels du risque selon Hewitt (1983).

connaître la quantité d'événements qui se sont produits sur une période de temps. Seule la Carte 12 (carte des événements par pays en anamorphose) présente une représentation des fréquences intéressante. Quant à la rapidité d'exécution, sa représentation semble exister seulement sur des cartes dynamiques. Pour représenter des espacements chronologiques et des durées, un texte est nécessaire (ex. « 1 seconde », « 2 heures », etc.). La chronologie des événements est peu représentée même si elle apparaît sur la Carte 8 sans toutefois être mise en valeur. Les cartes animées viennent alors enrichir considérablement la représentation du temps : la rapidité d'exécution d'un seul événement, mais aussi l'ordre chronologique, la fréquence, l'espacement chronologique et la durée sont discernables (Tableau 10). Les cartes dynamiques permettent même de contrôler l'affichage de ces informations temporelles.

Ces temporalités appliquées à la thématique du risque ont été formalisées par Hewitt (1983). Elles s'appliquent aux événements intégrant un temps cyclique et/ou linéaire (Chapitre 3) :

- la fréquence des événements = **fréquence** comme « *nombre identifiable par unité de temps* » ;
- la durée d'un seul ou d'un ensemble d'événements = **durée** d'une scène. Ce peut être aussi la durée d'un espacement chronologique entre deux changements ;
- la rapidité d'exécution d'un événement, c'est-à-dire la vitesse du changement. Le changement s'effectue-t-il en un jour ou un an ? = **taux de changement** ou vitesse de modification ;
- la **période de retour** d'un événement qui est différente de la fréquence. Elle est plus souvent traduite par un pourcentage renseignant un nombre de chances d'occurrence sur une période temporelle ;
- l'**espacement chronologique** est un intervalle de temps entre deux événements.

La période de retour est une temporalité qui s'inscrit dans un temps cyclique, la fréquence et l'espacement chronologique peuvent être linéaire et cyclique s'il existe une régularité, tandis que les autres temporalités, la durée et la rapidité d'exécution intègrent un temps linéaire.

Cependant, l'intégralité de ces temporalités des événements n'est pas représentée sur les cartes étudiées.

Qu'en est-il de la dimension thématique ?

3.2.1.3 La dimension thématique

Cette troisième dimension est parfois nommée documentaire, informationnelle, ou bien encore attributaire ou thématique. L'utilisation de mot « documentaire » nous semble restrictif, sous-entendant l'information contenue dans des documents numérisés⁹⁸. « Informationnelle » nous paraît être un qualificatif plus pertinent, mais pour pallier le risque

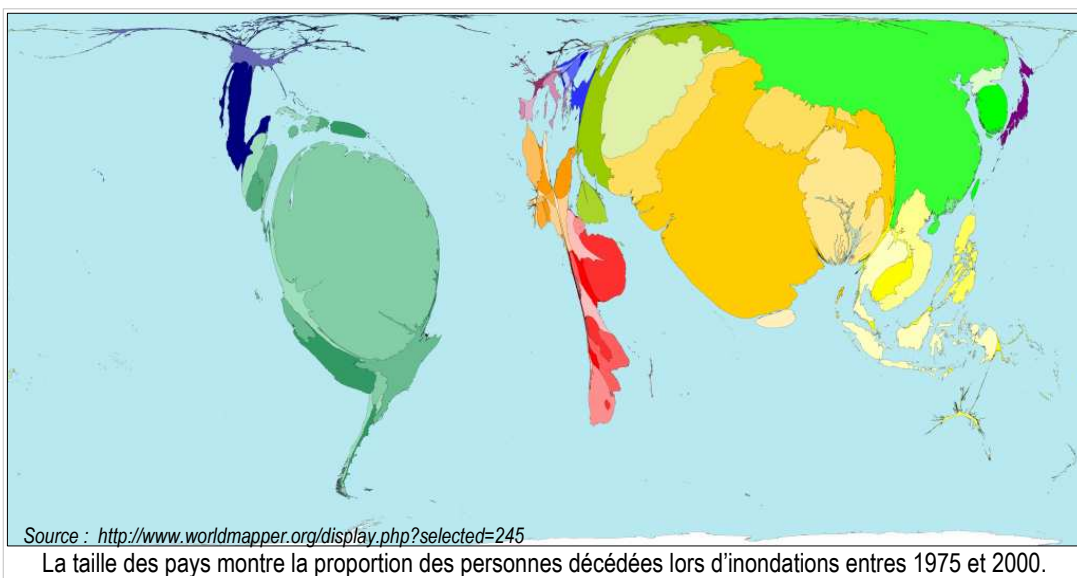
⁹⁸ L'information sous forme de tableaux de données et de bases de données est alors exclue.

de confusion avec l'information sur l'objet en général, nous préférons parfois les qualificatifs « attributaire » ou « thématique ». Cependant, il convient d'attirer l'attention sur le fait que dans le domaine des Systèmes d'Information Géographique (SIG), « attribut » est également utilisé pour désigner les dimensions spatiales et temporelles (ex. l'attribut temporel « date » d'un objet, ou encore les attributs spatiaux de la longitude, de la latitude ou de l'altitude). L'« information thématique » est alors l'expression qui nous convient le mieux.

L'IDE peut être thématique puisque pour chaque objet qu'elle renseigne, correspondent des données et des informations qui ne sont ni spatiales, ni temporelles. Nous avons remarqué, dans la première sous-section de ce chapitre, que cette information peut se traduire, par exemple, à travers la description physique d'un éboulement rocheux ou d'une inondation (ex. des dimensions ou des mesures) ou la description d'un contexte (ex. politique ou économique). Elle peut également illustrer l'événement à travers des photographies, des croquis, ou même des témoignages (ex. enquêtes *in situ*).

La représentation de l'information thématique s'observe sous des formes variées. D'une manière générale, les informations quantitatives telles que les données sur le nombre d'événements par commune et le débit, posent peu de problèmes comparées aux données sur les dommages, plus souvent qualitatives (ex. la représentation des différents chocs psychologiques des victimes d'événements : information peu cartographiée). Des cartes aux formes originales et des outils cartographiques offrent la possibilité d'observer cette dimension de l'information en ligne.

Par exemple, même si elle est peu répandue, la représentation cartographique d'attributs thématiques se rencontre sous la forme de cartes en anamorphoses (transformation cartographique de poids). Comme nous l'avons vu, la lecture de la fréquence des événements sur une période est intéressante. Néanmoins, l'exemple de la représentation du nombre de morts lors d'événements catastrophiques montre une certaine difficulté quant à sa lecture (Carte 12) : les inondations de l'Inde et du Venezuela paraissent les plus meurtrières, mais ces pays ne sont pas faciles à localiser compte tenu de leur forme. En effet, les anamorphoses s'adressent à un public qui connaît son territoire et de fait, peut apprécier les déformations (Cauvin, 1998). Les anamorphoses deviennent intéressantes lorsqu'il est possible de visualiser simultanément une carte du même territoire, dans sa forme originelle, sans transformations.



Carte 12 : Représentation d'attributs thématiques en anamorphoses

Les sites appliqués à un seul événement possèdent souvent une dimension thématique développée et illustrée grâce à des documents de différents formats (des textes descriptifs, des photographies, des articles ou des tableaux de données très précis) dont l'accès est possible *via* des liens hypertextes : il s'agit de cartes interactives ou d'images satellites où figurent des objets cliquables qui donnent accès à des informations attributaires très détaillées. Ces cartes délivrent alors de l'information de second ordre, très utile aux experts (Photographie 2).

Source : Fond de carte : Google Earth, 2007
 Autres informations : Laboratoire LGCA

Source : Photographie aérienne : Google Earth, 2007
 Photographie : Nicolas, 2003 :

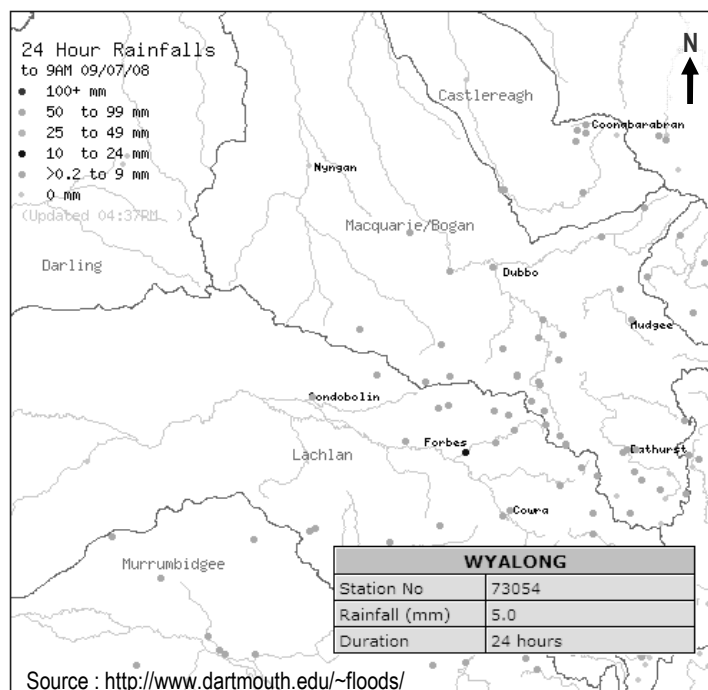
quantification of interseismic deformation in Nepal and of postseismic deformation in Pakistan after the 8th Octo

Franois Jouanne
 LGCA, UMR CNRS 5025, Université de Savoie, France, email : Jo
 Mohammad Larif, Abdul Majid and Allahbakhsh Kar
 Geological Survey of Pakistan, Ministry of Petroleum & Mineral Resources
 03, H-8/1 Islamabad, Pakistan, email : kanzar_20001@gs
 Arnaud Pecher and Jean Louis Mugnier.

Neron en flamme en 2003
 Photograph by [Jocelyne](#)

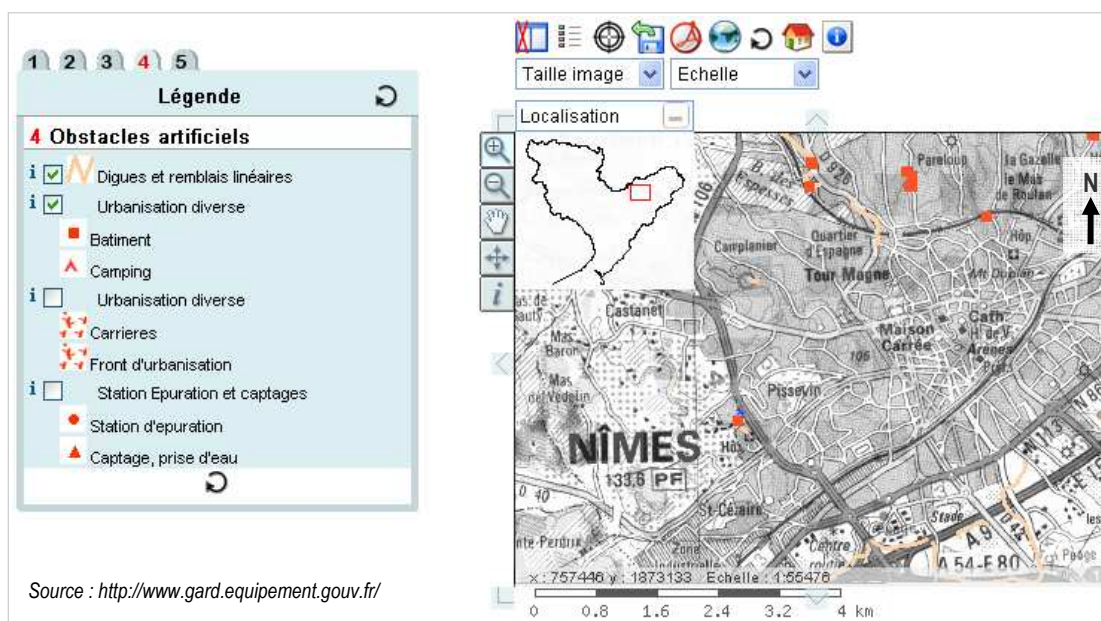
Photographie 2 : Affichage de l'information thématique sous plusieurs formats de documents

Sous la forme d'outils cartographiques, l'utilisateur affiche ces documents de plusieurs formats à travers l'exécution de requêtes attributaires. Cependant, la possibilité de réaliser des requêtes en fonction des dommages ou de zones affectées par un phénomène (ex. par nom de quartier, partie d'un bassin versant, etc.) n'a pas été notée. Cette remarque relève encore une fois du choix de l'information à représenter.



Carte 13 : Carte interactive

Lorsque la carte interactive permet à l'utilisateur de découvrir de l'information supplémentaire au passage de la souris, ou au clic sur un élément, cette dernière s'affiche dans une info-bulle ou une fenêtre, mais celle-ci obstrue une partie de la carte ou de l'image affichée à l'écran (Photographie 2, Carte 13). Il est alors difficile d'observer tous les documents simultanément : ex. la carte, la photographie, plus le texte (Photographie 2). Par exemple, le site de l'Observatoire des inondations de Dartmouth contient des cartes interactives où le passage de la souris sur un point donne accès à un tableau de valeurs sur les situations des rivières selon les précipitations, mais ce dernier cache une partie des éléments représentés (Carte 13).



Carte 14 : Atlas cartographique sur les inondations du Gard

Les sites Web qui se concentrent sur un seul événement semblent souvent disposer de plus nombreuses informations de second ordre mais illustrées de cartes statiques ; tandis que certains sites proposent des outils qui cartographient plusieurs événements et même parfois des événements issus de plusieurs aléas sur des cartes statiques et animées, mais dont les informations thématiques sont restreintes⁹⁹. La recherche d'information sur ces sites se réalise à l'aide de légendes associées à des cases à cocher (ex. les IAL, Cartorisque, les Atlas des Zones Inondables –AZI, des Documents Communaux Synthétiques –DCS, des Documents Départementaux sur les Risques Majeurs –DDRM). Parmi les plus aboutis, l'atlas de la Direction Départementale de l'Équipement du Gard¹⁰⁰ a la particularité de représenter la localisation de nombreuses informations de l'événement à l'aide d'une légende interactive (Carte 14). La légende comprend cinq onglets qui permettent d'afficher des informations sur les données topographiques et la toponymie, l'hydrogéomorphologie, les crues historiques, enfin, les obstacles artificiels. Dans chaque onglet, des cases à cocher permettent de spatialiser la couche d'information. Cependant, le nom des onglets n'apparaît pas, ce qui peut ralentir la navigation. D'autre part, l'utilisateur n'est pas informé de la date de l'inondation affichée. Et pour finir, les informations de second ordre sont limitées : elles concernent surtout d'information sur la localisation d'objets en relation avec les événements du Gard.

Les outils cartographiques sont élaborés d'un point de vue technologique : ils affichent de nombreuses informations inscrites sur des documents de formats différents mais leur densité obture la vision d'une partie de la carte ; de même qu'ils comportent des outils de navigation permettant la recherche d'informations thématiques plus aisément. Toutefois, le

⁹⁹ Par exemple, il s'agit souvent de quelques lignes dans un tableau (ex. <http://www.dartmouth.edu/>) voire uniquement une légende (ex. <http://cartorisque.prim.net/>).

¹⁰⁰ http://carto.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/sites/projets/zi_gardons/htdocs/index.php

manque d'information de second ordre et le manque de représentation des dommages constituent des problèmes récurrents : l'information de second ordre est réduite voire inexistante et les représentations cartographiques demeurent peu variées : seules les localisations des extensions des phénomènes à travers des points, des lignes ou des surfaces apparaissent. Sur la partie en ligne visitée, seules les anamorphoses rendent compte, mais de manière peu satisfaisante, des dommages humains à l'échelle mondiale.

Nous venons de découvrir un certain nombre de moyens pour représenter les dimensions spatiales, temporelles et thématiques de l'IDE à travers des cartes en ligne. Toutefois, ceux-ci révèlent des problèmes pour faire apparaître la superposition des surfaces sur des cartes, l'intégralité des temporalités des événements mais aussi de nombreuses informations thématiques sur une même interface. Cependant, les obstacles s'accroissent encore avec la problématique de l'affichage de l'information thématique concernant les données et les informations ; comment est-elle affichée et représentée en ligne ?

3.2.2 La méta-information : exemple de la qualité de l'information

Le terme de méta-information vient du préfixe grec « *meta* » indiquant l'autoréférence ; le terme méta-information signifie donc l'information sur de l'information. C'est une information supplémentaire à l'information existante sur un objet. Cette définition d'« information sur l'information » est d'ailleurs communément acceptée pour le terme « donnée » où la « donnée sur la donnée » est qualifiée de « métadonnée ». Celle-ci doit documenter de manière précise les données afin qu'elles se partagent et se diffusent de manière à simplifier leur intégration dans des outils et leur utilisation (Devilleers *et al*, 2005). Il s'agit, à l'origine, d'augmenter l'efficacité des recherches bibliographiques ; pour cela des standards normalisent les données. Par exemple, la norme ISO 2709 est éditée en 1973 et propose un cadre¹⁰¹ d'utilisation normé. Dans le domaine de la géographie, la norme internationale ISO 19 115¹⁰² propose de renseigner les données et les informations à travers leur identification¹⁰³, la description de leur contenu, leur système de coordonnées, la qualité des données¹⁰⁴ et les modalités de maintenance, pour ne citer que ces métadonnées (Lesage, 2004). D'autres normes existent dans ce domaine : par exemple la norme internationale OGC (Open Geospatial Consortium) ou la norme européenne INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community). Elles s'appliquent à des objets géoréférencés tels que des photographies ou encore des bases de données. Ces normes sont maintenant utilisables à partir d'Internet¹⁰⁵ à travers notamment des interfaces cartographiques

¹⁰¹ La source (l'auteur, la date, l'éditeur), la nature du document (ex. monographie, périodique), son contenu informationnel (le titre, le sujet, les mots-clés, le résumé) et sa localisation physique (la cote).

¹⁰² La norme 19115 spécifie le schéma conceptuel des métadonnées. Il prend en compte les différentes composantes sur la qualité de la norme 19113 (Devilleers *et al*, 2005) décrites ci-après.

¹⁰³ Date de référence, version, intervenants, étendue des données, emplois possibles, etc.

¹⁰⁴ Mesures de qualité : précisions géométrique, temporelle et sémantique, exhaustivité, etc. ; informations de généalogie : description des sources dans les processus de constitution d'une information (Lesage, 2004).

¹⁰⁵ Ce qui augmente leur interopérabilité : capacité d'un outil à être compatible (ou s'utiliser) avec un autre.

permettant d'observer directement la localisation des données renseignées (Desconnets *et alii*, 2007). Cauvin *et alii* (2007) récapitulent l'ensemble des métadonnées dans la Figure 14. Le souci de ces normes est d'être générique afin de s'appliquer à un maximum d'objets géographiques (Libourel, 2006). Une autre limite apparaît notamment pour le stockage de l'histoire des données qui sont très volumineuses et nécessitent parfois de faire des choix (Devilleers *et al*, 2005). Dans notre problématique, il est en effet très utile pour les experts de conserver les histoires des événements, même celles qui sont controversées par la découverte de nouveaux documents.

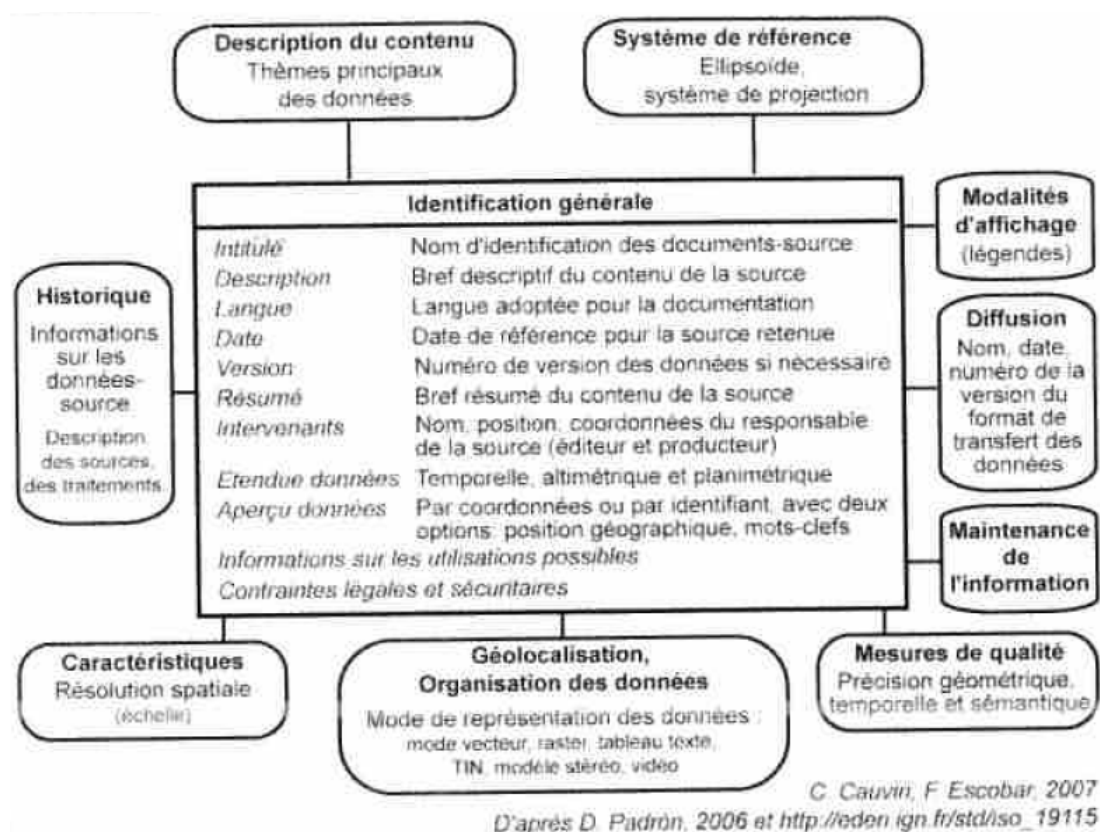


Figure 14 : Description des métadonnées (Cauvin *et alii*, 2007a)

Compte tenu de la définition que nous avons attribuée au terme « donnée », ces métadonnées contiennent de plus en plus un sens mais aussi un jugement de valeur, et donc vont au-delà de simples données sur des données. **Des informations de premier, voire de deuxième ordre, composent alors ces métadonnées. De plus, l'information sur la qualité, dont l'imprécision et l'exhaustivité, contiennent des informations subjectives, d'autant plus lorsqu'il s'agit de données qualitatives dans le domaine des sciences sociales. Le terme de « méta-information » nous paraît alors davantage approprié pour renseigner des données et des informations sur l'information en général.**

Cette méta-information est une information thématique qui s'applique à l'information spatiale, à l'information temporelle mais aussi thématique. Dans notre contexte de comprendre et d'accéder à la méta-information sur l'IDE, nous nous intéressons surtout aux méta-informations de premier et de second ordre compte tenu du grand intérêt porté sur ces

dernières par les acteurs (cf. § 2.2). Par exemple, une localisation peut être très précise (ex. cartographies anciennes de périmètres de phénomènes, récits d'événements) mais aussi très incertaine (ex. faible fiabilité du document), or les acteurs désirent ne pas être trompés à ce niveau. Le regard critique des experts sur les sources et le contenu de l'information demeure alors une méta-information sur l'IDE indispensable aux décideurs. Celle-ci va particulièrement renseigner la dimension floue de l'information (les imprécisions, la granularité de l'information, etc.), la fiabilité des sources et les erreurs dans la généalogie de l'information (ex. la collecte, le traitement, etc.)¹⁰⁶ qui alimentent la qualité de l'information (Figure 15). Nous définissons cette notion dans le paragraphe qui suit.

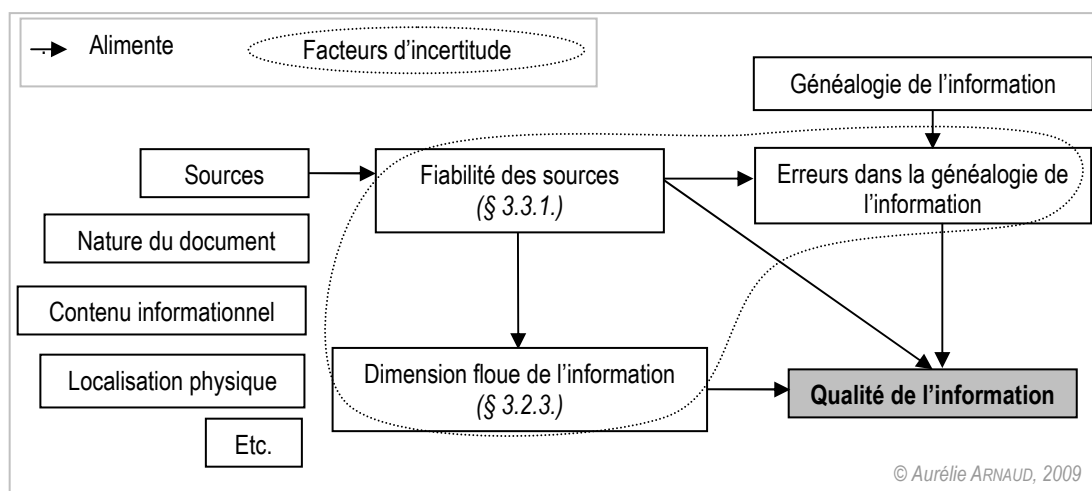


Figure 15 : Les méta-informations et arborescence de la qualité de l'information

La définition de cette qualité est complexe. La norme 19113 normalise la documentation concernant la qualité des données : l'exhaustivité, la cohérence logique, la précision sémantique¹⁰⁷ et la position. En 1986, la norme ISO¹⁰⁸ 8402 définit la qualité comme un « ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confèrent l'aptitude des besoins exprimés en implicites ». Pour Pornon (1992), la qualité dépend de la précision des données, de la fiabilité (définie ici comme l'imprécision et l'incertitude autour des méthodes et des traitements de l'information¹⁰⁹), de la mise à jour (la date de fourniture d'un document peut être décalée par rapport à la validité de ses informations¹¹⁰) et de

¹⁰⁶ La dimension floue, la fiabilité des sources et les erreurs dans la généalogie de l'information seront détaillées plus loin dans les paragraphes suivant : respectivement § 3.2.3, § 3.3.1 et § 3.3.4.

¹⁰⁷ Intègre la précision positionnelle, temporelle, et des attributs quantitatifs et qualitatifs.

¹⁰⁸ ISO : International Organization for Standardization

¹⁰⁹ Nous utiliserons ici le terme de « fiabilité » uniquement pour qualifier les sources.

¹¹⁰ La validité est définie par MacEachren (2005) comme le temps entre l'occurrence d'un événement, sa collecte et son utilisation. Par exemple, un technicien peut mettre à jour la cartographie des réseaux dont il est responsable et pas les autres, créant ainsi une carte avec des informations dont la validité est douteuse. Concrètement, il peut s'agir des dates de la dernière et de la prochaine mise à jour, et même la périodicité des mises à jour. La période de validité d'objets dépend de son contexte et des processus qui l'entourent (processus économique, social, politique, etc.).

l'homogénéité des informations¹¹¹. L'association de cartographie internationale se base sur la norme ISO/TC 211 pour classifier les critères de qualité de l'information géographique (Devilleers *et al*, 2005). Elle s'appuie, quant à elle, sur les sources (ex. la réputation d'un organisme), la transformation de l'information (erreurs qui se glissent dans la généalogie), l'exactitude spatiale et temporelle¹¹², la cohérence logique (la base de donnée est-elle bien à l'image de la réalité) et la complétude. Pour Joliveau (1996), cette qualité doit être vérifiée et ceci exige de savoir quel phénomène décrit la réalité : « *la donnée doit être datée et si possible avoir une période de validité* ». Dans notre cas la validité est considérée comme permanente jusqu'à ce que l'information soit controversée par la découverte de nouveaux documents mettant en cause l'histoire des événements. Plus récemment, Cauvin *et alii* (2007) proposent une arborescence sur les critères de qualité des données qui rejoint la nôtre (Figure 16).

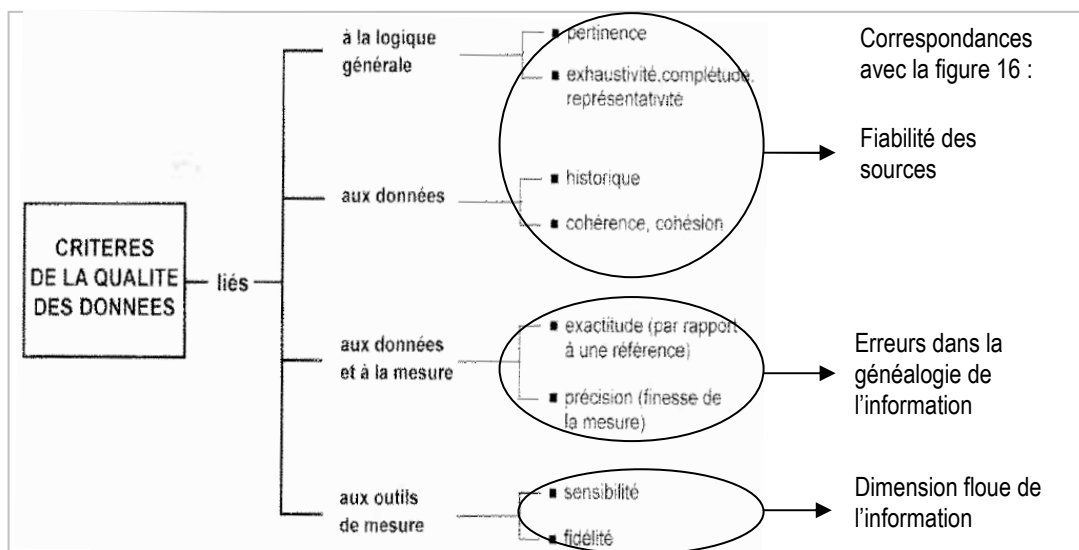


Figure 16 : Critères de qualité des données de Cauvin et alii (2007a) et correspondances avec notre arborescence

On parle davantage de « qualité de données », mais nous utiliserons également « qualité des informations » puisqu'elles aussi subissent des traitements qui influencent leur qualité. « Qualité de l'information » au singulier, concernera alors la qualité des données et des informations.

La fiabilité des sources, les erreurs dans la généalogie de l'information ainsi que la dimension floue de l'information sont donc des méta-informations qui alimentent la qualité de l'information (Figure 15). Par exemple, la multiplication des sources augmente la pertinence de l'information mais, si ces sources sont peu fiables (cf. § 3.3.1), les données et les informations ne peuvent pas être exploitées dans de bonnes conditions. En effet, les récits de personnes ayant vécu un événement issu de risque, sous l'effet émotionnel, peuvent déformer les faits. De même que des données précises et certaines, mais mal exploitées,

¹¹¹ Sur un même territoire, l'information peut ne pas être homogène : les champs renseignés, les unités de mesure, les formats d'enregistrements, etc.

¹¹² Critère ajouté par l'association de cartographie internationale, non présent dans la norme ISO/TC 211.

fondent une information de mauvaise qualité.

En ligne, la méta-information est présente mais souvent succincte : le plus fréquemment un nom et une année informent d'une source et d'une date de production. Toutefois, certains sites Web vont jusqu'à préciser la marque et le modèle de l'appareil qui a pris une photographie, et même les dimensions de son objectif, etc. Le manque de méta-informations se fait surtout ressentir sur l'évaluation, les raisons et la localisation de la fiabilité des sources, des incertitudes, des conditions de production de l'IDE et donc, de la qualité de l'information en général.

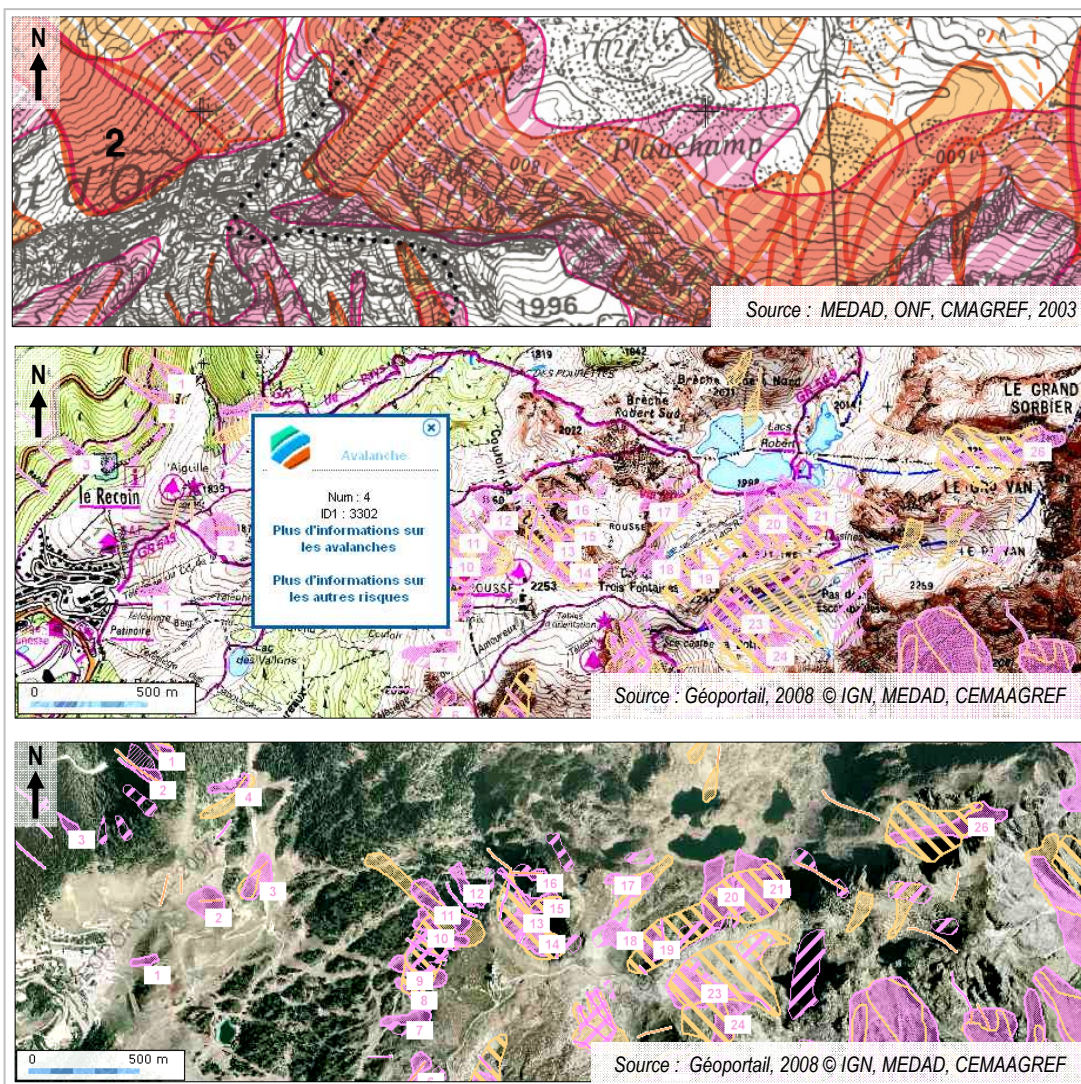
Les sites Sisfrance et Sismalp¹¹³ proposent un degré de fiabilité (Garry, 2004). Cependant, l'information sur ce dernier est très partielle (un chiffre).

La méta-information appliquée à l'imprécision peut être cartographiée. Elle peut figurer à travers des cases à cocher (Carte 18) qui permettent à l'utilisateur d'observer des dates où les données sont non informées (« *no data* ») ou peu fiables (« *no accurate date* »). Par contre, l'utilisateur n'a pas accès à des explications sur les raisons de l'incertitude de ces données. Dans un autre cas, la cartographie des événements avalancheux (Carte de Localisation Probable des Avalanches : CLPA) propose d'accéder à des entretiens (Enquête sur la Probabilité des Avalanches : EPA) en cliquant sur des numéros (cependant la Carte 15 montre que cette information reste très restreinte).

La valorisation de ces méta-informations paraît limitée, or elles sont indispensables pour les acteurs afin d'utiliser l'information dans le but visé, de réduire les conséquences d'emploi d'une information de mauvaise qualité, mais aussi pour mettre en place des approches qui considèrent les éléments qui nuisent à la qualité de l'information : par exemple à travers la prise en compte de la dimension floue et de la fiabilité des sources. Nous ne traiterons pas les processus de décisions face à la qualité de l'information (Devilleers *et al.*, 2005), ce qui nous éloignerait de notre problématique.

La fiabilité des sources et les erreurs dans la généalogie de l'information sont des méta-informations que nous étudierons plus tard, lorsque nous traiterons des problèmes posés par les supports de l'information. Le caractère incertain de l'information étant un contenu de l'IDE, nous l'étudions dans la partie qui suit.

¹¹³ <http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/>



Carte 15 : Méta-informations sur les avalanches et fonds de cartes variés dans la zone de Chamrousse, massif de Belledonne (38)

3.2.3 L'incertitude de l'information

Cette méta-information est animée par de nombreuses réflexions, autant sur sa qualification, sa quantification, que sur sa représentation visuelle. Cette dimension mérite un grand intérêt puisqu'elle est très présente dans l'IDE.

La dimension incertaine pourrait également être qualifiée par le terme : « imperfections de l'information », découlant de l'expression « connaissances imparfaites » de Bard *et alii* (2003). Ces imperfections de l'information sont liées à son contenu (l'information elle-même), mais aussi à ses supports (les sources, les documents, etc.). En effet, l'incertitude¹¹⁴ résulte de nombreux facteurs qui peuvent varier d'une discipline à l'autre. Nous présentons

¹¹⁴ « La complexité du phénomène est telle que l'analyse réalisée par l'expert est entachée d'incertitudes. Ces incertitudes se manifestent au stade du passage de la cartographie technique, élaborée par le scientifique, au zonage réglementaire, à l'intention du décideur. Cette transcription révèle en outre des difficultés structurelles, notamment des logiques et un langage différents » (Blanche et al, 2001).

ces aspects parfois controversés afin de définir une typologie adaptée à l'IDE. Puis quelques critères de cette dimension floue seront détaillés : l'imprécision et l'incomplétude, et les facteurs subjectifs qui paraissent affecter le plus profondément l'IDE. La fiabilité des sources et les erreurs dans la généalogie apportent potentiellement de l'incertitude mais nous vérifierons cette hypothèse plus tard (cf. § 3.3).

3.2.3.1 Les facteurs d'incertitude

L'incertitude est déconsidérée par les sciences car elle est associée à la faute et à l'incapacité de quantifier ou de qualifier de manière précise. Ceci explique le fait qu'elle soit parfois dissimulée. De plus, cette incertitude est peu comprise par les profanes qui ont du mal à l'accepter (Decrop, 1997). Or, d'après Ecobichon (1994), cette incertitude s'accroît et possède un réel coût¹¹⁵. Il nous semble alors indispensable de la porter à la connaissance des utilisateurs d'une part en la définissant, d'autre part, en la valorisant.

Nous avons découvert jusqu'ici plusieurs facteurs d'incertitude : la fiabilité des sources (p. 132), la qualité des données (p. 129), la différence entre le fait réel et le fait raconté (p. 133). Mais de manière plus formelle, comment est considérée l'incertitude dans les sciences ?

En **géographie**, l'incertitude est « liée à la subjectivité » : les données peuvent être interprétées selon des facteurs externes à l'objet, mais propres à l'observateur (Rolland-May, 2000). L'incertitude comporte deux composantes complémentaires : l'incertitude sémantique et l'incertitude géométrique. L'incertitude sémantique dépend de la compréhension et de l'interprétation des mots lors de la description d'un phénomène géographique (Bodin, 2002). D'après Rolland-May (2002), elle est liée à la subjectivité de la connaissance, et à « l'utilisation d'attributs vagues ou mal définis » (ex. loin, près, proche, plus ou moins, beaucoup). Il s'agit ici d'imprécision. Quant à l'incertitude géométrique, elle est liée au report des objets sur une carte qui dépend de l'échelle et des référentiels utilisés. Dans ce cas, l'incertitude est liée à l'objet lui-même dont la délimitation est imprécise et imparfaite. Ce n'est pas dû aux hommes ou à leurs instruments de mesure défectueux. La limite floue désigne des caractéristiques qualitatives ou quantitatives (dont la localisation géographique) d'un objet, mais celles-ci sont peu ou mal connues (ex. l'extension d'une espèce, l'aire d'influence d'un phénomène physique, Rolland-May, 2000). La certitude absolue est donc peu envisageable et de ce fait, l'homme a besoin de la nuancer. La notion d'incertitude est alors étudiée dans le domaine des mathématiques avec la théorie des sous-ensembles flous de Lofti Zadeh (1968, Rolland-May, 2000) qui tente de sortir de la dichotomie appartient/n'appartient pas ou vide/plein. Rolland-May se l'approprie pour l'adapter au domaine de la géographie en créant la notion d'« objet géographique flou » dont les limites sont floues. Il est composé d'un cœur et d'une frange (Figure 17).

¹¹⁵ Par exemple, dans le domaine des risques, une structure mal proportionnée va se dégrader lors d'un événement mineur et donc devenir onéreux.

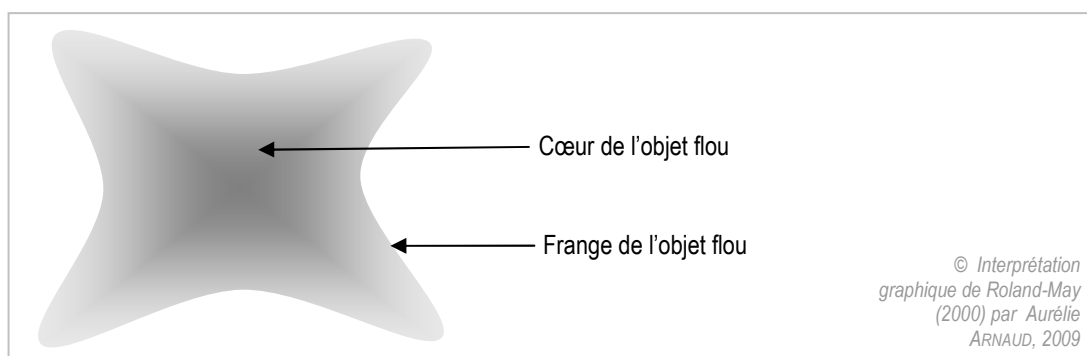


Figure 17 : L'objet géographique flou selon Roland-May (2000)

Toujours dans le domaine des sciences sociales, le cas de l'étude des témoignages montre un apport en incertitude liée aux erreurs qui se glissent dans la lignée de l'information : lors de l'acquisition de données (quel sens le témoin a-t-il sollicité pour raconter l'événement ? quel était son état psychologique ?), lors de son stockage (les données brutes sont-elles intactes ?), et lors de la restitution de l'information à un tiers (Bodin, 2002). La dimension subjective tels l'oubli, l'omission, la détérioration, la sur- ou sous-estimation transforment, pendant ou entre ces trois étapes, l'information finale. C'est-à-dire que la subjectivité agrandit la distance entre le fait réel et le fait perçu (Bodin, 2002). Ce même auteur étudie les témoignages de l'EPA (Enquête sur la Probabilité des Avalanches) et distingue les témoignages historiques¹¹⁶ et les témoignages contemporains¹¹⁷ dont les incertitudes sont sémantiques. Ces témoignages sont interprétés par des « filtres cognitifs », qui dépendent en partie de la « connaissance » (telle que nous l'avons définie) mais aussi du caractère de la personne. Ces filtres sont différents selon la fiabilité du témoin (ex. témoin possédant des enjeux dans l'immobilier). La CLPA (associée à l'EPA) possède quant à elle une incertitude géométrique dans son épaisseur du trait, son géoréférencement et son impression. (Bodin, 2002) : par exemple, le cartographe élargit quasi-systématiquement l'emprise des avalanches témoignées de 30/40m afin qu'elle soit davantage lisible sur la carte.

Appliquée à l'étude de l'histoire des inondations, Lang *et alii* (2003)¹¹⁸ estiment l'incertitude de l'information historique selon une méthode qui consiste à :

- vérifier la cohérence générale des données pour une même station et par rapport aux stations voisines ;
- repérer les changements d'échelle de mesure ou de localisation de stations ;
- détecter des erreurs de mesures, de transcription sur du papier ou de saisie de l'informatique ;
- définir la qualité des stations hydrométriques (aussi nommée la fiabilité des sources).

¹¹⁶ Les récits de descendants transmis de génération en génération, stockés en archives

¹¹⁷ Récits de témoins directs de l'événement, articles et documents d'étude

¹¹⁸ Les auteurs sont un hydrologue, un historien et une géographe.

Les sciences sociales révèlent alors quatre facteurs d'incertitude : l'imprécision spatiale, l'imprécision sémantique, la subjectivité des auteurs et les erreurs qui se glissent dans la généalogie de l'information (Figure 18).

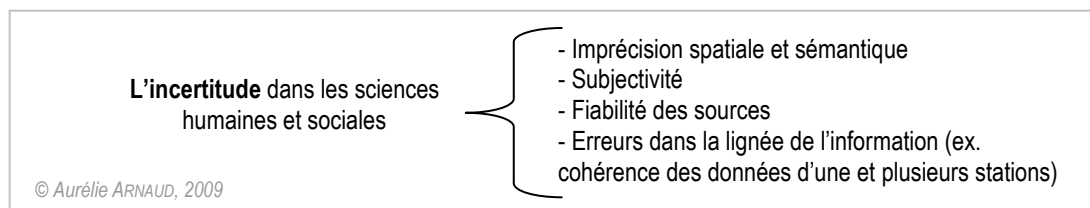


Figure 18 : La dimension floue dans les sciences sociales

Du côté des **informaticiens**, Dion (1997) définit l'incertitude comme étant une ressource d'information, et cette source de certitude se rapproche de l'« état initial de l'événement observé ». En **géomatique**, Bard *et alii* (2003) ajoutent que l'incertitude provient de la validité des informations. Cependant, d'autres auteurs fournissent des définitions plus complètes. C'est ainsi que selon Buttenfield (1994, in MacEachren *et alii*, 2005) l'incertitude contient l'information sur la qualité des données¹¹⁹, sur la fiabilité des sources, et sur l'exactitude/erreur dans les données. D'après ces auteurs, l'incertitude provient également de l'imprécision qui renseigne sur la précision de la position (à « plus ou moins » l'unité utilisée), la précision de l'attribut (à « plus ou moins » l'unité utilisée), la cohérence logique (accord/désaccords d'experts), l'exhaustivité (relations entre les objets et description de leur « univers »), et la lignée (d'où vient la donnée et ses transformations). Thomson *et alii* (2005) notent aussi que l'imprécision résulte du degré de granularité¹²⁰ de l'information. Neuf catégories d'incertitude sont ainsi définies (Figure 19). L'hypothèse clef développée par Thomson *et alii* (2005) est la suivante : la représentation de l'incertitude à travers une approche quantitative est plus utile qu'une approche qualitative car elle fournit une information contenant une combinaison de types d'incertitudes. Plusieurs modèles existent alors, valorisant certaines informations plus que d'autres. Cependant, ces modèles montrent leurs limites car les calculs sont compliqués (ex. algorithmes) et le lecteur ne peut disposer d'une vision objective de l'incertitude.

La typologie de Thomson rencontre des limites : elle ne met pas en évidence ce qui appartient à l'incertitude et ce qui dépend plus spécifiquement de l'imprécision. De ce fait, des critères, tels que la granularité de l'information, n'apparaissent pas. Cependant, l'auteur introduit un autre facteur d'incertitude qui s'exprime à travers les sources isolées et non reliées aux autres (*interrelatedness*, Figure 19).

¹¹⁹ Mais nous avons vu précédemment que la qualité dépendait de la dimension floue, des sources et de la généalogie de l'information, et donc de l'incertitude à part entière.

¹²⁰ La « granularité » est définie clairement par Noyau & al. (2002, in Dewaele *et al*, 2002) : la granularité est « une dimension qualitative qui détermine la conceptualisation d'une situation complexe et dynamique dans le discours. Si le degré de granularité est élevé, l'événement est présenté comme une série détaillée de micro-événements, tandis que dans le cas contraire, l'événement est présenté à partir d'une macro-perspective ». Une grande granularité est alors une information très détaillée et de ce fait, précise.

Norton *et alii* (2006) estiment, quant à eux, que l'incertitude n'est pas un élément quantifiable mais qu'elle renvoie à différents aspects qui aident à prendre des décisions. Cependant, leurs définitions se révèlent abstraites.

Category	Definition		
Accuracy/error	difference between observation and reality		
Precision	exactness of measurement		
Completeness	extent to which info is comprehensive		
Consistency	extent to which info components agree		
Lineage	conduit through which info passed		
Currency/timing	temporal gaps between occurrence, info collection & use		
Credibility	reliability of info source		
Subjectivity	amount of interpretation or judgment included		
Interrelatedness	source independence from other information		
Category	Attribute Examples	Location Examples	Time Examples
Accuracy/error	counts, magnitudes	coords., buildings	+/- 1 day
Precision	nearest 1000	1 degree	once per day
Completeness	75% reporting	20% cloud cover	5 samples for 100
Consistency	multiple classifiers	from / for a place	5 say M; 2 say T
Lineage	transformations	# of input sources	# of steps
Currency/timing	census data	age of maps	C = Tp - Ti
Credibility	U.S. analyst; informan	knowledge of place	reliability of model
Subjectivity	fact <...> guess	local <...> outsider	expert <...> trainee
Interrelatedness	same author	source proximity	time proximity

Figure 19 : Typologie de l'incertitude de Thomson et alii (2005)

Skeels *et alii* (2007) ont réalisé des entretiens auprès d'écologues afin de vérifier la typologie exposée ci-dessus (Figure 19) qui n'a jamais été véritablement testée. Les personnes interrogées estiment que l'incertitude est issue des mesures de l'imprécision, de l'exhaustivité (ex. méthode d'échantillonnage), de la modélisation pour la prévision ou l'extrapolation, de la crédibilité des sources, et du désaccord (élément transversal aux autres paramètres cités). Ces chercheurs classent alors ces paramètres en leur attribuant des relations : la crédibilité des sources, parfois affectée par le désaccord, contient trois niveaux d'incertitude : la précision des mesures, l'incomplétude de l'information, et l'opération (que nous avons définie comme les erreurs qui se glissent dans la lignée de l'information), Figure 20.

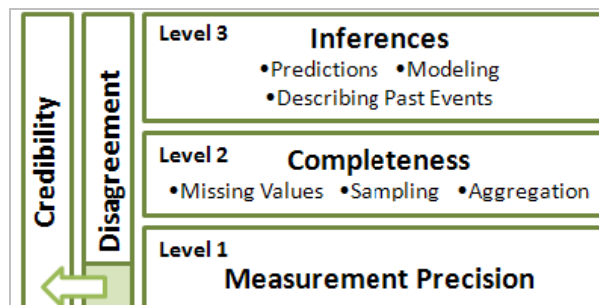


Figure 20 : Classification de l'incertitude selon Skeels et alii (2007)

Pour Griethe *et alii* (2006), les problèmes de l'incertitude sont dûs aux sources, à l'extrapolation/interpolation dans le cadre de modélisation dont la prévision, et à la mesure de l'incertitude (une probabilité, un pourcentage d'erreur ou une distance par rapport à la vraie valeur, ou un écart-type) parfois aléatoires.

L'observation des facteurs les plus utilisés dans la littérature nous permet de dresser un tableau qui propose simultanément une typologie des facteurs d'incertitude adaptée à notre problématique (Tableau 11). Ce dernier permet également de faire un point sémantique sur toutes les notions utilisées autour de la notion d'incertitude.

Nous distinguons alors trois types de facteurs d'incertitude : les facteurs liés à l'information, les facteurs humains et les facteurs liés aux supports de l'information :

Disciplines scientifiques Articles		Sciences sociales		Géomatique			
		Roland- May (2000)	Lang <i>et alii</i> (2005)	Buttenfield (1994)	Thomson <i>et alii</i> (2005)	Skeels <i>et alii</i> (2007)	Griethe <i>et alii</i> (2006)
Facteurs liés à l'information	Imprécision (dimension floue) - sémantique - spatiale - attributaire (ex. 1 à 2m) - granularité	x x	x	x x x	x	x	
	Objectivité (exactitude)			x	x		
	Validité				x		
	Incomplétude				x		
	Exhaustivité			x		x	
Facteurs humains	Subjectivité des auteurs	x			x	x	x
	Cohérence logique (accord/désaccord)			x	x	x	
F. liés aux supports	Erreurs techniques dans la lignée (généalogie, traçabilité)	x	x	x	x	x	x
	Fiabilité/crédibilité des sources		x	x	x	x	x
	Interrelation des sources				x		

Tableau 11 : Les neuf facteurs d'incertitude utilisés dans les sciences © Aurélie ARNAUD, 2009

La présence et l'utilisation courante des paramètres qualitatifs (les facteurs humains) renforcent notre postulat sur la difficile quantification de l'incertitude.

Les critères les plus représentatifs de l'incertitude sont les erreurs techniques qui se glissent dans la généalogie de l'information et la fiabilité des sources (ces deux paramètres seront détaillés prochainement § 3.3). L'imprécision est également un des facteurs les plus utilisés.

Concrètement, en ligne, et appliquée à l'IDE, l'incertitude peut se traduire par un degré de certitude sur l'occurrence d'un événement mais aussi sur la localisation d'un trait limitant un phénomène, sur la localisation d'un lieu de dommages ou bien encore sur le volume d'un éboulement. Elle existe également sous forme de pourcentages de certitude de l'estimation d'un volume, ou de fourchettes de valeurs. Cette information sur l'incertitude s'applique à plusieurs niveaux de granularité : directement aux objets qui composent l'IDE (ex.

incertitude sur l'existence d'un phénomène) et aux attributs de ces objets (ex. incertitude du volume de l'objet éboulement). La composante historique de cette information ajoute une part de doute sur l'existence et les caractéristiques de certains événements : cet événement peut-il être qualifié d'exceptionnel compte tenu de la géomorphologie de son époque ?

Nous allons maintenant énoncer les définitions que nous attribuons aux facteurs les plus usités mais aussi les plus caractéristiques de l'IDE (hormis les deux facteurs liés aux supports qui seront présentés plus tard) : l'imprécision, la complétude et les facteurs de subjectivité telles que la subjectivité des experts, l'objectivité de l'information et la cohérence logique.

3.2.3.2 Cas du facteur d'imprécision

La **précision** attribuée à une certaine échelle d'une carte ou d'une orthophotographie diminue lorsque l'utilisateur travaille à une échelle réduite ou plus grande. Pour résoudre ce problème, la représentation cartographique d'objets devrait se réaliser de manière schématique, directement dès son tracé à grande échelle (Pornon, 1992). Cependant, l'imprécision est plus que spatiale, elle est également sémantique (près de ...), mais aussi temporelle (1990, 1h23 le 20 janvier 1990) (Devillers *et al.*, 2005) et thématique.

L'imprécision de l'IDE qualifie les dimensions spatiales, temporelles et thématiques de l'information. Cette imprécision est liée principalement à deux facteurs :

- le passage d'une empreinte directe à une empreinte indirecte : la description imprécise de l'événement octroie de l'imprécision sémantique à l'information ;
- la granularité de l'information : qu'elle soit spatiale, temporelle ou informationnelle.

L'**imprécision sémantique** de l'information peut provenir d'une topologie spatiale imprécise : « à côté de l'église », « près du cimetière » (Bard *et alii*, 2003) ; ou d'une topologie temporelle : « après la seconde guerre mondiale », « entre 1950 et 1960 », « un jour de novembre 1859 ». L'information est alors caractérisée par une dimension floue qui est véhiculée par le report d'un phénomène *a posteriori*, à travers des observations aériennes, des récits ou des témoignages, autrement dit par le passage d'empreintes directes à des empreintes indirectes. Cette imprécision peut également se traduire par des tranches de valeurs numériques (ex. une à trois personnes blessées, un éboulement de 22 à 100m³) : cas d'imprécision sémantique thématique.

La **granularité** de l'information insère de l'incertitude lorsque par exemple le chercheur souhaite observer une information plus en détail et que cette dernière n'est pas disponible. Ce zoom peut s'effectuer sur une information spatiale. Dans ce cas, l'origine de l'imprécision vient de l'échelle d'utilisation de la carte, lors d'une généralisation cartographique. Une limite, tout comme un objet ponctuel sur un fond cartographique est précise à une certaine échelle. Lors du report de cette limite d'une petite échelle à une échelle plus grande, le trait est souvent tracé selon le bon sens et les compétences du cartographe. Le tracé de la limite se charge alors d'imprécision. Par exemple, une limite

d'avalanche dessinée sur une CLPA au 1/25000^{ème} n'a plus la même précision lors de son report sur un cadastre au 1/1000^{ème}, et encore moins lors de son application sur le terrain, au mètre près¹²¹. Son épaisseur sur la carte, de quelques millimètres, reportée sur le terrain, correspond à quelques mètres. La granularité s'applique également sur des informations temporelles lorsqu'il s'agit de définir une date précise alors que le chercheur ne dispose que d'une année ou d'une période. Enfin, la granularité concerne toute information thématique¹²². Si cette information est numérique, la valeur peut être communiquée sous forme d'une fourchette de valeurs. Même si l'intervalle de valeurs est certain, la valeur exacte qui se situe entre les bornes est incertaine¹²³. Si cette information est textuelle, le degré de zoom correspond à son degré d'exhaustivité ou de détail. Le chercheur doit alors réaliser des recherches supplémentaires (des observations, des mesures, des enquêtes, etc.) pour diminuer l'incertitude en trouvant des valeurs plus précises. L'utilisation de la technologie numérique amoindrit actuellement l'effet de ce facteur. En revanche, il reste très présent dans l'étude des catastrophes historiques.

Toutefois, un problème pour utiliser l'imprécision se pose. Il provient des systèmes informatiques qui n'acceptent pas des formats de données imprécis. Par exemple un format de date implémenté dans une base de données contient un seul format : Jour/Mois/Année. Or si l'utilisateur désire renseigner une année seulement, il demeure dans l'obligation d'inscrire l'année au premier janvier. Les experts qui manipulent l'IDE ont pourtant besoin d'intégrer cette imprécision dans leurs outils d'information.

Il convient également de noter que si l'imprécision peut être un facteur d'incertitude, la précision n'est pas systématiquement un facteur de certitude. En effet, une donnée très précise peut être incertaine (ex. si la fiabilité de la source d'un témoignage est remise en cause).

Mentionnons également qu'une grande précision des données n'est pas forcément recherchée. Par exemple, les urbanistes préfèrent travailler avec des données à prix abordables et disponibles immédiatement même si la précision est limitée, comparé à une donnée onéreuse mais disponible dans quelques années (Pornon, 1992).

Comment est représentée graphiquement l'imprécision en ligne, et sur les cartes ?

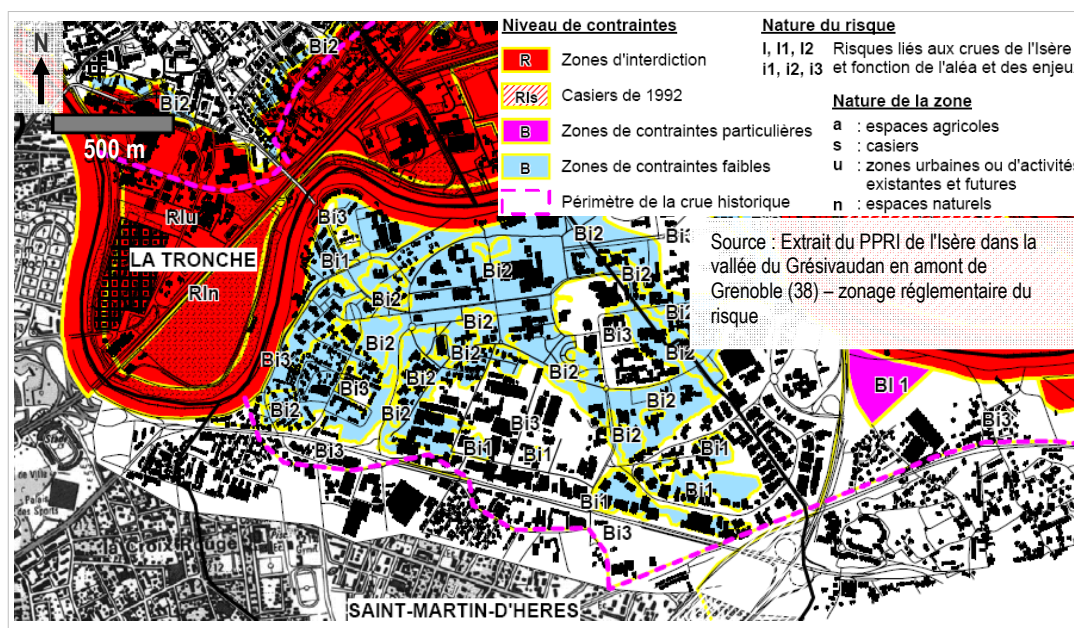
Certaines cartes pourtant très utilisées par les décideurs, comme le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), mentionnent l'emprise d'événements mais de manière vague. Dans le cas ci-dessous, le PPRI de la commune de Saint-martin-d'Hères (38, commune de la couronne grenobloise) mentionne un « périmètre de crue historique » sans préciser son année

¹²¹ Les contours des zonages au 1/25000^{ème} tracés sur 1mm, apparaissent sur le terrain comme des bandes de 25m.

¹²² Nous pourrions la nommer « granularité thématique ».

¹²³ Si le booléen entretient le vague (ex. à quel moment on admet qu'une zone est inondée ou non inondée ?), la théorie des sous ensembles flous (que nous ne développerons pas, s'éloignant de l'aspect « représentation cartographique ») permet à une valeur de se positionner dans l'intervalle [0 ; 1], permettant de graduer une réponse (Devillers *et al*, 2005).

d'occurrence (Carte 16). Nous sommes dans un cas d'imprécision sémantique de l'information.



Carte 16 : Imprécision sémantique lors de la représentation d'un périmètre de crue dans un PPR de la couronne grenobloise

Pour le cas de la CLPA en ligne (Carte 15 - haut, légende en annexe n°5), nous constatons qu'au-delà d'un niveau de zoom qui permet de visualiser très nettement les toits des bâtiments (sur le site Géoportail), les zones d'avalanches disparaissent¹²⁴.

Les sites Web qui diffusent de nombreuses informations détaillées, précises, et de l'information de second ordre, portent généralement sur quelques événements. Il s'agit de sites qui concernent une seule catastrophe (les crues de 2006 en Lorraine¹²⁵, les épisodes pluvieux et inondations du bassin méditerranéen de 2002 et 2003¹²⁶, les inondations de 1999 dans le centre et le sud de la France¹²⁷, les événements cévenols de 2002¹²⁸). Il existe peu de sites qui relatent et expliquent plusieurs événements d'un territoire ou d'un bassin versant. Tout comme peu de sites mettent en ligne de l'information à plusieurs degrés de granularité thématique. Comme nous l'avons souligné précédemment, les sites qui portent sur un seul événement sont très précis. Par contre, bien souvent, plus les sites multiplient l'information sur des événements différents, moins cette dernière est précise. Le **Dartmouth Flood Observatory**¹²⁹ est un observatoire qui met en ligne de nombreuses données sur les

¹²⁴ L'entretien du flou sur cette zone n'est pas innocent. Il s'agit de zonages qui se négocient par exemple pour la réalisation ou la révision d'un Plan de Prévention des Risques.

¹²⁵ http://3dterritoires.free.fr/SPIP/article.php3?id_article=186 et http://www.lorraine.ecologie.gouv.fr/Eau_quantite/rapport-crue-oct2006.pdf

¹²⁶ <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/histgeo/meteo/pages/catastro/inonda/nov2003.htm>

¹²⁷ http://www.ecologie.gouv.fr/ecologie/article.php3?id_article=1177

¹²⁸ <http://www.meteo60.fr/dossiers/09-09-02-cevenol/>

¹²⁹ <http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html>

événements d'inondations dans le monde entier, dont des données sur les dommages¹³⁰. De nombreuses cartes de situation, des cartes satellites des lieux inondés et des graphiques sont consultables ; néanmoins, aucune information de second ordre n'interprète les événements. Si de nombreuses cartes permettent à l'utilisateur d'observer une granularité spatiale variée, il n'en est pas de même pour la granularité temporelle. Il est alors difficile, pour les acteurs, d'accéder à une information à la fois globale, interprétée, et sur plusieurs échelles territoriales.

3.2.3.3 Cas du facteur d'incomplétude

Les « incomplétudes informationnelles » sont également nommées des « lacunes informationnelles » lorsqu'il manque des connaissances ou lorsqu'elles sont partielles (Bard *et alii*, 2003). En effet, les données peuvent ne pas être continues dans le temps : « *l'historien sait qu'il ne travaille que sur des traces et des lacunes. Ce dont il peut disposer n'est qu'une partie de ce qui a pu être produit* » (Granet-Abisset *et al*, 2002). Les lacunes informationnelles sont des périodes temporelles ou des zones dans l'espace ou des thématiques d'un objet, sans données ou très peu. Elles peuvent être dues à des événements remarquables tels que des guerres, des incendies, etc. Il peut également s'agir d'intempéries obstruant des capteurs ou simplement des informations complémentaires non produites (contextualisation). L'IDE est caractérisée par des lacunes informationnelles et des incomplétudes. Appliquée aux inondations de l'Isère, la production des documents dépend également des régimes gouvernementaux. Par exemple, la production de documents a augmenté au début du 18^{ème} et fin 19^{ème} avec la création du service hydraulique de navigation et du service d'annonce des crues. Puis cette production a diminué sous l'ancien régime où la production et la conservation ont été plus aléatoires (Lang *et alii*, 2003). Toujours dans le cas des crues, il peut également s'agir de stations de mesures manquantes sur des cours d'eau, ou présentes mais endommagées ou emportées par les eaux. Des relevés hydrographiques peuvent également être oubliés dans les archives (Payrastra *et alii*, 2006). L'incomplétude se définit alors, en partie, par rapport à une exhaustivité de l'information recueillie (Devillers *et al*, 2005).

L'incomplétude est également représentée par le manque d'information qui permettrait aux acteurs de réaliser leurs travaux de recherche ou des actions concrètes sur le territoire. Or, premièrement, certaines données et informations manquantes altèrent le sens de l'information et entravent son interprétation (ex. des cartes sans titre, des textes sans auteur). Deuxièmement, l'IDE nécessite d'être contextualisée, c'est-à-dire d'être replacée dans son contexte politique, économique, culturel et environnemental qui permet aux acteurs de comprendre certains agissements. Là encore, le travail d'historien est indispensable pour produire ce type d'information de second ordre qui figure peu dans les sites Web. La phrase

¹³⁰ Pays, localisation détaillée, rivière, début, fin, dommages (en \$), durée (jour), morts, déplacés, cause principale, cause secondaire, intervalle de récurrence, classe de gravité (classes déterminées selon les dommages causés et la période de retour), hectares inondés, Hayden Code, région affectée (en km²), magnitude de l'inondation¹³⁰, MODIS flood inundation limit file names (fichiers .tab), notes et commentaires (détaille les dommages, les pertes en \$, etc.), longitude (x), latitude (y).

de Salazar (2001) illustre bien ce manque d'information d'une manière générale : « *il n'est pas toujours facile de voir quand, à quel moment et par qui une décision est prise, mais la difficulté est simplement liée au manque d'informations disponibles* ».

L'incomplétude est souvent considérée comme une incertitude (MacEachren *et alii*, 2005 ; Thomson *et alii*, 2005 ; Skeel *et al*, 2007). Cependant, à l'inverse, la complétude à elle seule n'est pas un facteur de certitude. En effet, l'information peut être complète sur une période mais incertaine, et inversement, incomplète mais certaine. Ceci dépend des sources de cette information.

3.2.3.4 Cas des facteurs subjectifs

D'autres facteurs tels que l'objectivité de l'information, la subjectivité des experts et les désaccords des experts paraissent importants pour définir l'incertitude de l'IDE même si ces derniers sont peu quantifiables compte tenu de leur part de subjectivité.

L'**objectivité de l'information** dépend de la marge d'erreur qui existe entre la réalité et l'observation de ce qui s'est passé (ex. l'information sur les événements passés) ou, entre la réalité et le prédit (ex. la modélisation de prévision ou l'extrapolation), Figure 21. Cette marge d'erreur peut être plus ou moins importante et les informations plus ou moins exactes. Le jugement de cette marge est réalisé par les experts grâce à leurs connaissances mais aussi leur subjectivité. Si ces derniers ne sont pas en mesure de trouver les preuves d'un événement, il peut être considéré comme n'ayant pas eu lieu. Il peut être mentionné, mais les informations sur ce dernier sont quantitativement restreintes et peuvent même demeurer peu fiables. L'objectivité de l'information est également victime de l'incomplétude.

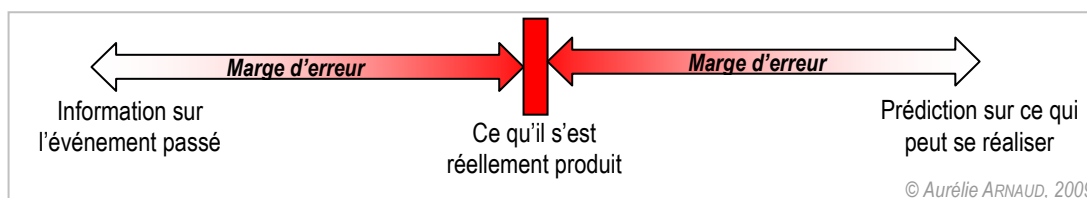


Figure 21: Des marges d'erreur qui influencent l'objectivité de l'information

La **subjectivité des auteurs** provient de leur interprétation. En effet, elle dépend de leur connaissance, qui elle-même dépend de la culture, des valeurs, des pratiques et du savoir-faire de chacun d'eux. Chaque passage d'une empreinte directe à indirecte introduit alors une subjectivité de l'expert (ex. il est à l'origine du choix de certains instruments de mesure ou des techniques de transformation de l'information telles que la modélisation, l'interpolation et l'extrapolation) ou du profane (ex. un habitant qui témoigne). De fait, l'indication du statut de l'auteur ou de l'organisme qui interprète une information, permet de renseigner le facteur d'incertitude lié à la subjectivité de l'auteur. Les lecteurs sont alors mieux avertis des bases qui fondent l'interprétation et les jugements de l'information qu'ils découvrent.

Pour une information donnée, les experts peuvent être en **accord** ou non. Ce facteur d'incertitude se nomme également la **cohérence logique**. Si les acteurs sont d'accord ; l'information paraît fiable et *vice versa*. C'est en quelque sorte la confrontation des

subjectivités de chaque expert qui fondera l'accord ou le désaccord des experts sur la véracité d'une information. Par exemple, sur la couronne grenobloise, des doutes subsistent toujours quant à l'origine de la localisation de la foire de Beaucroissant qui, autrefois située à Grenoble, aurait été déplacée suite à l'inondation de 1219.

Devillers *et al*, (2005) parle également d'**ambiguïté** issue du désaccord et du manque de spécificités (de précisions) qui impliquent du vague et de l'incertitude.

A noter que la fréquence des mises à jour est également un facteur subjectif de l'incertitude, la fréquence étant déterminée par la connaissance des scientifiques.

Ces méta-informations subjectives apparaissent rarement en ligne.

Les facteurs d'incertitude que nous considérons les plus caractéristiques de l'IDE sont au nombre de sept : l'incomplétude de l'information, la subjectivité des auteurs, la cohérence logique entre les informations, l'objectivité de l'information. Des critères de qualité s'ajoutent : l'imprécision de l'information, la fiabilité des sources et les erreurs dans la généalogie de l'information (lors de transformations). Leur relation montre que ces facteurs s'influencent les uns les autres (Figure 22).

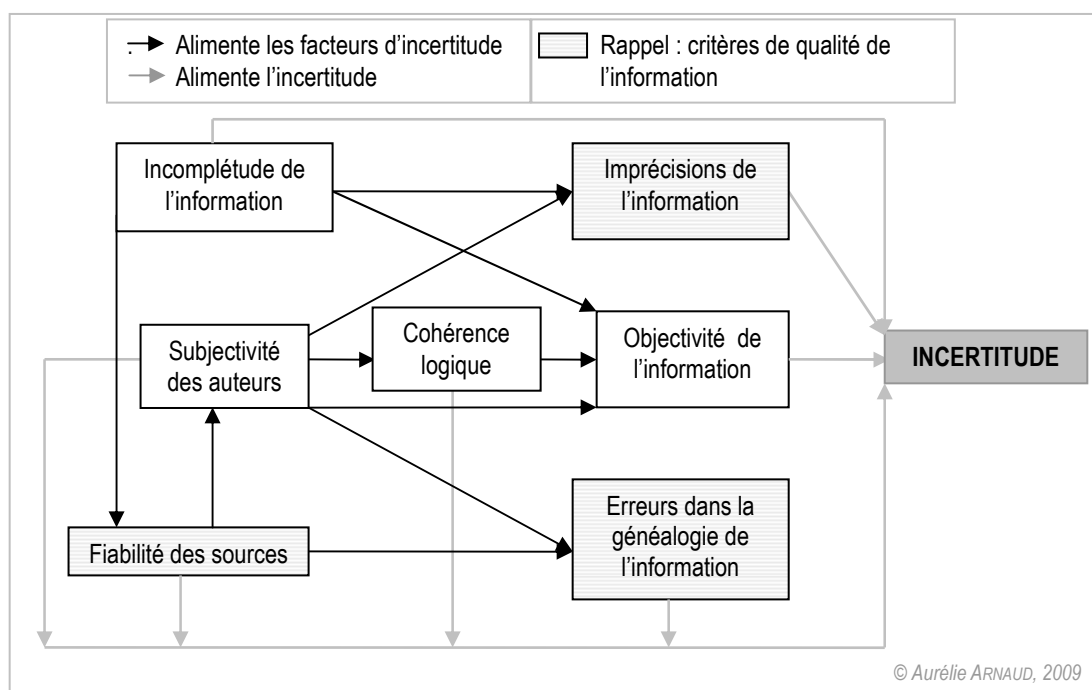


Figure 22 : Interrelations entre les facteurs d'incertitude de l'IDE

Le schéma relationnel des facteurs d'incertitude fait alors penser à un système. Celui-ci est peu valorisé en ligne.

3.2.4 Une information hétérogène

L'IDE est hétérogène au sens où elle émane de nombreux acteurs (des experts en géologie, hydrologie, histoire, géographie, etc.) et de ce fait elle est présentée sous plusieurs

représentations et plusieurs formats de documents (Turbout *et al*, 2002)¹³¹. Elle est aussi peu structurée. Cette spécificité s'applique donc au contenu comme aux supports de l'IDE, et certains indicateurs permettent ainsi de la qualifier d'information hétérogène : seul l'aspect « peu structuré » est rapidement développé ci-dessous. Les paramètres multi-formats et multi-représentations seront détaillés dans la sous-section suivante qui aborde les problèmes liés aux supports.

L'IDE pose des problèmes au niveau de sa structuration lorsque, par exemple, les scientifiques ont besoin de données et d'informations sur les événements mais pour utiliser cette information ils ont besoin de la structurer dans des bases de données pour réaliser ensuite des requêtes comme par exemple sur des ordres chronologiques ou par thème.

D'une manière générale, les sites Web affichent de l'information organisée mais pas forcément structurée. C'est à dire qu'il n'y a pas automatiquement une base de données qui permet de générer des requêtes comme c'est le cas pour les outils cartographiques. Mais lors de la navigation sur ceux-ci, la structure privilégiée peu la recherche d'information temporelle concernant plusieurs événements : la mise en évidence de la chronologie de plusieurs événements est faible. La structuration met également peu en valeur les différents formats de documents disponibles : l'utilisateur ne peut pas réaliser de requête de type « afficher tous les documents relatifs à tel événement » ou « tous les documents de tel format ».

Toutes ces spécificités font de l'IDE une information hétérogène : hétérogénéité des représentations, des formats et des lieux de la présence physique. Ce postulat est confirmé par les écrits de Turbout *et al* (2002) ainsi que Joliveau (2004).

3.2.4.1 Multi-échelles cartographiques

L'IDE possède plusieurs échelles d'observations¹³² qui s'appliquent aux trois dimensions : spatiale, temporelle et thématique. Concernant l'échelle spatiale, un objet peut s'observer à grande échelle sur une carte pour identifier sa position exacte, alors qu'à petite échelle, on observe un ensemble d'objets qui peuvent représenter la localisation de plusieurs événements ou éléments exposés. En ce qui concerne l'échelle temporelle, il peut s'agir d'une situation globale qui renseigne la position de plusieurs événements sur une certaine période chronologique plus ou moins étendue (ex. connaître tous les événements du XIX^{ème}

¹³¹ L'information géographique est hétérogène dans le sens où elle « recouvre les analyses, les synthèses et autres interprétations que peuvent faire les utilisateurs tels que décideurs en aménagement, géographes, sociologues ou économistes. L'information géographique est donc contenue dans des ensembles de données factuelles géoréférencées, mais aussi dans des documents structurés, textuels, tabulaires, cartographiques, photographiques, ou composites formés par ces divers éléments cités » (Turbout *et al*, 2002).

¹³² Nous considérons que le multi-échelle s'apparente à la granularité, mais nous préférons utiliser les deux termes pour bien distinguer les problèmes liés à l'incertitude (où la granularité implique des problèmes de définition de la précision) et à l'hétérogénéité de l'information (où le multi-échelle implique davantage le problème de la représentation graphique).

siècle). Il peut également s'agir du déroulement d'un seul événement (ex. connaître le déroulement d'un événement datant de 1219, connaître les débits pour chaque heure d'un événement). Concernant l'échelle thématique d'un objet, elle peut être une description générale ou concerner un détail très précis de cet objet.

Le possible recours à ces différentes échelles permet à l'acteur de mieux analyser l'information en fonction de ses objectifs. Si toutes les échelles de l'information sont renseignées et représentées graphiquement, l'acteur peut d'une part observer une vue générale sur les événements, et d'autre part, observer une vue détaillée d'un seul événement. Cependant, si la représentation cartographique de l'espace est fréquemment présente sur les cartes présentées en ligne elle est absente de certains formats cartographiques qui permettent seulement de zoomer et non d'accéder à de nouvelles informations plus détaillées ou plus généralisées). D'autre part, la représentation graphique du temps à plusieurs échelles figure très peu.

Nous avons déjà présenté ces problèmes d'échelles à travers l'observation en ligne des multidimensions de l'IDE et de l'incertitude, nous n'y reviendrons pas.

3.2.4.2 Une information dispersée

La dispersion de l'information résulte de la dissémination des documents. Cette spécificité représente particulièrement le cas des documents anciens qui alimentent notamment l'IDE. De ce fait, les experts, parfois exogènes à un territoire à risque, peuvent être confrontés au problème du manque d'IDE lors de la réalisation d'expertises qui demandent une connaissance très pointue du terrain. En effet, cette dispersion ralentit les travaux de recherche d'information si la connaissance des lieux est faible. Sa centralisation serait donc un palliatif. Les experts techniciens sont particulièrement gênés par cette dispersion des données ce qui impose une longue centralisation (les documents non numérisés ne peuvent être consultés qu'aux archives). L'expert, avant d'entamer son analyse, doit alors consacrer une grande partie de son travail à trouver des documents. Du côté des décideurs, ils semblent particulièrement concernés par la dispersion de l'information de premier et de second ordre : par exemple, ils évoquent souvent le manque de cartes permettant, d'une part de lire l'emprise des anciens événements et d'autre part, de lire les éléments exposés actuels. Pourtant ces informations existent. En plus de la dispersion, les documents peuvent ne pas être disponibles et peu accessibles : les documents sont déjà empruntés, ils sont non-référencés ou mal-référencés, des problèmes de confidentialité, des bibliothèques privées, etc.

Cette spécificité de l'IDE ne s'applique pas seulement aux données et aux informations anciennes, elle affecte également l'information concernant les éboulements récents sur lesquels le travail du géologue consiste à récolter de l'information qui provient des empreintes directes du territoire. Celui-ci va donc *in situ* chercher et relever les traces. Cette information provient également d'empreintes indirectes (récits d'événements, photographies, rapports d'expertises, etc.) qui orientent sa recherche d'une part, et qui d'autre part, l'alimentent en créant de l'information sur les attributs de son objet d'étude (ex. la présence

de failles, la géologie, l'histoire du climat). De plus l'IDE se communique à travers différents médias, ce qui témoigne encore de son caractère dispersé.

Les données et les informations stockées sur plusieurs documents de formats différents (support papier, analogique ou numérique) devraient être rassemblées ou centralisées sur un même support afin de diminuer l'effet de dispersion. Or, ce travail paraît peu effectué dans le domaine du risque, même avec l'avènement des technologies Web.

Nous venons de prouver que les spécificités de l'Information Dédiée aux Événements (IDE) livrent de nombreux obstacles pour sa valorisation. Malgré les apports des technologies Web et de la cartographie, des problèmes restent majeurs tels que sa dispersion, le renseignement de ses méta-informations (dont l'incertitude) et la représentation du temps ou encore d'informations concentrées en un lieu. De plus, d'autres complications se glissent pour la valoriser, mais cette fois-ci au niveau de ses supports.

3.3 Problèmes liés aux supports de l'IDE

L'IDE navigue de support en support et subit, à chaque changement, des transformations (Figure 23). Ceux-ci sont matérialisés par plusieurs formes. Les **sources**¹³³ sont des instruments d'observation ou des organismes producteurs, détenteurs des données et des informations qui sont transcrites sur des **documents**. Ces derniers prennent des aspects variés : du papier, des bandes sonores, des bandes vidéographiques, mais également du numérique. Cette information peut se stocker sur des **supports**¹³⁴ tels que des livres, mais aussi des disques durs ou des CD et DVD. Les documents possèdent des **interfaces** qui permettent aux acteurs de lire et/ou d'entendre l'information contenue (papier, écran d'ordinateur, magnétophone, écran de télévision). Ces interfaces atteignent les sens des lecteurs *via* des **médias** qui sont des moyens¹³⁵ de diffusion des **représentations** de l'information à un large public. La consultation de l'information est alors possible. Quelques supports de diffusion sont la télévision, le poste radiophonique, la presse, Internet, les archives, les bibliothèques, etc. (Figure 23).

¹³³ D'après (Brunet, 1993), la source est dotée d'une symbolique qui se rattache à celle du fondement. La source est alors le fondement de la connaissance des événements.

¹³⁴ Nous distinguons plusieurs supports de l'information : les supports de stockage (ex. livre, CD), les supports de diffusion (ex. le Web, la presse) et les supports de présentation (ex. écran d'ordinateur).

¹³⁵ « Moyens » et « supports » ne sont pas nettement distingués car les définitions se confondent souvent.

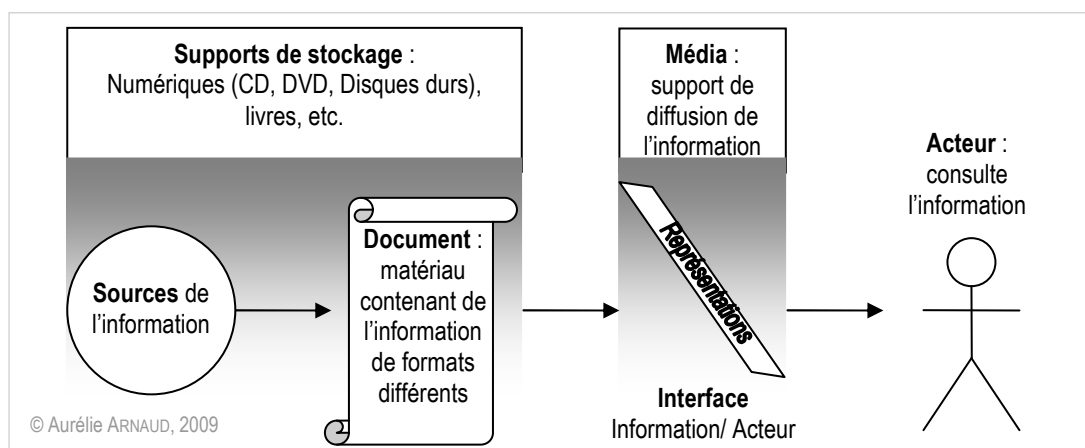


Figure 23 : Les supports de l'information

Nous rappelons que les technologies Web sont le moyen de diffusion ici privilégié et la cartographie, le mode de représentation de l'information étudiée. L'écran d'ordinateur est alors l'interface utilisée pour valider nos hypothèses dans cette dernière section.

De chacun de ces supports émane des problèmes que nous allons tenter d'expliquer dans cette sous-section : les sources présentent des fiabilités variables, les documents possèdent des obstacles quant à leur lisibilité, l'information se représente de différentes manières et les erreurs se propagent dans la généalogie de l'information.

3.3.1 Fiabilité des sources

La littérature géomaticienne parle de fiabilité, mais aussi de crédibilité des sources.

L'IDE est issue d'une ou plusieurs **sources**. Elles sont d'origines humaine (ex. un témoignage) ou matérielle (ex. un capteur). Lorsque l'on mentionne une source, il s'agit souvent de la source humaine qui produit les données ou les informations (ex. l'auteur, l'organisme). Celles-ci peuvent être des personnes qui produisent de l'IDE sous forme de résultats d'enquêtes, de témoignages, de photographies, d'inventaires, etc. Cependant, les sources existent également sous une forme matérielle : des satellites, des stations météorologiques, des appareils photographiques ou des capteurs de niveau d'eau. Les sources de l'IDE sont géographiques parce qu'elles produisent des données ou des informations géoréférencées (Brunet, 1993). Cette information est également issue de sources dites « *historiques* » (Cœur et al, 1998) lorsqu'elles sont anciennes. L'information délivrée par ces sources nécessite des interprétations de la part d'historiens et d'autres experts qui deviennent à leur tour les sources d'information de second ordre.

L'IDE sur la couronne grenobloise est produite et mise à disposition par plusieurs organismes : les services ou organismes locaux (les bibliothèques universitaires, les laboratoires et les observatoires¹³⁶) et départementaux (la DDE, la DDAF, le RTM et le

¹³⁶ Les observatoires sont des lieux équipés de capteurs et autres instruments de mesure. Par exemple, l'observatoire du LTHE (sur la rive droite de l'Isère, au niveau du campus de Saint-Martin-d'Hères, 38), est équipé de capteurs de pression de l'eau et d'une règle (pour mesurer sa hauteur d'eau), d'un saumon (pour calculer la vitesse du courant et le débit) et de capteurs de concentrations

BRGM), les services techniques des communes et des agglomérations, le ministère de l'environnement, le ministère de la culture, et les services interdépartementaux (la DIREN, l'Agence de l'eau, l'Agence de bassin, les services d'annonce de crues, l'ONF et le Service de la navigation et des voies navigables), Tableau 12. Météo-France, EDF-GDF, l'IGN, les bureaux d'étude et les entreprises spécialisées (ex. les forages d'eau potable, la construction de barrages, le BTP), les assurances, les associations de riverains et de sinistrés sont également des sources qui produisent de l'information sur la couronne. L'IDE peut aussi provenir de rapports et de dossiers techniques, d'enquêtes ponctuelles ou régulières (CLPA), d'analyses ponctuelles d'un événement ou d'un site et de travaux universitaires (Garry *et alii*, 2004). Cette liste n'est pas exhaustive. Elle témoigne encore une fois de la dispersion de l'information. Dans le cadre de nos travaux, les sources des données et des informations sur les événements inondations et éboulements sont les partenaires du projet SIHREN (cf. schéma de l'introduction générale). Il s'agit du bureau d'étude d'historiens (Acthis Diffusion), des laboratoires de géologie (LIRIGM¹³⁷) et de géographie (PACTE-TERRITOIRES), du Syndicat mixte pour l'élaboration et le suivi du schéma directeur de la région grenobloise (SMSDG) et du service de Restauration des Terrains de Montagne (RTM). Les autres sources à l'origine de l'IDE, ne sont pas exploitées dans notre étude car nous estimons avoir accès à une quantité d'information suffisante et pertinente compte tenu de nos expériences à réaliser et à valider. Cependant, ces dernières ne délivrent pas forcément de la méta-information sur les conditions de production de l'information ou encore ses incertitudes.

IDE	Sources	Disciplines	Moyens de productions
Phénomènes d'inondations	LTHE	Hydrologie	Observatoires
	Météo France	Hydrologie, météorologie	Observatoire du campus de Saint-Martin-d'Hère
	Acthis Diffusion	Histoire	Recherches en archives
Phénomènes d'éboulements	LIRIGM	Géologie	Etude sur le terrain, BD du RTM
	BRGM	Géologie	Etude sur le terrain, observatoires
	RTM	Géologie	Inventaire
	Ministère de l'environnement	Géologie	Observatoire de Saint-Bartélémy-de-Séchillienne
Dommages issus d'inondations	Acthis Diffusion	Histoire	Recherches en archives
Dommages issus d'éboulements	BRGM	Géologie	Etude sur le terrain, observatoires
Autres informations (éléments exposés, fonds de cartes)	TERRITOIRES SMSDG	Géographie	Inventaires, enquêtes

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 12 : Sources de l'IDE sur la couronne grenobloise

(pour mesurer la turbidité de l'eau : sa charge), et bientôt d'un ADCP (qui permet de mesurer le débit par effet doppler), et des surveillances existent. Les mouvements de terrains lents, tels que Séchillienne, sont surveillés. Dans le domaine des sciences humaines et sociales, les observatoires prennent la forme d'outils qui fédèrent des informations davantage qualitatives.

¹³⁷ LIRIGM : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique

Une source possède une **fiabilité** qui lui est propre. Un capteur en bon état est considéré comme une source d'informations fiables. En revanche, un enfant qui témoigne d'un événement est considéré comme une source d'informations peu fiables compte tenu de la subjectivité de ses propos. En effet, d'après Thomson *et alii* (2005), la fiabilité des sources humaines est définie selon leur performance. De plus, nous avons découvert précédemment que la création de cette information dépend de la connaissance de l'auteur. Or celle d'un enfant ou d'un amateur est limitée comparée à celle des experts et de ce fait, leur discours n'est pas systématiquement reconnu. Cette subjectivité ajoute alors une difficulté pour évaluer la fiabilité des sources, compte tenu de l'appréciation délicate des connaissances qui vont permettre d'interpréter les empreintes directes et/ou indirectes. En effet, la source peut être un expert habitué du domaine du risque, mais qui sera totalement inexpérimenté dans un autre. Des sources peuvent également embellir leur information en les rendant plus attrayantes ou plus importantes, tandis que d'autres peuvent transmettre de la désinformation comme stratagème contre un opposant. La multiplication des sources est alors indispensable pour augmenter la pertinence des informations (par des moyens de vérification, de comparaisons et de croisements) ainsi que leur certitude (ex. pour mieux prévoir les événements, les chercheurs multiplient les capteurs et observateurs, améliorant la surveillance des d'aléas et des phénomènes : ex. de l'observatoire Cevennes-Vivarais¹³⁸). Un événement tel un phénomène de crue non observé, sans source apparente, restitue tout de même quelques données par ses empreintes directes (ex. traces des hauteurs de l'eau) ou *via* des sources découvertes à *posteriori*. Mais dans ce cas, l'événement ne peut être étudié que partiellement puisque son apport en information demeure limité.

Nous rappelons que l'information sur les sources et leur fiabilité constituent des méta-informations précieuses pour les acteurs.

La présence d'information sur les sources et sa fiabilité en ligne est réduite, nous l'avons montré dans la sous section précédente. Nous ne nous y attarderons pas davantage.

L'information contenue dans les sources est ensuite interprétée par les experts qui en relatent des représentations adaptées à leurs besoins.

3.3.2 *Multi-représentation de l'information*

Les décideurs ont également un grand besoin de lire ou d'écouter l'information à travers des représentations différentes (ex. photographies, cartographies), afin de s'imprégner des menaces qui pèsent sur leur commune.

L'IDE peut se représenter de plusieurs manières selon les différents points de vue des acteurs. Il existe donc de multiples représentations d'un même objet. Nous avons remarqué que chaque acteur possédait ses propres besoins pour alimenter ses connaissances. Ces dernières influencent l'interprétation de l'information et, par là même, sa représentation mentale. Cette multi-représentation de l'information se traduit sous la forme de textes écrits

138 http://iga.ujf-grenoble.fr/territoires/programmes/observatoire_hydro.htm

qui interprètent différemment les événements (volumes différents, débits différents, etc.), sous la forme de représentations cartographiques (ex. des traits délimitant des périmètres d'extension de phénomènes positionnés différemment, des sémiologies graphiques variées), ainsi que sous la forme de photographies, de dessins d'un événement, de graphiques, etc. Tous ces documents possèdent une représentation fidèle à l'acteur qui a produit l'information. Cette représentation dépend donc du point de vue de l'acteur qui la représente sur un papier ou sur un autre support. Elle dépend également des connaissances de ces derniers en terme de méthodes, de règles (ex. sémiologie graphique, orthographe) et d'outils de représentation (ex. un Système d'Information Géographique ou un crayon)¹³⁹.

La possibilité de présenter cet ensemble d'informations et de représentations sur un même support facilite sa compréhension mais aussi aide à construire une vision objective sur un événement.

Le site Web du SYMBHI montre bien cette diversité des représentations en présentant l'inondation de l'Isère de 1859 à travers un texte et des iconographies. La densité est toutefois très limitée (deux iconographies et une demi page de texte). Les sites qui se focalisent sur un seul événement sont *a priori* les seuls à diffuser la multi-représentation des informations en associant le texte à des cartes, des photographies et des graphiques.

L'aspect multi-représentation se rencontre également lors du changement d'observation d'échelle d'une carte à l'autre. Les processus de généralisation sont nécessaires mais peu présents dans les sites Web (cf. paragraphe sur le « multi-échelles », § 3.2.4.1).

Ces représentations sont transcrites sur des documents. Quels problèmes posent alors ces derniers ?

3.3.3 *Obstacles liés aux documents*

Le terme de « document » est rarement défini. Il possède de nombreuses significations et son sens est sans cesse questionné dans les disciplines. De plus, l'avènement du numérique tend à l'éclater comme objet de recherche (Pédauque, 2003). Il convient donc de préciser notre vision de « document », puisque c'est lui qui adopte plusieurs formats : elle utilise la première définition de Pédauque (2003) qui considère le document comme un objet qui renferme de l'information. Toutefois, nous préférons parler de document comme « matériau de stockage » de l'information. « Matériau » est utilisé pour distinguer ce support d'information du support de diffusion. Le document a commencé par être une pierre, une feuille de papier puis un livre, sur lesquels figuraient des représentations (écritures, cartes). Puis le support a évolué, avec l'apparition de pellicules et de bandes audiovisuelles contenant des photographies, du son, ou bien encore des films. Ces derniers reflètent une

¹³⁹ Dans un langage informaticien, on parle de « modèles multi-représentation de données spatiales ». Ils permettent « une gestion cohérente de plusieurs représentations des mêmes entités spatiales » (El Adnani *et alii*, 2001). Les recherches actuelles se concentrent sur les différentes représentations possibles d'un même objet (Motet, 2002 ; El Adnani *et alii*, 2001). Ce volet qui relève du domaine informatique n'est pas exploré.

représentation de l'auteur. Enfin, de l'analogique au numérique, se trame une révolution dans la définition de document. En effet, les multiples matériaux de stockage tendent à s'uniformiser en un seul : le disque sur lequel on inscrit des chiffres (le numérique). Cette structure contient de l'information qu'elle soit sous la forme de données brutes, ou qu'elle prenne la forme de représentations plus élaborées (images virtuelles). Cette rapide description de l'évolution de la notion de document nous aide à analyser certains problèmes posés par l'IDE. En effet, celle-ci est constituée de toutes sortes de supports et de représentations. Par exemple, l'information historique, issue d'archives, est inscrite sur un support papier (ex. livres, papiers photographiques) alors que l'IDE plus récente se stocke numériquement. Cette technique contemporaine peut se réaliser sur des disques (avec toujours autant de représentations), dans des documents de formats numériques différents (nommés aussi fichiers), qui peuvent être fonction de la représentation : une image s'enregistre numériquement sous un format .jpg ou .bmp, une carte sous un format .mif ou .mid, un texte sous un format .doc ou .txt, etc.

La lisibilité des documents dépend de multiples facteurs (§ 3.3.3.1) tandis que le support numérique les rassemble pour favoriser une autre lisibilité (§ 3.3.3.2).

3.3.3.1 Lisibilité des documents

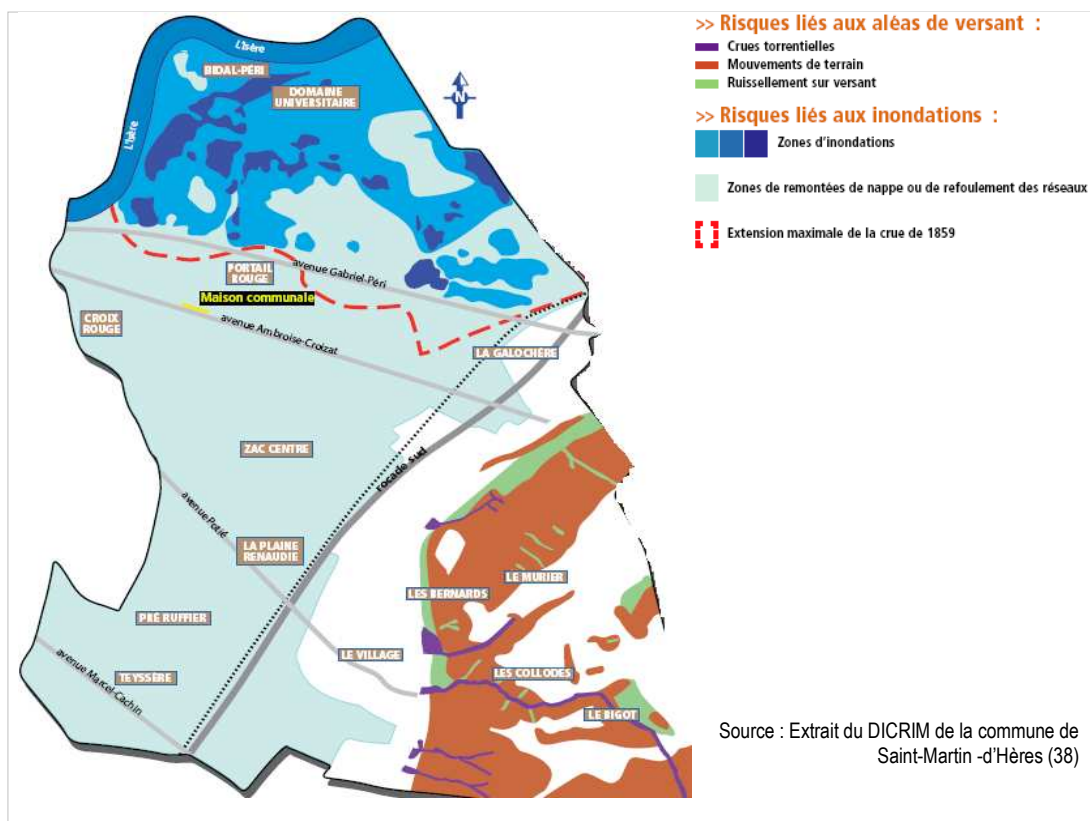
Ces supports qui stockent l'information peuvent faire apparaître des degrés de lisibilité variable souvent provoqués par des détériorations liées au temps (chronologique) ou aux intempéries. En effet, les documents anciens, mais aussi plus récents, se dégradent avec le temps. Par exemple, les supports papier ont une très longue durée de vie (de l'ordre de la centaine d'années) mais s'endommagent rapidement lorsqu'ils sont soumis à l'humidité ; tandis que les supports numériques tels que des CD, possèdent une durée de vie moyenne de cinq à dix ans mais ne cohabitent guère avec la chaleur. Ces documents endommagés contiennent alors de l'information inexploitable (ex. texte effacé, bande sonore peu audible).

La lisibilité réduite des documents peut également provenir d'un problème à la source, lors de la production de l'information (ex. photographie floue) ou de sa reproduction (ex. photocopie ou scanner de mauvaise qualité). Revenons aux documents numériques : nous venons de découvrir que les anomalies qui dégradent leur lisibilité ont parfois pour cause les conditions de stockage (ex. la chaleur), mais ces documents peuvent également subir une détérioration lors de leur enregistrement sous format numérique. Enfin, l'information, numérisée, demeure parfois illisible à cause des technologies actuelles, non compatibles avec les technologies d'hier. Le format de stockage de l'information sur le document peut s'avérer rapidement obsolète, illisible par les systèmes d'exploitation actuels. Des quantités de mesures précises sont ainsi laissées de côté, devenues inutilisables et donc inutilisées (Garry *et alii*, 2004).

Concernant la couronne grenobloise, la pratique la plus courante des organismes tels que la DDE Isère et le RTM durant ces dix dernières années, était de stocker l'information en la gravant sur des CD et sur des DVD. Or, ces derniers ayant une durée de vie très limitée par rapport à celle du support papier, de nombreuses données géographiques ont ainsi été

perdues.

Outre les intempéries, le temps chronologique, la production, la reproduction, et la compatibilité ; la lisibilité des documents peut provenir d'une représentation graphique inadaptée. Dans le cas du DICRIM de la commune de Saint-Martin-d'Hères (38), la cartographie de l'extension de la crue de 1859 apparaît, mais le fond de carte est simplifié à tel point que le lecteur se repère avec difficulté (Carte 17). La carte est alors difficile à lire : les habitants de la commune et les décideurs peuvent rencontrer des difficultés à s'identifier à cette carte du fait qu'ils ne peuvent pas aisément repérer leurs lieux de vie (habitat, lieu de travail, lieux de loisirs, etc.). Les repères sont vagues (noms de quartiers). Certains bâtiments remarquables comme les églises et les écoles n'apparaissent pas non plus. Les individus ont alors du mal à se projeter dans le passé et à imaginer si, par exemple, la crue de 1859 avait inondé leur immeuble.



Carte 17 : Problème de lisibilité de la carte

3.3.3.2 Multi-formats numériques

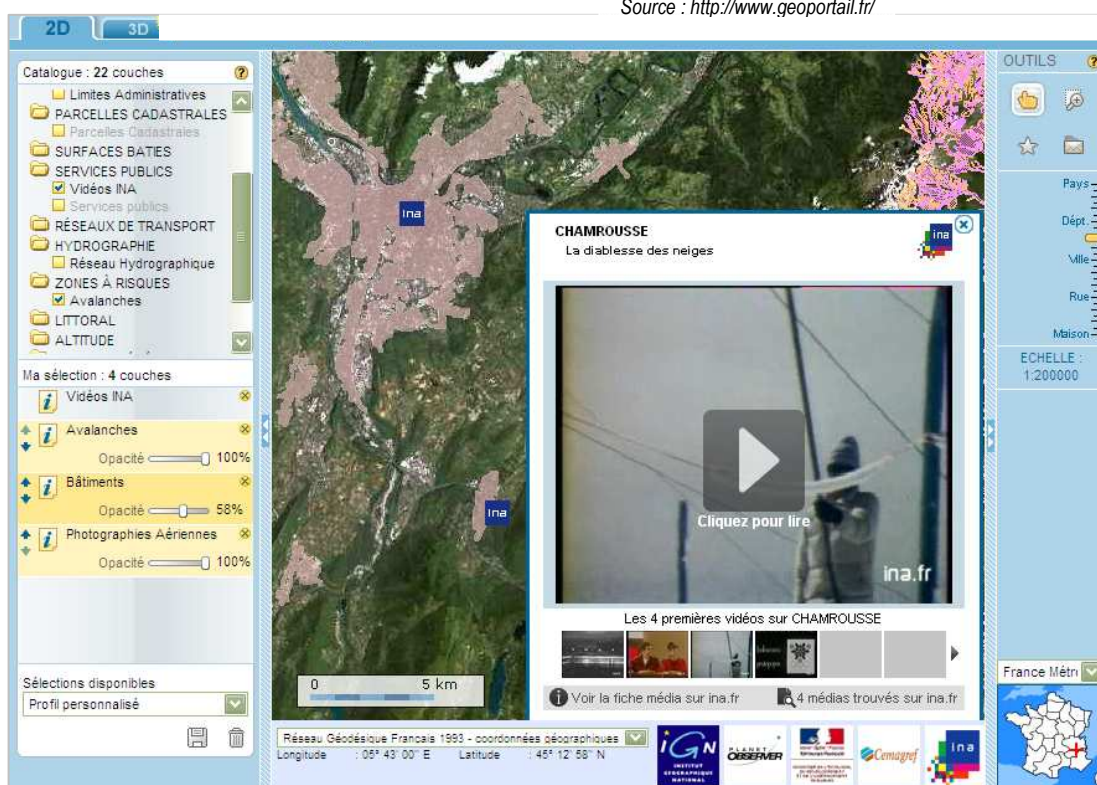
D'un point de vue informaticien, les différentes représentations sont enregistrées sur des documents qui prennent la forme de formats numériques adaptés : par exemple un tableau est enregistré sous un format *Excel* (.xls), un texte sous un format *Document* (.doc) ou *Texte* (.txt), etc. Nous admettons que l'IDE est multi-formats puisque les informations dont nous disposons possèdent des représentations différentes qui nécessitent leur stockage sur des documents de formats variés. Ce caractère multi-formats peut aussi être présenté comme une

dimension multi-média au sens de Peterson (1999b) que nous écartons ici¹⁴⁰.

La difficulté est alors de réunir tous ces formats sur une même interface afin de faciliter leur consultation. Si la centralisation des formats ne pose pas de problème technique, leur affichage paraît plus délicat.

Les sites Web qui présentent plusieurs formats de documents dans lesquels sont stockés l'IDE tels que d'anciennes photographies et des témoignages, sont peu nombreux. Toutefois, sur la couronne grenobloise, le site de l'Enquête Permanente des Avalanches (EPA) du Cemagref¹⁴¹ met en ligne l'ensemble de l'histoire des avalanches et leur cartographie (Cartes de Localisation des Phénomènes Avalancheux - CLPA). Les cartes et les photographies utilisées pour l'enquête afin de localiser les événements sont consultables, sans toutefois valoriser la liaison entre les cartes et les témoignages liés aux avalanches : par exemple, un clic sur « EPA » inscrit sur une carte donnerait accès à l'information textuelle de l'« EPA » correspondante. Ailleurs sur l'hexagone, de nombreuses photographies des inondations de la Seine en 1910¹⁴² sont également consultables. Cependant, les acteurs conservent des difficultés à rassembler toute l'information sur les événements passés sur une même interface.

Source : <http://www.geoportail.fr/>



Photographie 3 : Affichage de formats de documents variés sur Géoportail

¹⁴⁰ Ce dernier considère qu'une information multi-média est une information diffusable par plusieurs médias.

¹⁴¹ <http://www.avalanches.fr/>. L'enquête est organisée par l'ONF depuis 1900, et appuyée par le Cemagref.

¹⁴² http://lefiledutemps.free.fr/crue_1910/index.htm

Toutefois, l'utilisation de l'interactivité d'outils cartographiques vient en aide pour résoudre ce problème. Par exemple, un clic (ou un passage de la souris) sur un point ou une zone de la carte ouvre une info-bulle (ex. Géoportail et Google Map). Celle-ci comporte du texte ou des images. Géoportail affiche même des vidéos de l'INA (Institut National des Archives) sur Chamrousse (massif de Belledonne, 38), Photographie 3. Cependant, l'information contenue dans les info-bulles comporte difficilement de longues descriptions. Il est par exemple difficile d'introduire un tableau de données puisque sa lisibilité risque d'être réduite selon la taille de la bulle, même avec un système d'ascenseur.

Un autre effet d'interactivité sur la carte vient en aide grâce à l'ouverture d'une fenêtre supplémentaire qui affiche des documents d'autres formats. Par exemple, Google Map (Photographie 2, gauche) affiche du format *Texte* dans une fenêtre qui se démultiplie automatiquement de sa fenêtre cartographique principale. Ceci permet à l'utilisateur de conserver une vue d'ensemble de la carte et de juxtaposer plusieurs formats de documents.

Entre la fiabilité de la source, les obstacles liés aux documents et l'information lue par les acteurs sur une interface, s'introduit une série d'opérations sur l'information qui entraîne encore divers problèmes.

3.3.4 Problèmes liés à la généalogie de l'information

Nous avons vu précédemment que la généalogie de l'information se nomme également « lignée » ou encore « traçabilité »¹⁴³ de l'information. Ces termes désignent l'ensemble des processus qui permettent à l'information de voyager d'un support à l'autre. Cependant, ces derniers sont contrariés par des problèmes qui empêchent une bonne lecture finale ou une réutilisation de l'information.

Des **erreurs** peuvent affecter la qualité de l'information en s'introduisant **dans sa généalogie**. Les classifications sont multiples (Deville *et al*, 2005), celle que nous présentons ci-dessous tente modestement d'être claire par rapport aux erreurs possibles :

- la récolte (ou la collecte) des données et des informations se réalise sur le terrain (ex. des enquêtes, des relevés, des mesures, des comptages) ou en étudiant des documents tels que des cartes, des articles ou des tableaux de mesures. Celle-ci est parfois altérée à cause de l'exhaustivité et/ou de la représentativité d'un échantillonnage insatisfaisant, de l'incomplétude de l'information, de nuages devant un satellite ou encore d'un thermomètre en plein soleil ;
- le stockage de l'information a une qualité qui dépend de l'aptitude du support à contenir certaines informations ;

¹⁴³ La *traçabilité* est le parcours suivi par les données et les informations. Ces étapes de transformation sont : source / collecte / traitement / transformation / traduction / diffusion.

- le traitement de l'information peut contenir des méthodes d'analyse non adaptées aux données, ou une mauvaise utilisation d'outils statistiques, ou encore des défaillances d'outils cartographiques¹⁴⁴ ;
- la transcription des empreintes d'un événement, tout comme la transcription d'anciens documents sur de plus récents¹⁴⁵ sont peu homogènes dans le temps et dans l'espace. Des unités de mesures changeantes, de même que des vocabulaires instables d'une époque historique à l'autre ou d'une région à l'autre, aboutissent à des descriptions variées et hétérogènes, et donc plus difficiles à comparer. Par ailleurs, la tentative de retranscrire très précisément d'anciens périmètres de phénomènes sur de nouvelles cartes dont la projection cartographique est différente de celles d'aujourd'hui, engendre des tracés erronés. En ce qui concerne l'interprétation d'images ou de textes historiques, celle-ci peut également introduire de l'incertitude du fait de la subjectivité des experts. En effet, l'information ou directement les traces d'un événement sont interprétées d'une certaine manière : grâce aux connaissances du contexte historique, à la fraîcheur des informations, à la mémoire de l'expert, à son ouverture d'esprit, et à sa capacité à la tromperie.

Une réflexion sur la manière dont sont présentées ces méta-informations en ligne a été menée dans la sous-section précédente (cf. § 3.2.2). Nous n'y reviendrons pas. Cependant, une étude de Mouren (2004) paraît intéressante : l'auteur s'interroge sur la capacité du numérique à conserver les sources et leurs dates. En effet, avec le numérique, l'information finale multiplie les sources. Or l'IDE adhère à ce cas, lorsqu'elle subit de multiples interprétations inscrites sur de nombreux documents qui appartiennent à des sources très variées, mais également issues de connaissances d'experts multiples.

La **possibilité de réutiliser l'information** est entachée par deux problèmes : l'un porte sur le format de récupération de l'information, où sa compatibilité avec les outils informatiques va dicter son degré de réutilisation¹⁴⁶. L'autre concerne directement le contenu de l'information, où les unités de mesures utilisées d'un format à l'autre ralentissent considérablement la réutilisation de l'information (ex. la projection cartographique).

Tous les supports ne permettent pas la réutilisation directe de l'information. Par exemple, les formats des cartes variés rendent la réutilisation de l'information difficile : par exemple, le PPR de Saint-Martin-d'Hères (38) disponible en ligne en format *raster* (dans notre cas il s'agit d'une image .pdf, Carte 16), doit être entièrement re-numérisé dans un SIG sous un format *vecteur* avant d'être réutilisable.

¹⁴⁴ Ces outils permettent, à partir des données et d'informations, de produire de nouvelles informations.

¹⁴⁵ Exemple : une carte ancienne retracée sur une carte récente

¹⁴⁶ Comme nous l'avons évoqué dans le paragraphe sur la lisibilité des documents, la compatibilité des formats des documents numériques pose problème. En effet, d'anciens formats peuvent ne plus être compatibles avec des formats récents. Ce phénomène est amplifié avec la rapide évolution des technologies liées au numérique.

La récupération de données du Web dans un but de les réutiliser, peut se réaliser sous forme de téléchargement de tableaux de valeurs. Cependant, seuls 10 % des sites¹⁴⁷ que nous avons étudiés permettent cette pratique. Quant à l'extraction des informations cartographiques sous forme de données réutilisables (ex. formats vecteur), elle est très rare. L'utilisateur peut cependant récupérer des fonds de carte vectorisés sur des sites génériques (ex. Philcarto) et même de l'information sur les occupations des sols (ex. données Corine Land Cover). Il peut également copier/coller la carte sous un format image puis la vectoriser à l'aide d'un SIG. Cette opération a toutefois une fiabilité limitée, introduisant de nombreuses incertitudes dont l'imprécision, et demeure temporellement très longue.

Concernant la **maintenance** de l'IDE, les erreurs de transformations proviennent de plusieurs causes : la structure qui varie, les champs des bases de données ajoutés ou supprimés, les unités de mesure, les titres des champs, etc. Le COGIT (de l'IGN) et plus particulièrement l'équipe qui travaille sur les questions de gestion des évolutions dans les Bases de Données Géographiques (BDG) tentent de remédier à ces problèmes (Bédard *et alii*, 2002).

La mise à jour de l'information des sites Web est une tâche qui n'est pas systématiquement réalisée de manière régulière. En effet, certains sites inscrivent une date des dernières mises à jours mais souvent elle s'avère peu récente (une semaine, voire quelques mois ou quelques années). La mise à jour des données nécessite alors parfois la liaison directe des sites avec les stations de mesures. Rappelons qu'une fréquence réduite des mises à jour insère de l'incertitude à l'information.

Les spécificités du contenu de l'IDE et de ses supports, ralentissent sa compréhension et son accessibilité. Les problèmes pour la valoriser sont alors multiples ; cependant, nous avons relevé un certain nombre de solutions délivrées par les technologies Web et la cartographie. La sous-section suivante développe cet aspect de manière transversale.

3.4 Capacité des technologies Web et de la cartographie à valoriser l'IDE

Les deux sous-sections précédentes ont exposé des problèmes de valorisation de l'IDE liés à son contenu et à ses supports. L'objectif est maintenant d'évaluer si les technologies Web et la cartographie sont bien exploitées.

Pour cela, une première partie présente les apports et les limites des technologies Web dans la valorisation de l'IDE, tandis qu'une seconde partie se consacre aux apports et aux limites de la cartographie de l'IDE en ligne.

¹⁴⁷ Des 89 sites étudiés.

3.4.1 Apports et limites des technologies Web

D'après les diverses illustrations des sous-sections § 3.2. et § 3.3, les technologies Web permettent d'afficher plusieurs spécificités de l'IDE, mais ces technologies sont-elles bien exploitées pour la valoriser (§ 3.4.1.1.) ? Le Web donne également la possibilité aux acteurs de consulter une information adaptée à leur connaissance. Cet atout est-il bien maîtrisé (§ 3.4.1.2.) ? Enfin, l'environnement interactif offert est-il bien exploité pour valoriser l'IDE (§ 3.4.1.3.) ?

3.4.1.1 Etat des capacités des technologies Web

La présentation des temporalités, de la granularité de l'information, de la méta-information, la réutilisation de l'information et les organisations multiples de cette dernière sont des spécificités de l'IDE et de ses supports potentiellement valorisables grâce aux technologies Web.

Le Web met le plus souvent en évidence deux facettes de la dimension temporelle : l'évolution d'un événement et la chronologie de plusieurs événements. Peu de temporalités sont visibles alors que les cartes animées et dynamiques semblent adéquates pour en observer davantage.

La granularité informationnelle de l'IDE s'affiche à travers la présentation d'un grand nombre d'informations précises sur :

- un ou plusieurs objets liés à un ou plusieurs événements (ex. des tableaux de données, des descriptions) ;
- des informations de second ordre, habituellement fournies mais moins précises¹⁴⁸ lorsque ces dernières concernent le contexte d'un ensemble d'événements (contexte de risque : géologie, hydrologie ; contexte économique ; sociopolitique ; etc.) ;
- des informations stockées sous plusieurs formats de documents.

Toutefois, peu de sites présentent l'ensemble de ces qualités.

Les méta-informations en ligne peuvent se traduire par l'information des incertitudes de l'IDE, des mises à jour et d'informations sur l'identification de cette dernière (source, format, auteurs, etc.). Cependant, seules les méta-informations d'identification et de maintenance figurent couramment sur les sites.

La récupération des données et des informations permet de télécharger des fichiers de formats différents. Toutefois peu de sites proposent des formats téléchargeables aisément réutilisables.

L'analyse des problèmes révèle aussi que l'information des sites est organisée de plusieurs sortes. Les sites sous forme de page Web décrivent souvent un seul événement avec de nombreuses interprétations de l'information. D'autres types de sites présentent également de nombreux événements mais l'information n'est pas interprétée et demeure peu détaillée. Les sites cartographiques quant à eux permettent une observation très précise des emprises des événements au détriment de la dimension thématique. Enfin, les sites de type

¹⁴⁸ Dans le sens chiffre à virgule et description très détaillée d'un objet

Base de Données (ex. Sisfrance), délivrent de nombreuses informations, mais ces dernières ne sont pas interprétées, peu d'informations de second ordre y figurent.

Les technologies Web présentent alors un potentiel de présentation de ces spécificités non exploité.

3.4.1.2 Adaptation des sites Web aux utilisateurs

Les sites Web sont consultables par tout public, cependant, quelques uns possèdent des informations adaptées à certains acteurs plus qu'à d'autres, afin d'améliorer la compréhension de l'information. Des sites semblent destinés aux experts scientifiques, tandis que d'autres sont plus spécifiquement orientés vers les décideurs ou le grand public. Cet aspect est important. Par exemple, un décideur qui doit réaliser un DICRIM doit se procurer de l'information claire et vulgarisée (ex. le memento du maire¹⁴⁹). D'un autre coté, peu de sites s'adressent aux experts scientifiques, c'est-à-dire des sites qui délivrent un accès à des données et des informations précises avec la possibilité de les télécharger dans des formats réutilisables (seulement 6% des sites le permettent : Météo-France et la NASA), mais aussi avec des méta-informations très complètes. En effet, peu d'entre eux mettent en ligne des documents spécialisés (rapports scientifiques et rapports d'expertises). La base de données CATNAT¹⁵⁰, l'observatoire DFO (Dartmouth Flood Observatory)¹⁵¹, la base de données nationale du BRGM sur les mouvements de terrains (BDMvt¹⁵² et InfoTerre¹⁵³), la base de données Relief Web¹⁵⁴ et la Charte Internationale ECM (Espace et Catastrophes Majeures)¹⁵⁵ s'inscrivent toutefois dans cet esprit. Cependant, seulement un nombre restreint de sites permet de télécharger, d'afficher des documents anciens et des représentations diversifiées. En revanche, d'autres sites présentent uniquement des cartes et des images satellites d'événements, mais comme nous l'avons déjà souligné, ils manquent d'informations de second ordre interprétant ces images (PPR, AZI - Atlas des Zones Inondables -, CARMEN, NOAA¹⁵⁶ publient les images satellites de la terre depuis 1974, Workingham¹⁵⁷ et le site d'information météorologique espagnol InfoMet¹⁵⁸ et

¹⁴⁹ <http://www.mementodumaire.net/>

¹⁵⁰ <http://www.catnat.net>

¹⁵¹ <http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html>

¹⁵² <http://www.bdmvt.net>

¹⁵³ <http://infoterrebeta.brgm.fr/>

¹⁵⁴ <http://www.reliefweb.int/rw/dbc.nsf/doc100?openForm>

¹⁵⁵ http://www.disasterscharter.org/disasters_f.html. Cette charte s'est fondée en 1999. Elle offre un « système unifié d'acquisition et de livraison des données satellites dans les cas de catastrophes d'origine naturelle ou humaine par l'entremise d'utilisateurs autorisés. Chaque agence membre s'engage à fournir des ressources à l'appui de la Charte et contribue ainsi à atténuer les répercussions de telles catastrophes sur la vie des gens et la propriété. »

¹⁵⁶ <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/rsad/gibbs/gibbs.html>

¹⁵⁷ <http://www.woksat.info/wos.html>

¹⁵⁸ <http://infomet.am.ub.es/infomet/arxiu/meteosat/>

Météosat¹⁵⁹ publient les images satellites de l'Europe). Les sites qui localisent les aléas sont nombreux (33% des sites étudiés : ex. CartoRisque¹⁶⁰), toutefois, très peu retracent des limites d'événements passés (1,5% : ex. CLPA) pourtant très utiles aux acteurs¹⁶¹. Ces derniers ont à leur disposition quelques PPR en ligne et certains AZI, qui permettent de visualiser les anciennes limites de crues. Néanmoins, ces informations demeurent rares et parfois imprécises (quelques points de niveaux d'eau). Ces sites n'associent pas d'autres types de représentations au texte. Parmi les DDRM en ligne, qui en théorie informent sur l'histoire des événements et des accidents connus, deux tiers d'entre eux mettent en ligne l'information sur les événements passés sous la forme de quelques lignes descriptives. Quant aux DICRIM en ligne, qui en théorie précisent l'histoire des événements et des accidents significatifs à l'échelle de la commune, dont les repères des plus hautes eaux connues¹⁶², 20% d'entre eux ne remplissent pas ce critère. Lorsque l'histoire est présente, elle se restreint à des photographies titrées ou à des tableaux récapitulatifs, ou encore à quelques lignes de texte. Ces sites sont très peu interactifs et manquent d'attrait pour les Internauts visés.

Toutefois, sur la couronne grenobloise, l'IRMA¹⁶³ est une association qui informe les décideurs et le grand public des risques naturels et industriels ainsi que des événements et catastrophes dans le département de l'Isère. Elle tient une veille qui est publiée sur le net : « Revue de presse et veille documentaire ». Les événements et catastrophes sont recensés et décrits depuis 2001. Des photographies illustrent les données. La base de données de l'Institut des Risques MAjeurs (IRMA) est aisément consultable *via* des requêtes textuelles¹⁶⁴. Ce site s'adresse aux décideurs qui demandent régulièrement à l'association des renseignements sur les événements et de l'aide pour réaliser leurs PPR, DICRIM et PCS (Plan Communal de Sauvegarde)¹⁶⁵. Cependant, les données et les informations ne sont pas extractibles sous des formats réutilisables. Toujours concernant la mise en ligne de l'IDE dans la couronne grenobloise, le SYMBHI (cf. décrit en première partie) informe de l'histoire des événements inondations de l'Isère¹⁶⁶. Ce sont de véritables récits, mais courts : une demi-page illustrée d'iconographies.

3.4.1.3 Interactivité, efficience et affichages

Tout d'abord, rappelons quelques éléments de la sous-section § 3.1 : l'interactivité offerte en ligne permet à l'utilisateur des sites de naviguer grâce à des objets hyperliés d'information en information. Les technologies Web proposent également la possibilité de

159 Les images de Météosat sont accessibles depuis 1996 et payantes de 1976 à 1996.

160 <http://cartorisque.prim.net/>

161 Plus précisément aux experts techniciens et aux décideurs

162 Décret n° 2005-233 du 14 mars 2005 pris pour l'application de l'article L. 563-3 du code de l'environnement et relatif à l'établissement des repères de crues.

163 <http://www.irma-grenoble.com>

164 http://www.irma-grenoble.com/04risques_isere/03memoire_base.php

165 L'IRMA propose d'ailleurs des formations sur ce sujet

166 <http://www.symbhi.fr/10069-l-isere-et-son-histoire.htm>

naviguer dans des outils qui offrent diverses fonctionnalités (ex. le déplacement sur une carte, une légende interactive). Enfin, les technologies Web permettent des affichages d'interfaces statiques mais aussi animées et dynamiques (animées et interactives).

Concernant la navigation et l'affichage de l'IDE sur les sites, certains utilisent une carte interactive comme moyen de première approche de l'information, en la positionnant sur la page de présentation du site (page *index*). Ceci permet de situer l'utilisateur en un temps très réduit (quelques secondes). Par exemple, la base de données du BRGM sur les mouvements de terrain (Bdmvt) présente une carte de France avec une variable quantitative (ex. carte chloroplète en fonction du nombre d'événements). Lorsque l'utilisateur clique sur une unité territoriale (la région), il a accès à des tableaux de données, à des fiches descriptives ainsi qu'à des photographies. Les sites du gouvernement français sur la vigilance des crues¹⁶⁷, et du gouvernement des Etats-Unis sur la surveillance géologique¹⁶⁸ sont construits sur ce même principe. Ce type de carte interactive peut également figurer au sein même du site comme par exemple les cartes d'état d'avancement des PPR sur le site de l'IRMA. Ce mode de navigation est apprécié puisqu'il permet à l'utilisateur de repérer et de sélectionner directement la zone dans laquelle l'utilisateur désire s'informer.

A propos de l'efficacité (la proposition de fonctionnalités pour réaliser des requêtes spatiales, temporelles et thématiques), les fonctionnalités sont peu diversifiées. Hors mis le choix de localisation des territoires que l'utilisateur désire observer, le choix d'une période temporelle et le choix du type de risque ou d'événements, elles demeurent limitées.

Les technologies Web apportent considérablement au niveau de la navigation, de l'efficacité et de l'affichage de l'information. Pourtant, nous venons de découvrir que la capacité maximale offerte par ces technologies n'est pas totalement exploitée¹⁶⁹. La cartographie ouvre-t-elle également des portes ? Ces perspectives sont-elles exploitées ?

3.4.2 Apports et limites de la cartographie en ligne

Les sites Web contenant des cartes, offrent des moyens de navigation élaborés, une efficacité développée et des affichages esthétiques, ce qui accroît considérablement la compréhension de l'information. L'utilisateur peut affiner ses requêtes en renseignant par exemple des dates et des noms de lieux. L'accès à l'information est alors très rapide, de même que la cartographie est largement diffusée. Une première partie montre les apports des technologies Web spécifiquement dans la cartographie des événements, tandis qu'une seconde partie révèle les maux de la cartographie en ligne.

¹⁶⁷ <http://www.vigicrues.ecologie.gouv.fr/>

¹⁶⁸ USGS, <http://ak.water.usgs.gov/glaciology/>

¹⁶⁹ Par exemple, la navigation fait défaut lors de la recherche d'information sur certains AZI, sites du gouvernement : AZI du Gard (30).

3.4.2.1 Etude des capacités des technologies Web à valoriser l'IDE cartographiée

Pour commencer, la **présence des objets spatialisés** peut révéler plusieurs aspects : les objets se représentent en ligne à travers la localisation ponctuelle ou linéaire d'un ou plusieurs événements, l'emprise précise d'un ou plusieurs événements, enfin, la localisation des dommages dont les éléments exposés de type ouvrages de protection (ex. digues, paravalanches) et éléments à forts enjeux (ex. ponts, barrages, usines chimiques). Cependant, nous avons découvert que le choix des objets correspond peu aux besoins des acteurs décrits dans la deuxième section de ce chapitre puisque les dommages sont peu localisés, les ouvrages à enjeux sont peu représentés et les éléments exposés apparaissent seulement sur des fonds de cartes inactifs, sur lesquels l'utilisateur ne peut pas cliquer.

Concernant l'**adaptation des outils cartographiques aux utilisateurs**, certaines cartes en ligne sur les événements de la couronne grenobloise sont précises et complètes en matière de zonage (ex. la CLPA sur Géoportail¹⁷⁰, dont l'objectif du site est de faire connaître le territoire au grand public, Photographie 3 et Photographie 4), et donc très utiles aux experts et décideurs. Cependant, ces acteurs ont davantage le réflexe de consulter des sites Web qui leur sont dédiés (ex. Cartorisque, le site du gouvernement qui cartographie le risque), alors que ce site met en ligne une cartographie des zonages de risque, dont les zonages CLPA, qui demeurent incomplets. Ce constat témoigne d'un manque de lisibilité des sites et des types d'informations qu'ils divulguent, mais surtout d'un manque d'adaptation de l'information aux utilisateurs visés.

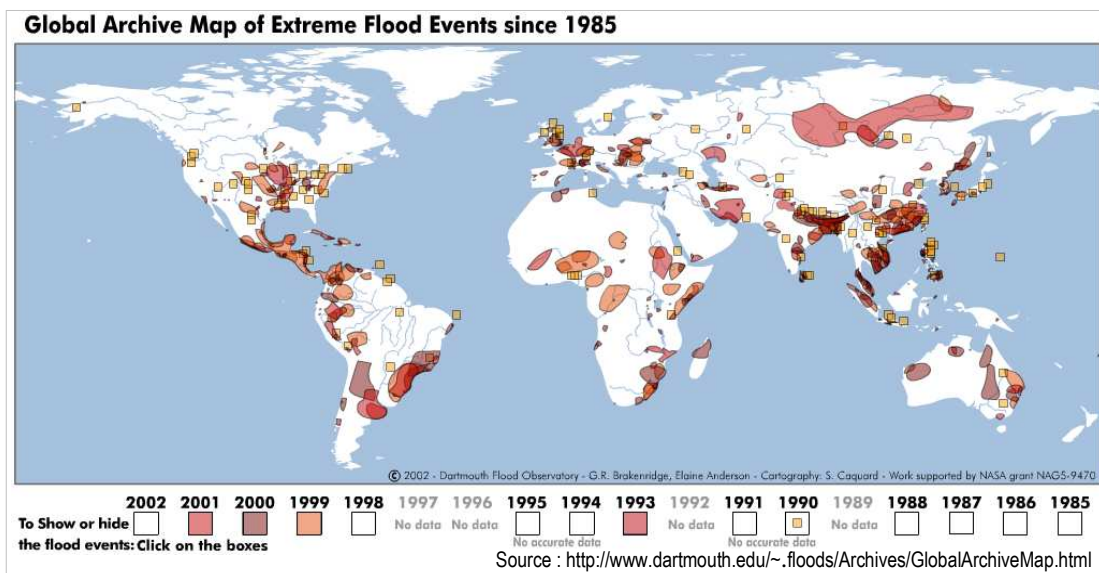


Photographie 4 : Interactivité de l'outil Géoportail

¹⁷⁰ Site appartenant à l'Institut de Géographie Nationale (IGN), <http://www.geoportail.fr/>.

Coté **navigation, efficience et affichage de l'IDE cartographiée**, nous notons que l'élaboration des sites qui proposent des outils cartographiques n'est pas simple : dans le cas de sites appartenant à une commune, « *les contraintes sont d'afficher des cartes adaptées au grand public, avec des interfaces simples, pour l'accès à l'information pour un maximum d'habitants* » (Durand, 2003). Dans ces outils, on retrouve la légende interactive avec des onglets et des cases à cocher pour afficher des couches d'information, parfois à visibilités variables (en faisant jouer la transparence à l'aide d'un curseur). On rencontre également des fonctionnalités telles que le zoom sur la carte qui permet de découvrir de nouvelles couches d'information pré-choisies (Durand, 2003 et observable sur Géoportail). Le retour direct à une vue générale, une imagerie de position, des liens vers des documents d'autres formats qui s'affichent dans une fenêtre à part sous forme d'onglet, et une aide pour l'utilisateur, sont également des fonctions courantes qui se retrouvent dans les outils cartographiques. Les outils cartographies en ligne les plus aboutis sont sûrement Géoportail du gouvernement français et Google Earth des Etats-Unis. Outre leur accès à l'information localisée, ils présentent une grande diversité d'interactivités. La légende peut se présenter sous forme de menus déroulants. Géoportail affiche même des vues en 3D avec une animation du déplacement d'un point à l'autre (Photographie 4) ! Cet outil permet également aux décideurs et aux experts d'afficher des zones d'avalanches CLPA sur un fond de carte topographique au 1/25000^{ème} en couleur¹⁷¹, puis d'afficher les mêmes zones avec un fond orthophotographique pour mieux se repérer. Un clic dans une légende ou sur des boutons offre aussi l'accès à des cartographies d'objets qui se plaquent sur la carte courante.

Le site de l'Observatoire des inondations de Dartmouth¹⁷² présente dans sa légende des dates cliquables, et les superficies des inondations se superposent au fur et à mesure des clics (Carte 18).



Carte 18 : Légende interactive composée uniquement de dates

¹⁷¹ Cet affichage offre un contraste de mauvaise qualité pour discerner les zones CLPA sur le fond de carte en couleur. En revanche, les lignes d'altitudes apparaissent, ce qui intéresse les scientifiques lorsqu'ils doivent observer l'altitude des zones avalancheuses.

¹⁷² <http://www.dartmouth.edu/~floods/Archives/GlobalArchiveMap.html>

Ces sites présentent des cartes statiques accompagnées de légendes interactives. Ces dernières permettent alors à l'utilisateur de consulter les informations dans l'ordre qu'il désire, et donc de naviguer au rythme de sa compréhension.

Les fonctionnalités des outils cartographiques apparaissent souvent à l'aide d'une légende interactive qui parfois comporte des onglets (Carte 14), mais aussi des outils de navigation tels que le zoom et des outils de déplacement (ex. Cartorisque, Géoportail, Google Earth). L'utilisateur peut également afficher l'information à l'aide de requêtes spatiales, où il choisit, le plus souvent, des noms de lieux dans un menu déroulant. A l'opposé de ces atouts de lisibilité des cartes, la Carte 9 de sismicité présente le défaut de présenter une légende en deux parties distinctes, ce qui contrarie sa lecture.

Ce sont sans doute ces outils cartographiques proposés en ligne qui offrent le meilleur environnement favorisant la compréhension de l'IDE. Leur interactivité permet de consulter de nombreuses informations et de sélectionner la superposition des couches. Cependant, plusieurs atouts des technologies Web semblent encore peu exploités :

- la carte dynamique (animée et interactive) apparaît rarement. Sa présence très limitée est déjà soulignée en 2001 par Kraak¹⁷³ : « *les cartes dynamiques ne sont guères présentes sur le Web, et si elles le sont, elles servent uniquement à titre de démonstration* » ;
- l'interactivité d'une légende liée à une carte animée ou à un graphique animé est peu présente ;
- la légende dynamique apparaît également rarement. Pourtant, d'après Buziek (1999) elle permet de lire des cartes animées et donc de comprendre des informations complexes. L'interactivité d'un document lié à la carte permettant d'afficher des méta-informations n'existe guère ;
- l'intégration de fonctions, telles la personnalisation des cartes, outil qui est systématiquement présent dans les outils cartographiques commerciaux, mais également les outils de calculs et l'exécution de requêtes complexes spatio-temporelles, est très limitée.

Si les technologies Web et la cartographie apportent des éléments de valorisation de l'IDE et de plus, un fort potentiel pour atteindre cet objectif d'accessibilité et de compréhension de l'information, ces technologies et méthodes associées ne présentent-elles pas des limites ?

3.4.2.2 Limites des cartes et des outils cartographiques en ligne

Un certain nombre de problèmes apparaissent avec les outils cartographiques utilisables

¹⁷³ <http://www.kartografie.nl/webcartography/webbook/>

en ligne. Ils permettent à toute personne maîtrisant un minimum l'outil informatique de réaliser des cartes, mais quelles cartes ?

L'utilisateur des outils cartographiques sélectionne les attributs qu'il souhaite croiser sur sa carte, mais à lui d'en juger la lisibilité. Or, la superposition de certains objets et la sémiologie proposée peuvent être non adéquates, et de ce fait entraînent l'affichage de cartes dont la lecture s'éloigne de la réalité. La mise en ligne des cartes dénature alors leur objectif initial. Ce problème est également dû à un manque de formation en la matière auprès des experts scientifiques et des techniciens (par exemple, les cours disponibles sur Internet paraissent peu approfondis¹⁷⁴). Une solution serait, par exemple, que les concepteurs des cartes intègrent des connaissances sur les règles cartographiques : sur la sémiologie, les contrastes et la généralisation d'objets. Ces intégrations devraient se répandre à tous les outils cartographiques en ligne. Le problème lié aux informations présentes est dû aux croisements de couches qui dépendent des besoins de l'utilisateur, mais également à l'organisation et à la proposition des données dans l'outil. Les créateurs d'outils cartographiques n'ont pas nécessairement pensé à tous les liens possibles et à tous les objets à afficher. Ils peuvent omettre la prise en compte de contextes spatiaux faisant intervenir de nombreuses composantes des territoires (Comby, 2004). La cause, pour le cas français, proviendrait des formations des cartographes, très techniques, éloignées de celles des géographes orientées vers les sciences humaines. Une solution serait alors d'intégrer des connaissances sur les objets (*via* ces formations aux concepteurs) et des mises à jour possibles par les experts.

Interactive ou non, la lisibilité des représentations cartographiques est parfois limitée. Ce problème possède plusieurs causes :

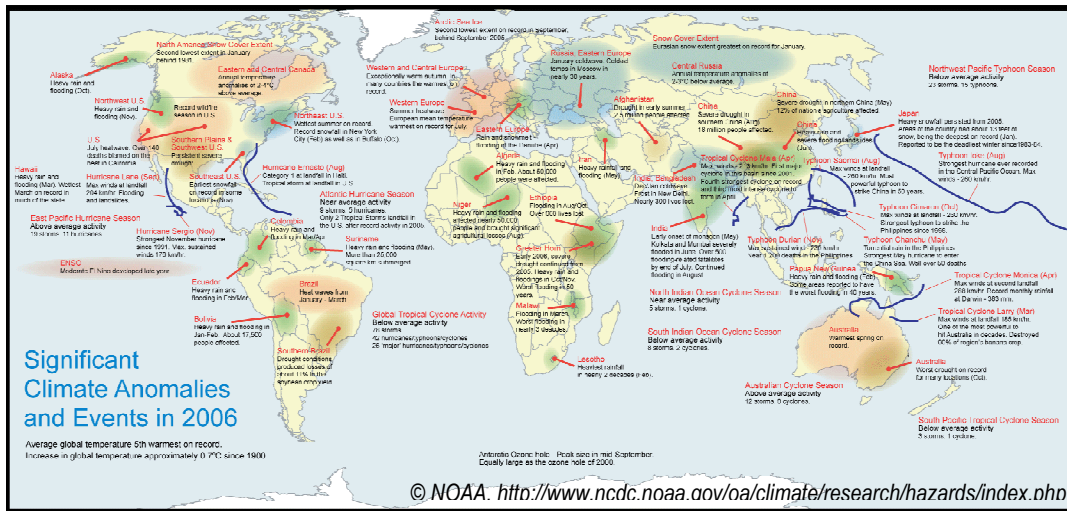
- la quantité d'information thématique : la surcharge d'information perturbe le lecteur, qui ne sait pas par quelle information commencer, ou quelle importance a une information par rapport à une autre. La Carte 19 présente une quantité de texte qui la rend peu lisible. La surcharge peut également être provoquée par la représentation d'un grand nombre d'objets linéaires et surfaciques puisque l'œil est peu attiré par une représentation particulière (Carte 18). Dans le cas des cartes d'historicités, les info-bulles peuvent également se confondre avec la délimitation des phénomènes. La représentation d'un grand nombre d'événements diminue alors la compréhension de la carte, la superposition des objets entravant leur lisibilité (Carte 6 et Carte 7). En effet, sur une carte, il n'est pas évident de réaliser une analyse basée sur un grand nombre d'événements visibles. Même ponctuels et avec une variable de taille ou de couleur, ces derniers se superposent au cours du temps et la carte devient illisible (Carte 4). De plus, en réalisant des cartes temporelles, le choix de visualisation d'une granularité temporelle demeure délicat. Les groupes d'événements peuvent se répartir sur deux périodes temporelles, mais les cartes peuvent encore être surchargées d'événements sur

174 Exemple : Perrin, 2006 :

http://dilib.inist.fr/documents/2006/rapports/Rapport_LicencePro_Stanislas_PERRIN.pdf et cours de l'ENSG : http://www.ensg.ign.fr/FAD/FAD_PDF/Sig_Pdf/

certaines périodes. Dans le cas de l'affichage des événements pour une date précise, ceux-ci peuvent être dispersés sur de nombreuses cartes. Or, l'écran d'ordinateur limite ce nombre (Gatalsky, 2004) ;

- la présentation de la carte, aussi nommée « habillage », comprend un titre explicite qui indique le sujet, le lieu et le moment (quoi ? où ? quand ?), une échelle cartographique, une légende exhaustive (tous les signes de la carte et leur sens doivent apparaître, c'est la clef de lecture de la carte), une légende claire (la présentation des signes et des textes explicatifs) et organisée (signes hiérarchisés en fonction de la thématique ou de la problématique traitée), l'orientation et les sources. Ces paramètres ne sont pas systématiquement présents ;



Carte 19 : Surcharge de la carte entravant sa lisibilité

- la superposition des objets représentés, telles que des trames et/ou des couleurs rend la carte moins lisible (Carte 4) ;
- la représentation des objets pose problème : une sémiologie inappropriée, une approche cognitive non intégrée, une inadaptation des cartes au public visé, des problèmes de généralisation des fonds de cartes, et des problèmes d'utilisation des contrastes et des couleurs sont relevés ;
- un autre problème est l'hétérogénéité de la représentation de l'IDE en ligne : en effet, les cartes présentent l'information sur les événements en utilisant des signes graphiques distincts qui peuvent dépendre de l'échelle cartographique utilisée d'une part, de la quantité d'événements représentés, et du type de risque d'origine d'autre part. Une personne non habituée à lire des cartes peut être perturbée en les lisant, d'autant plus si ces cartes possèdent des types d'objets, des attributs, des figurés et des fonds différant de l'une à l'autre.

Tous ces problèmes exposés entravent la bonne compréhension des cartes et donc celle de l'information sur l'écran d'ordinateur. Une phrase de Caquard (2003) illustre et résume bien ce contexte problématique : en même temps que le document esthétique se paupérise

(de belles cartes, plus précises et accessibles à tous), la dimension communicante régresse.

Si les technologies Web augmentent l'accessibilité de l'information, ses sites Web paraissent ne pas complètement répondre aux besoins des utilisateurs pour trois raisons :

- la représentation de l'information est partielle (manque de méta-information) ;
- la représentation cartographique n'est pas adaptée (représentation des trois dimensions et des méta-informations) ;
- les affichages n'exploitent pas suffisamment l'environnement interactif, animé et multimédia offerts par les technologies Web. Pourtant, notre hypothèse est qu'il existe un potentiel de valorisation de l'IDE dans cette direction.

Le tableau suivant se base sur la grille de lecture réalisée en § 3.1. (Tableau 8) et qui vise à évaluer les représentations cartographiques en ligne, afin d'analyser les solutions apportées par les technologies et les méthodes associées, sensées valoriser l'IDE (Tableau 13).

Apports <i>pour valoriser les</i> Spécificités de l'IDE	Technologies Web			Représentations cartographiques en ligne		
	Interacti- vité et na- vigation	Effi- cience	Affi- chages	Formes carto- graphiques	Choix de l'information représentée	Langage graphique (sémiologie)
Dimension spatiale						
-cartographie des objets	xxx	xx	xxx		xx	xxx
- superpositions	xxx	xx	xxx	x		x
Dimension temporelle	x	x	xxx	x	x	xxx
Dimension thématique	xxx	xx	xxx	xx	x	x
Méta information						
- identification	xx	x	xx	x	x	X
- qualité de l'information	x	x	xx	x	x	x
Information hétérogène	xx	xxx	xx	xxx		x
Information dispersée	xx	xxx	xxx	xxx		x
Multi-représentation de l'information	xx	x	xxx	xxx	x	x
Lisibilité des documents	x	x	x	x	x	x
Information multimédia	xxx	x	xxx	x		xxx
Erreur dans la généalogie	x	x	x	x	x	x
Réutilisation de l'information	xxx	xx	xx	x		xx
Maintenance de l'information	xx	x	xxx	x		xx

© Aurélie ARNAUD, 2009

x : **peu** d'apport pour la valorisation de l'IDE
 xx : apport **moyen** pour la valorisation de l'IDE
 xxx : **grand** apport pour la valorisation de l'IDE

Tableau 13 : Evaluation des apports des technologies Web et de la cartographie en ligne

Le tableau dévoile que les technologies Web proposent un véritable potentiel, mais que la cartographie n'en profite pas et *vice versa*. Par exemple les technologies Web apportent un certain nombre de solutions pour la représentation de la dimension spatiale en permettant de contrôler la superposition des couches d'information, toutefois, la représentation cartographique propose peu de solution pour afficher des surfaces superposées. Cette remarque est applicable à la dimension thématique où le choix des objets à représenter est

rarement en adéquation avec les besoins des acteurs. La méta-information est également dans cette situation. En revanche, les méthodes de représentations cartographiques (sémiologie graphique) paraissent valoriser la dimension temporelle, mais les technologies Web limitent ses capacités en proposant peu de fonctionnalités qui permettraient de révéler toutes les temporalités de l'IDE. D'autres lacunes ont également pour source un manque d'information : la qualité de l'information et les erreurs dans la généalogie.

Conclusion du Chapitre 2

Compte tenu du caractère indispensable de l'IDE (Information Dédiée aux Événements) pour les acteurs et surtout compte tenu de son potentiel à gérer des territoires à risque, il nous paraît fondamental de la valoriser. Cependant, l'adéquation des potentiels technologiques et méthodologiques aux besoins des acteurs est peu évidente et fait même face à un double problème :

1/ L'étude de l'IDE montre que certaines difficultés posées par les acteurs ne sont pas toujours résolues : la consultation des méta-informations (et en particulier l'incertitude) et de l'information de deuxième ordre, mais aussi l'affichage de toutes les dimensions de l'information simultanément, demeurent très limités. Or, l'information sur la couronne grenobloise existe mais elle reste faiblement accessible et compréhensible à cause de ses spécificités. Néanmoins, même difficilement utilisable en l'état, elle va nous être utile pour l'expérience suivante qui consiste à lui faire subir un processus de valorisation (chapitre 3 et 4).

2/ Les apports des technologies Web à la cartographie et *vice versa* paraissent limités pour valoriser les spécificités de l'IDE. Pourtant, toutes les deux semblent contenir un potentiel supérieur à celui qui apparaît sur nos écrans, révélant de véritables avantages par rapport à la carte papier, ou à une approche traditionnelle de la diffusion de l'information. Il semble alors, qu'une réflexion approfondie sur le choix de l'information à cartographier, la représentation cartographique de certaines spécificités, la proposition de fonctionnalités supplémentaires et l'utilisation de l'interactivité et de l'animation, permettraient d'améliorer considérablement la valorisation de l'IDE (Tableau 13).

Nous allons explorer cet axe de recherche dans les chapitres suivants (Figure 24). Une analyse théorique des apports de la présentation visuelle cartographique (ex. la sémiologie graphique) associée à l'environnement particulier offert par les technologies Web, permettra sûrement de proposer une nouvelle approche cartographique. Si celles-ci sont adaptées aux besoins des acteurs de la couronne grenobloise, elles favoriseront la gestion mais aussi la création de nouveaux territoires à risque.

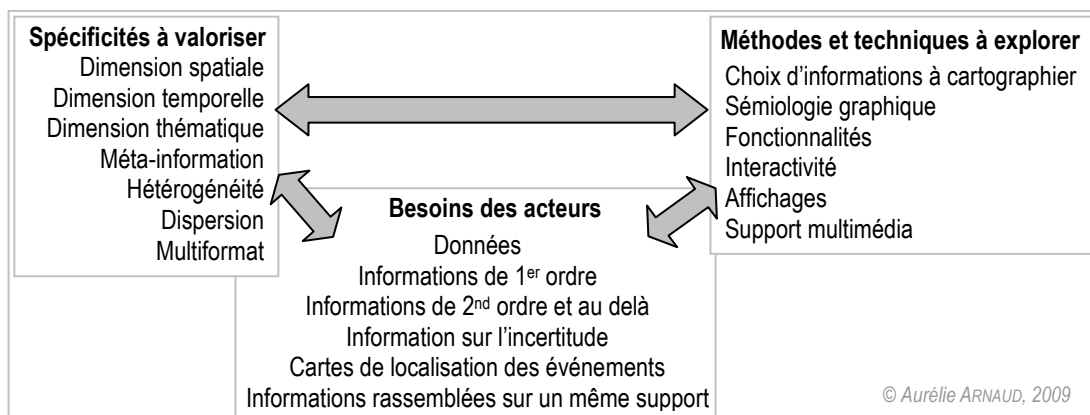


Figure 24: Méthodes et techniques à explorer pour valoriser les spécificités de l'IDE

Chapitre 3

Des fondements cartographiques à
la géovisualisation de l'information

Chapitre 3

Des fondements cartographiques à la géovisualisation de l'information

Le premier chapitre a construit un territoire à risque sur lequel le risque est considéré comme une ressource territoriale. Celle-ci doit être activée grâce aux connaissances des acteurs et par le biais d'information sur les événements passés. Cependant, le deuxième chapitre a montré que cette connaissance est limitée à cause des spécificités de l'Information Dédiée aux Événements (IDE) qui contraignent son accessibilité et sa compréhension. Toutefois, les technologies du Web associées à la cartographie apportent un potentiel significatif pour valoriser l'IDE. Ce constat découvert sur le terrain (Chapitre 2) va maintenant être exploité d'un point de vue théorique.

Afin de poursuivre ce processus de valorisation de l'IDE, seul l'aspect de la « compréhension de l'information » appliqué à quelques spécificités va être étudié. En effet, l'« accessibilité » ne sera pas abordée puisque le deuxième chapitre montre que le support de diffusion Internet accélère le temps de recherche de l'information et permet de rassembler plusieurs formats de documents sur un même support. Il facilite également la réutilisation de l'information et sa maintenance. Même si des obstacles techniques persistent, nous ne les aborderons pas ici, ceux-ci relevant plus d'une problématique informatique. Nous nous orientons davantage vers une étude des apports théoriques et méthodologiques de la cartographie utilisant les technologies Web, tout en se focalisant sur la présentation visuelle et de la manière de consulter l'information (Chapitre 2 : Figure 12 – p.170). Les spécificités que nous choisissons d'étudier sont celles qui présentent le plus grand potentiel de valorisation de l'IDE (Chapitre 2 : Tableau 13, p.236) : les dimensions temporelles, spatiales et thématiques, dont l'incertitude.

L'objectif de ce troisième chapitre est de définir les fondements cartographiques de notre proposition. Ces derniers s'appuient sur des règles cartographiques, mais aussi sur la diversité des cartes offertes par les technologies Web, afin d'en déduire un potentiel d'extension des règles pour représenter les spécificités de l'IDE. Un autre objectif est de découvrir ces potentiels de valorisation dans un contexte de géovisualisation.

Afin d'évaluer la capacité de ces théories et méthodes à valoriser l'IDE, la première section aborde l'apport et le respect des règles cartographiques à travers l'étude de ses fondements mais aussi une application sur les cartes de risque¹ présentes en ligne. Une deuxième section analyse le potentiel des technologies Web dans le domaine de la cartographie, susceptible d'offrir de nouveaux horizons dans la représentation des spécificités de l'information. L'analyse de ces nouvelles formes cartographiques introduira la troisième section, puisqu'elles alimentent directement la notion de géovisualisation, qui semble posséder un véritable intérêt dans la compréhension des spécificités de l'information.

¹ Nous définissons ici une carte de risques comme une carte présentant de l'information sur les risques (vulnérabilités, éléments exposés, aléas) mais également sur les événements (phénomènes, dommages).

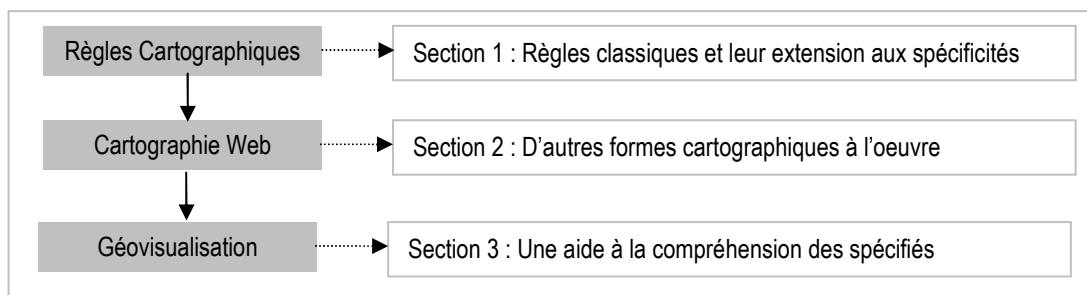


Figure 1 : Organisation du Chapitre 3

Section 1. Règles cartographiques

Pour représenter l'information sur une carte, il existe des méthodes, des règles mais aussi des normes². Le respect de ces dernières permettrait de résoudre un certain nombre de problèmes soulevés dans le chapitre précédent. En effet, la dimension spatiale des objets représentés sur une carte est immédiatement mise en valeur grâce à leur localisation³. Néanmoins, le cartographe doit se poser un certain nombre de questions lorsqu'il souhaite représenter d'autres dimensions : quels objets représenter pour répondre à la problématique ? De quelle manière les représenter ? Sur quel fond cartographique ? Chaque signe de la carte a une signification et chaque lecteur associe un sens à celui-ci. La légende guide l'interprétation du sens, mais certains paramètres vont agir sur la rapidité de lecture de la carte et sur sa bonne interprétation⁴. Une manière d'améliorer la compréhension de ces signes et de réaliser des cartes thématiques⁵ compréhensibles par tous, est de poursuivre des recherches appliquées à l'élaboration de règles sémiologiques. Quelles sont les méthodes cartographiques qui guident la construction d'une carte ? Ces règles permettent-elles de résoudre l'intégralité des difficultés posées par l'IDE ? Sont-elles appliquées dans les cartes de risque rencontrées en ligne ? Internet est-il un support qui conduit à inhiber ces règles ?

L'objectif est d'évaluer l'application et l'utilité des concepts cartographiques en ligne appliqués à la représentation de l'information liée au risque, de manière à identifier les règles qui permettraient d'améliorer la représentation de l'IDE.

Pour cela, il est nécessaire d'étudier plusieurs étapes de manipulation de l'information. Dans un premier temps, nous allons présenter quelques méthodes cartographiques : la sélection et la hiérarchisation d'entités présentes sur le territoire, ainsi que la généralisation cartographique (§ 1.1). Puis, dans un second temps, nous analyserons certaines règles cartographiques : la sémiologie issue des règles visuelles (§ 1.2), les contrastes entre les couleurs (§ 1.3) mais aussi, la cognition (§ 1.4), Figure 2. Notre choix sur l'étude de ces règles s'établit en fonction de leur capacité supposée à agir sur la valorisation des spécificités

² Mais la carte ne peut-elle pas « déformer la réalité, s'éloigner du diktat de la conformité, tant qu'elle est porteuse de sens » ? (Blandinières, 2005). Pour Thomas (2001), ce n'est pas le cas, car la carte « n'est pas une œuvre d'art, sa construction répond à des règles strictes dont l'importance est d'autant plus justifiée que sa lecture implique des processus de perception ».

³ La carte est un document de localisation. Elle est une « représentation géométrique, conventionnelle, généralement plane, en positions relatives, de phénomènes concrets ou abstraits, localisables dans l'espace » (Cauvin et alii, 2007). La carte nous intéresse car elle est une « source d'information thématique » susceptible de valoriser les spécificités de l'IDE.

⁴ « Une carte cesse d'être lisible lorsque l'œil n'arrive pas à isoler d'emblée le renseignement souhaité ni à saisir, au niveau de l'ensemble, les rapports qui existent entre les taches élémentaires » (Joly, 1994)

⁵ Une carte thématique traduit « les relations spatiales d'un ou plusieurs phénomènes, d'un ou plusieurs thèmes » où « 3 variables sont mises en relation : les 2 dimensions orthogonales » x et y, et l'attribut, z. Ce dernier peut traduire une information qualitative ou quantitative (Bertin, 1967 et Beguin et alii, 1994), mais aussi des relations d'ordre, de différenciation et d'association entre les objets (Cauvin et alii, 2007).

de l'IDE⁶. Afin de rendre leur lecture pertinente et d'en extraire les règles les mieux adaptées à la valorisation de l'IDE, une évaluation systématique de leur application sur les cartes de risque en ligne, mais également du degré de valorisation des spécificités, sera effectuée.

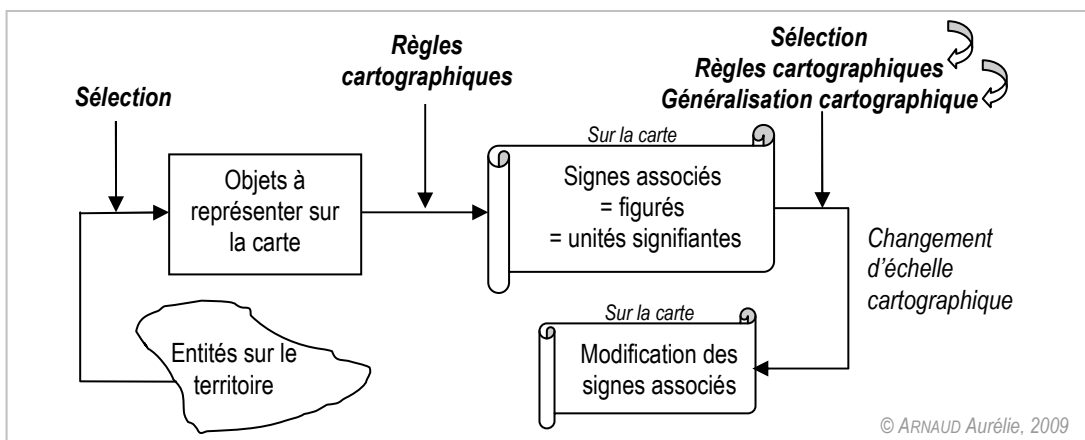


Figure 2 : Processus de construction d'une carte

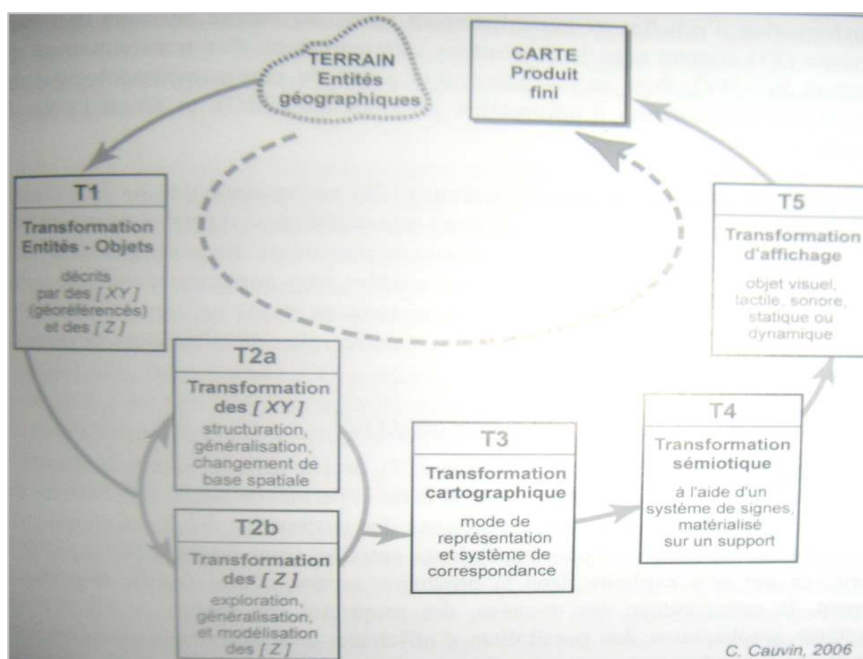


Figure 3 : Transformations (Cauvin et alii, 2007a)

Note : Les étapes présentées dans la Figure 2 sont également perçues comme des transformations traduisant le passage d'un état à un autre : des entités réelles ancrées sur le territoire qui se transforment en objets dont la sélection et la généralisation des attributs, constituent une transformation distincte. D'autres transformations sont l'attribution de figurés puis de valeurs (cartographique et sémiotique), correspondant à notre § 1.2. Enfin, la transformation d'affichage fait appel aux différents sens du lecteur (Cauvin et alii, 2007a,

⁶ Par exemple, l'application des règles d'acuité visuelle semble apporter peu à la valorisation des spécificités de l'information car elle s'applique à un autre niveau : la perception visuelle globale et non spécifique aux dimensions que nous souhaiterions mettre en avant.

Figure 3), correspondant à nos sections 2 et 3. Toutefois, ce schéma ne met pas en évidence le cœur de notre problématique (la valorisation des spécificités), c'est pourquoi, nous ne nous y référerons pas davantage.

1.1 Sélectionner pour généraliser

Puisque la carte est une réduction de l'échelle 1/1, une sélection des éléments que le cartographe désire montrer est nécessaire. Une première sélection s'effectue au niveau du choix d'entités du territoire⁷ à représenter sur une carte à une échelle donnée. Puis lors d'un changement d'échelle cartographique, un processus de sélection d'objets intervient, mais aussi des méthodes de généralisation. Entre la sélection et la généralisation s'insère l'application des règles cartographiques (Figure 2). Nous introduirons également la notion de hiérarchisation de l'information comme aide à la sélection d'information à représenter selon les échelles employées.

1.1.1 Sélection et hiérarchisation de l'information

Dans tout exercice de cartographie, l'information est sélectionnée puis hiérarchisée avant d'être représentée sur la carte (de Bertin, 1967 à Cauvin *et alii*, 2007). Cet exercice est ensuite mis en évidence au moyen d'une sémiologie graphique adaptée et d'une légende explicative. Ces opérations dépendent de la thématique étudiée, mais également des échelles cartographiques pour lesquelles le cartographe sélectionne les objets les plus pertinents à exposer. Plusieurs auteurs proposent une méthode qui a été expérimentée et que nous testerons dans le chapitre suivant (Joliveau, 2004, Chesneau, 2006 et Cauvin *et alii*, 2007 pour ne citer qu'eux). Nous en proposons une synthèse. Le cartographe doit alors faire apparaître deux à trois niveaux d'informations que nous nommerons « entités motrices », « entités secondaires » et « entités de repérage ».

1- Les **entités⁸ motrices** de la problématique : elles doivent apparaître à toutes les échelles. Elles sont localisées à un temps *t* et comportent des attributs. Ces entités sont souvent organisées et modélisées pour intégrer des bases de données, puis, à terme, des systèmes d'information. Par exemple, le rapport COMOE (2001) propose un modèle⁹ qui a pour but d'intégrer un système de récolte d'informations de retours d'expériences destiné aux assureurs (Figure 4). Pour cela l'arborescence met en valeur le triptyque phénomène/dommage/prévention. Etant dans un contexte de risque orienté « reconstruction », les acteurs portent l'accent sur la prévention du risque, quant à la prévision, elle n'apparaît pas. La « zone administrative » et le découpage privilégié au détriment de zones plus adaptées aux zones de risque. Mais ceci est dû à l'application finale

⁷ Les entités du territoire sont également nommées « signifiés » par Cauvin *et alii* (2007b) afin de les distinguer des « signifiants » qui sont les signes de représentation appliqués aux objets.

⁸ Nous choisissons de parler d'« entités » plutôt que d'objets du fait que nous nous situons dans une phase amont de la cartographie.

⁹ Nous n'entrerons pas dans les détails de ce modèle qui a été créé pour un but précis. Toutefois, nous reviendrons sur les méthodes de modélisation dans le dernier chapitre.

de cette organisation : l'attribution d'aides financières dédiées à la reconstruction de biens détruits.

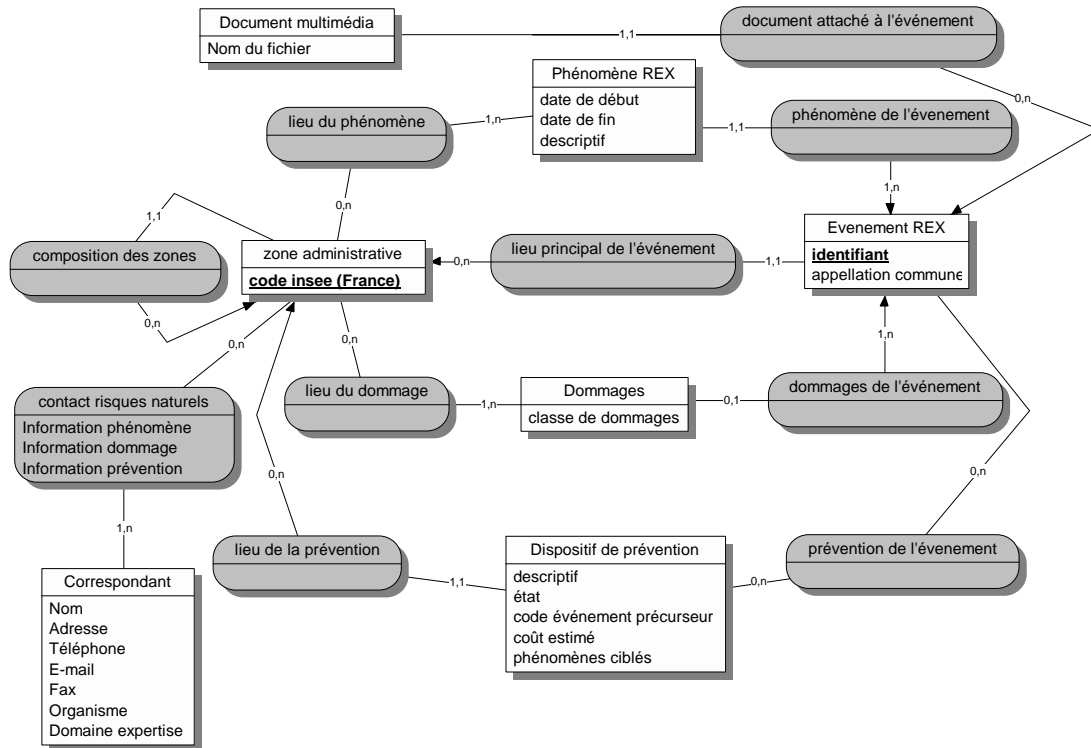


Figure 4 : Modélisation de l'organisation des données pour la récolte de retours d'expérience (COMOE, 2001)

Ce genre d'organisation se nomme également « modélisation »¹⁰ et peut se présenter sous la forme d'« ontologies »¹¹. Celles-ci permettent, une fois intégrées au système, de faciliter la sélection d'informations que le lecteur désire lire ou représenter.

3- Les **entités secondaires** : elles apparaissent à une échelle moyenne à grande selon la problématique ou la densité d'information à montrer. Ces entités secondaires peuvent être dérivées d'une entité motrice (un éboulement est composé d'une niche d'arrachement et d'une zone de dépôt), ou pas.

3- Les **entités de repérage** : elles ne sont pas centrales mais apportent des éléments de localisation et des repères indispensables à la lecture de la carte. Il s'agit du fond de carte dont le degré de détail varie en fonction de l'échelle cartographique : des entités administratives à la carte topographique. Ces objets présents sur la carte à un instant t n'ont pas forcément d'attributs (altitude, toponymie, nombre d'habitants, etc.). Le changement d'échelle impose une re-sélection des entités. Nous reviendrons sur l'application de ces fonds cartographiques dans les cartes de risque lorsque nous aborderons les règles de contrastes (§ 1.4). Dans notre cas, il existe une multitude de types d'entités (ex. des bâtiments, des massifs, des cours d'eau) qui se composent d'autres entités (ex. bâtiments :

¹⁰ Il existe de nombreux types de modélisation. Il s'agit ici de modélisation sémantique, afin de modéliser des concepts en fonction d'une problématique donnée.

¹¹ Une ontologie organise un ensemble de concepts ou notions autour d'un graphe qui fait apparaître les relations sémantiques et d'inclusion afin de modéliser les connaissances d'un domaine.

écoles maternelles, écoles primaires). Il sera donc parfois nécessaire, pour que ces objets soient représentables, de garder les plus significatifs d'une part, et d'en regrouper d'autres (Joliveau, 2004).

Ces entités évolueront en objets lorsqu'elles seront représentées sur la carte. Nous parlerons alors d'objets moteurs, secondaires ou de repérage.

Cette méthode sera utilisée dans le chapitre des propositions afin de sélectionner les entités des territoires à risque et de les hiérarchiser à travers une ontologie de l'« événement ».

1.1.2 Généralisation

Lors de la réalisation de la carte, le choix de représentation de certains objets dépend de l'échelle de la carte : « aucune carte ne pouvant être dessinée à l'échelle 1/1, toute représentation cartographique est une réduction de la réalité, donc une généralisation » (Begin *et al*, 1994). La généralisation est l'art de sélectionner de manière objective et de représenter les objets et les attributs permettant de répondre à la problématique traitée, lors de la réduction de l'échelle de la carte. En effet, d'après Cauvin *et alii* (2007) cette opération de transformation contient trois étapes :

- la simplification (on conserve les données spatiales essentielles) qui peut s'apparenter à ce que nous nommons « sélection » ;
- la classification (ordonne et groupe les données pour faire ressortir la face essentielle du phénomène) qui peut s'apparenter à ce que nous nommons « hiérarchisation » ;
- la symbolisation (codification des représentations retenues) qui peut s'apparenter à ce que nous nommons « règles cartographiques ».

Rimbert (1990) ajoute que la généralisation apporte un « confort perceptif », mais que la sélection des objets à représenter lors du changement d'échelle demeure très délicate car celle-ci dépend de la perception de la thématique de la part du cartographe.

Au-delà de la généralisation cartographique, Fredrikson (in Gatalsky, 2004) évoque la notion d'agrégation comme généralisation informationnelle. Il s'agit de résumer les caractéristiques de plusieurs objets afin d'afficher une granularité d'information adaptée à l'échelle de la carte. Par exemple, à moyenne échelle, le cartographe localise un nombre total d'événements ou des volumes moyens de roche éboulée par commune sous la forme d'une carte choroplèthe (Carte 1), plutôt que le volume de chaque événement cartographié de manière ponctuelle. Néanmoins, cette représentation pourrait être réservée à une échelle plus grande.

La généralisation implique donc des suppressions, des ajouts et des modifications de données géométriques mais aussi sémantiques (informations plus ou moins abondantes par objet).

Deux méthodes de généralisation sont distinguées (Joly, 1994 ; Beguin *et alii*, 1994) : la

généralisation est **structurale** (schématisation par simplification des tracés) ou **conceptuelle** (recherche de figurés appropriés à chaque échelle de représentation), Figure 4. La généralisation implique dans ce cas un changement des bases spatiales (Cauvin *et alii*, 2007) : du point à la ligne, du point à la surface, de la ligne au point (ex. lors de la concentration d'accidents sur une route représentée par une ligne), de la ligne à la surface (ex. impact de zones de pollution d'une rivière), de la surface au point et de la surface à la ligne (la Figure 5 montre par exemple la transformation de surfaces représentant des massifs montagneux de haute et moyenne altitude à moyenne échelle, en isolignes d'altitudes à grande échelle).

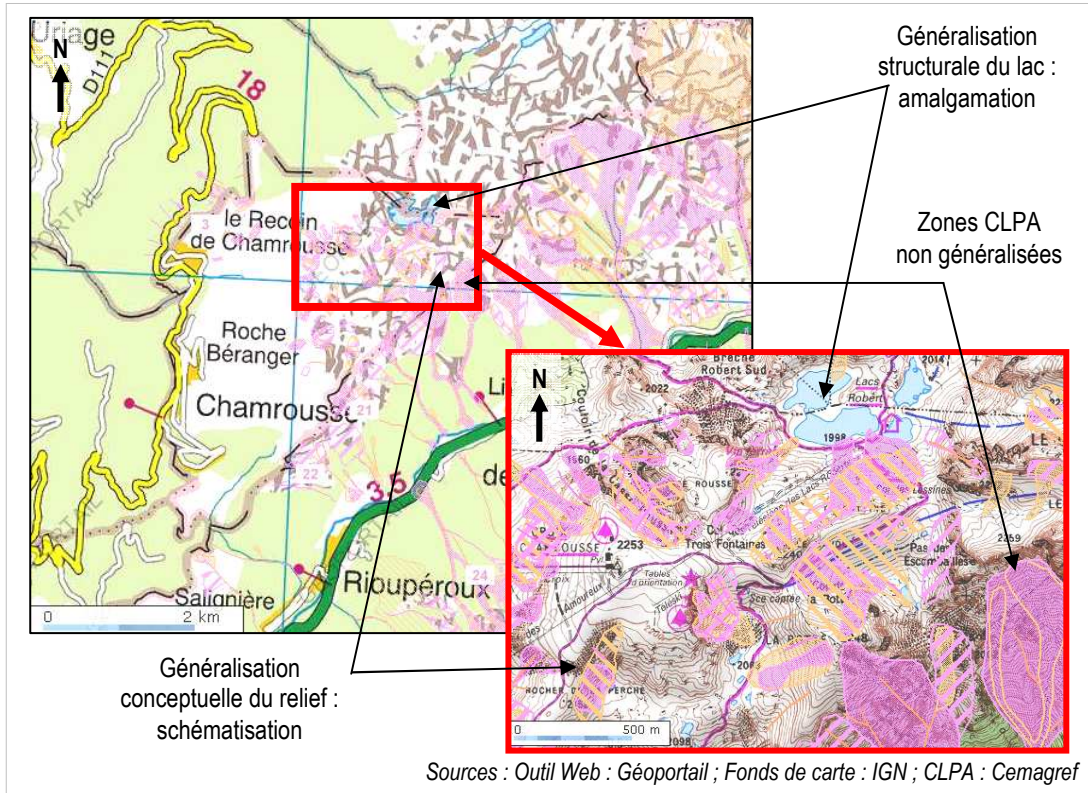
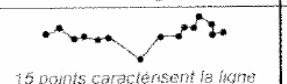
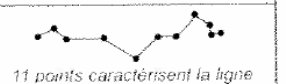



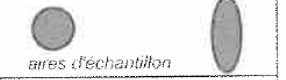
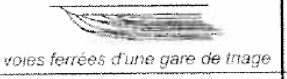
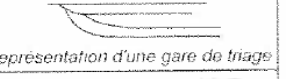


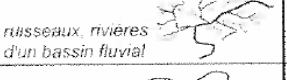
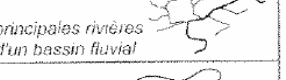
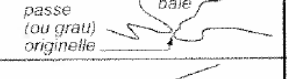

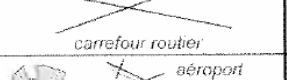
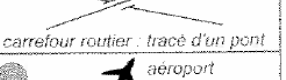
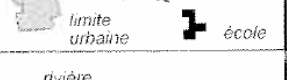

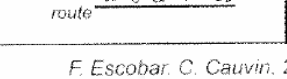
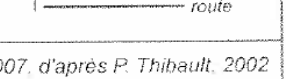


Figure 5 : Méthodes de généralisation appliquées à la cartographie du risque

Plus précisément, le tableau synthétique de Cauvin *et alii* (2007, Tableau 1) montre quelques opérateurs spatiaux pour réaliser ces deux méthodes. Nous y avons ajouté l'appartenance à une méthode structurale ou conceptuelle.

Ces méthodes varient en fonction du but de la carte, du type de carte et de son échelle. Une réduction moyenne implique, dans de nombreux cas, une généralisation.

Cependant, cette transformation dépend du cartographe. Pour limiter l'introduction de la subjectivité, l'automatisation par l'ordinateur vient en aide (à travers des algorithmes de généralisation). Toutefois, cette problématique ne sera pas approfondie, relevant davantage du domaine de la géomatique et de l'informatique.

Opérateur spatial	Action	Carte originale	Carte généralisée	
Simplification	réduction sélective du nombre de points représentant l'objet	 15 points caractérisent la ligne	 11 points caractérisent la ligne	S
Lissage	réduction de l'angularité des changements de direction	 angles marqués	 angles arrondis	C
Agrégation	réunion des points représentés comme des objets surfaciques	 points d'échantillon	 aires d'échantillon	C
Fusion	groupement de traits linéaires	 voies ferrées d'une gare de triage	 représentation d'une gare de triage	S
Amalgamation	groupement d'éléments surfaciques individuels en un élément plus grand	 petits lacs séparés	 petits lacs associés	S
Affinement	sélection de portions spécifiques d'un objet pour représenter tout l'objet	 ruisseaux, rivières d'un bassin fluvial	 principales rivières d'un bassin fluvial	S
Accentuation	accentuation d'une partie spécifique d'un objet	 passe (ou grau) originelle	 passe (ou grau) élargie	S
Rehaussement	renforcement du message transmis par l'objet	 carrefour routier	 carrefour routier : tracé d'un pont	C
Schématisation	remplacement des détails physiques d'un objet par un figuré schématique	 limite urbaine, école	 localisation d'une ville, école	C
Déplacement	éloignement des objets trop proches	 rivière, route	 rivière, route	S

S : structurale ; C : conceptuelle

F. Escobar, C. Cauvin, 2007, d'après P. Thibault, 2002

Tableau 1 : Cas de généralisations (Cauvin et alii, 2007)

Si les technologies Web facilitent la mise en ligne de cartes sur lesquelles l'utilisateur peut aisément zoomer et dézoomer, cependant, les méthodes de généralisation sont peu appliquées dans le cadre de la représentation cartographique du risque mais également d'autres thématiques. En effet, les cartes en ligne sont souvent issues de scanners, puis elles sont incluses dans des outils cartographiques qui permettent des zooms, sans généralisation apparente. La découverte d'informations à certaines échelles est alors peu pertinente. Par exemple, les limites des communes ou de l'hydrographie deviennent très imprécises lors de zooms : les outils cartographiques Géoportail, Cartorisque et Google Earth s'inscrivent dans ce schéma. Cependant, certains outils changent le fond de carte qui fait office de généralisation conceptuelle et structurale, notamment à travers l'affichage de la carte IGN au 1/50000^{ème} puis au 1/25000^{ème} (ex. Géoportail). En revanche, les zones CLPA, objets moteurs, restent inchangées d'une échelle à l'autre (Figure 5).

Un autre problème apparaît sur les cartes de risque au niveau de leur lisibilité globale dû à une densité des objets représentés trop importante. Or d'après ce que nous venons de voir, la généralisation permet de gérer la **densité cartographique**, c'est-à-dire la quantité de texte, les superpositions d'objets, le nombre de figurés, afin de rendre la carte davantage lisible et les figurés plus visibles, ce qui est peu le cas (Figure 5 - p.248, Figure 6 gauche - p.250, Carte 3 - p.258, Carte 9 - p.277, sont des exemples typiques). De ce fait, Chesneau (2006) propose, à juste titre, d'alléger les fonds cartographiques des cartes de risque (Figure 6).

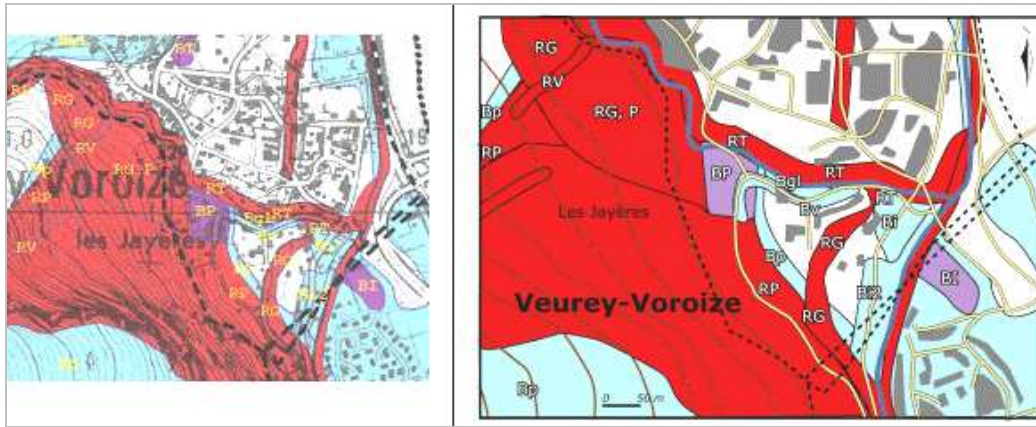


Figure 6 : Généralisation structurale du PPR de Veurey-Voroize (38), Chesneau (2006)

Ces méthodes de généralisation vont nous être indispensables pour que les cartes représentant l'IDE restent lisibles, paraissent moins surchargées et soient davantage compréhensibles lors du passage d'une échelle à une autre.

Outre ces aspects de généralisation, la lisibilité des cartes se réalise également à travers l'application d'autres règles graphiques. Nous passons alors de la sélection des « signifiés »¹² à l'étude de leur « signifiant » qui est la représentation des objets (signe associé à une variable).

1.2 Règles de perception visuelle

L'étude de la perception visuelle est l'étude de ses paramètres. Selon Bertin (1967), la perception visuelle de la représentation graphique dispose de la variation des taches, des deux dimensions du plan (x et y) et d'une troisième variable sensible (que nous avons parfois nommée attribut ou variables thématiques, notée z ou A dans la Figure 7). Il existe différents types d'attention visuelle : un lecteur sans objectif lors de la lecture de la carte suit les priorités globales tandis qu'un lecteur lisant avec un but précis porte plus rapidement son attention sur les objets qui l'intéressent sans se préoccuper de ceux qui les entourent (Robinson, 1995). Il est donc impératif de guider le lecteur de la carte. Pour cela des règles graphiques ont été établies. Les plus connues ont été développées par Bertin (1967) puis reprises et approfondies par Brunet (1987), Joly (1994), Beguin *et alii* (1994), Ormeling (1995), Cauvin *et alii* (2007) et bien d'autres auteurs. Ces règles ont également été étendues aux variables de mouvement (Ormeling, 1995, par exemple).

Les cartes produites au moyen de ces règles prennent des formes très différentes : les cartes ponctuelles¹³, les cartes en oursin¹⁴, les cartes isovales¹⁵, les cartes choroplèthes¹⁶,

¹² Notion déjà introduite pour distinguer les entités du territoire des objets cartographiés

¹³ Carte ponctuelle : la représentation des objets se réalise à travers un semis de points.

¹⁴ Carte en oursin : révèle des relations entre deux points deux à deux à travers des lignes qui partent d'un centre vers un autre pôle.

les cartes hétérochoriques (ou chorochromatiques)¹⁷, les cartes en anamorphoses¹⁸ et bien d'autres. Notre objectif n'est pas d'étudier ces formes cartographiques statiques mais d'analyser les signes qui les composent. Si leur force est dans la représentation et la mise en évidence de phénomènes spatiaux (décrits très précisément dans l'ouvrage de Cauvin *et alii*, 2007), leur déficit dans la mise en évidence des spécificités que nous avons sélectionnées¹⁹ est criant. De plus, elles sont très peu présentes en ligne. Toutefois, les règles qui les composent paraissent introduire une réelle capacité à valoriser les dimensions que nous allons découvrir dans l'analyse des règles cartographiques de base (§1.2.1) puis l'étude des extensions qui permettent de représenter le temps (§1.2.2), l'incertitude (§1.2.3) et plusieurs thématiques (§1.2.4).

1.2.1 Règles cartographiques

Nous présentons les principales règles de sémiologie cartographique adaptées à notre objet de recherches (§ 1.2.1.1) pour ensuite en analyser les applications dans les cartes de risque disponibles en ligne (§ 1.2.1.2) et enfin étudier les limites de la sémiologie dues aux progrès liés à l'ordinateur, au numérique et aux technologies Web (§ 1.2.1.3).

1.2.1.1 Sémiologie graphique

La cartographie thématique doit suivre un minimum de règles graphiques afin de représenter les objets localisés de manière à ce que le message cartographique soit reçu de façon objective et efficace. Pour cela, le concepteur des cartes utilise les règles de sémiologie graphique, issues de l'approche visuelle et élaborées pour la première fois par Bertin (1967). Il s'appuie sur un « *ensemble des règles permettant l'utilisation d'un système graphique de signes pour la transmission d'une information. On parle de langage graphique ou cartographique* » (Bertin, 1967). Il définit alors ce langage cartographique dont les « *signes graphiques élémentaires* » sont le point, la ligne et la surface : « *une tache visible exprimant une correspondance originale peut varier en position par rapport aux deux dimensions du plan. [...] Dans le plan, cette tache peut représenter un point (position sans surface), une ligne (position linéaire sans surface), ou une zone (une surface)* » (Bertin, 1967). Ce langage est visuel (il obéit aux règles de perception visuelle), universel (compréhensible par tous) et clair (pas d'ambiguïté, pas de surcharge). Le cartographe choisit les représentations

¹⁵ Carte isovale : il s'agit d'une carte en isolignes qui relie des points de même valeur (ex. représentation des altitudes dans certaines cartes topographiques), ces dernières étant continues.

¹⁶ Carte choroplethe : plages de valeurs ou de couleurs qui s'appliquent à des entités surfaciques telles que des administrations et dont les valeurs sont ordinales ou quantitatives.

¹⁷ Cartes hétérochoriques ou chorochromatiques : plages de valeurs ou de couleurs qui s'appliquent à des entités surfaciques telles que des administrations et dont les valeurs sont nominales.

¹⁸ Carte en anamorphoses : cette carte est déformée par rapport à la carte de départ afin de représenter la réalité d'un phénomène au détriment de la réalité spatiale. Elle se réalise souvent à partir de lignes (réalité des transports) ou de polygones dont la taille varie proportionnellement à leur valeur.

¹⁹ Nous rappelons qu'il s'agit des dimensions temporelle, spatiale et thématique, de la superposition d'objets, de la représentation de nombreux attributs et de l'information des incertitudes.

optimales des objets localisés en fonction de six variables visuelles²⁰ : la taille, la forme, l'orientation, la valeur, le grain et la couleur (Figure 7). La **taille** implique un changement du figuré en longueur et en largeur. Sa superficie se modifie subséquemment. Cette variable est incompatible avec la dimension spatiale de surface introduisant une perte d'information : d'une part, la variation de la taille des surfaces les déforme indépendamment de leur forme spatiale et crée ainsi une anamorphose, d'autre part l'utilisation de la taille du point intégré à la surface réduit la lisibilité de l'attribut (Cauvin *et alii*, 2007b). La **valeur** est le rapport entre la quantité de noir et de blanc d'une surface, elle peut se combiner avec la couleur. Le **grain** est la quantité de taches discernables sur une surface. La **couleur** est difficile à manier en raison de nos perceptions personnelles de chacune d'elles et des contrastes qu'elle provoque (nous aborderons ces deux points plus loin). L'**orientation** est l'angle formé par les figurés : les objets doivent présenter un angle d'au moins 45° pour être distingués par le lecteur. La **forme** est la structure externe des figurés ponctuels et linéaires et la structure interne des surfaces.

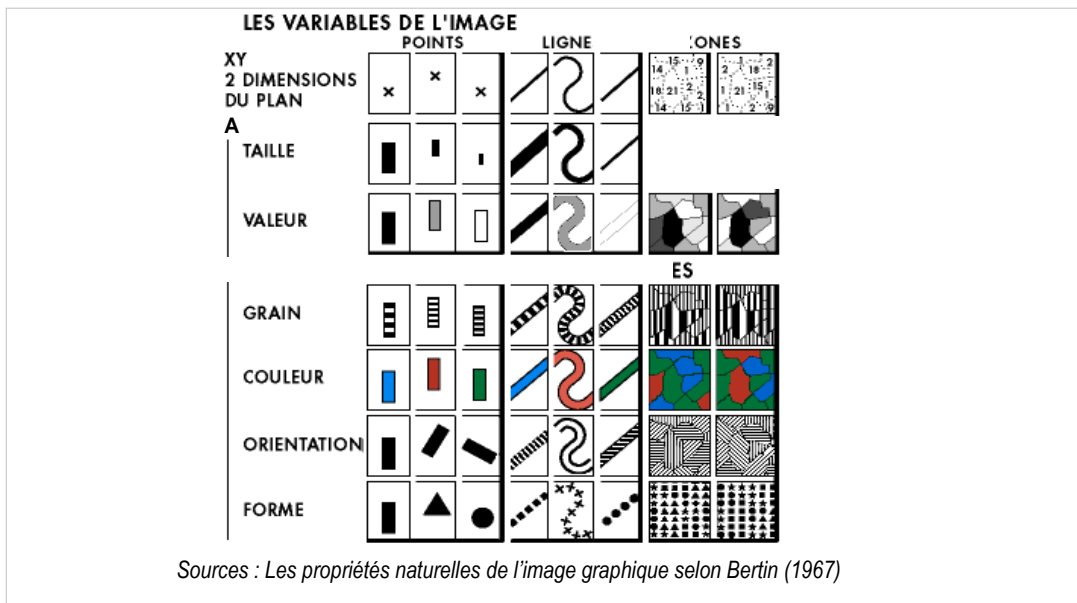


Figure 7 : Signes graphiques élémentaires et variables visuelles (Bertin, 1967)

Ces six variables s'appliquent au contenu des données géographiques, c'est-à-dire chaque attribut d'objet géoréférencé est caractérisé par une variable de nature qualitative²¹ ou quantitative²² (termes sélectionnés par Bertin, 1967) ou selon les propriétés perceptives

²⁰ Façon de faire varier les signes graphiques, également nommés « unités minimales » ou « primitives graphiques de base » (Cauvin *et alii*, 2007b).

²¹ Les **variables qualitatives** qualifient un attribut de l'objet. Elles sont nominales, autrement dit classées sans hiérarchie (occupation du sol, découpages administratifs, type de risque ou d'aléa, ou d'enjeu, type de précipitation), ou ordinales (« risque faible/moyen/fort » ou cardinales : numérique = niveau du risque d'avalanche de 1 à 5), c'est-à-dire composées de valeurs hiérarchisées (ex. date des inondations).

²² Les **variables quantitatives** quantifient un attribut en le mesurant ou en le dénombrant. Les données à variables quantitatives discrètes ont un petit nombre de valeurs (jusqu'à 7 valeurs) et constituent des variables de dénombrements (ex. nombre d'enfants par famille), tandis que les données dont la variable est quantitative continue peuvent prendre de nombreuses valeurs (débit de

de la quantité²³, de l'ordre²⁴, de la sélection ou la séparation²⁵ et de l'association²⁶ (Köbben *et al*, 1995 ; Cauvin *et alii*, 2007b). Ces stimuli doivent être compris et pour cela, les expériences de nombreux auteurs donnent naissance à des tableaux de préférence (Tableau 2). Les travaux de Bertin (1967), poursuivis par d'autres géographes tels que Beguin *et al* (1994), Joly (1996) et Cauvin *et alii* (2007b), qui aboutissent à des choix sémiologiques préconisés selon la nature des variables et l'apparition d'une dimension géométrique supplémentaire : le volume (Tableau 2).

Propriétés perceptives	Quantité		ordre	Sélection et association
Nature des attributs Variables visuelles	Quantitatif		Qualitatif	
	Discret	Continu	Ordinal	Nominal
Taille	Idéal	Proscrit	Déconseillé	Proscrit
Valeur	Proscrit	Idéal	Idéal	Proscrit
Grain	Déconseillé	Proscrit	Bien	Bien
Couleur + valeur	Proscrit	Idéal	Idéal	Proscrit
Couleur + teinte	Proscrit	Proscrit	Proscrit	Idéal
Orientation	Proscrit	Proscrit	Proscrit	Bien
Forme	Proscrit	Proscrit	Proscrit	Bien

dimension variables visuelles	Point	Ligne	Surface	Volume
Taille				
Valeur				
Grain Espacement Arrangement	 	 	 	
Couleur - Teinte Valeur Saturation	 	 	 	
Orientation				
Forme				

qualité de l'association bonne acceptable mauvaise C. Cauvin, J.P. Antoni, 2006

Tableau 2 : Choix sémiologiques (Bertin, 1967 ; Cauvin *et alii*, 2007b)

fleuve, vitesse du vent, volume de rocher éboulé, etc.). Leur représentation nécessite un travail de discrétisation préalable (création de classes).

²³ Quantité : capacité de la variable attribuée aux signes à faire percevoir des quantités plus ou moins grandes les unes par rapport aux autres. Impression donnée au lecteur de différence proportionnelle.

²⁴ Ordre : capacité de la variable attribuée aux signes à montrer un ordre. Les éléments graphiques sont classés.

²⁵ Sélection : capacité de la variable attribuée aux signes à se distinguer des autres signes.

²⁶ Association : capacité de la variable attribuée aux signes à se ressembler même étant dispersés sur la carte.

La **taille** est quantitative et ordonnable bien que cette dernière soit peu conseillée. Par exemple en s'adaptant à la dimension géométrique de la ligne, la taille est bien adaptée pour représenter des flux. Cette variable est également fréquemment utilisée avec le point.

La **valeur** est employée pour exprimer un ordre et une quantité à condition que la variation de la valeur soit visible. Son application s'associe à tous les signes élémentaires. Cependant, les points de taille réduite ou des lignes de petite épaisseur peuvent entraver à la perception de la valeur.

Le **grain** est associatif mais également ordinal. Il exprime la quantité en redondance avec d'autres variables. Cependant, cette variable est controversée quant à l'utilisation des dessins qui la constitue (la forme et l'arrangement ne conservent pas l'ordre tandis que le grain et la texture conservent l'ordre : Cauvin *et alii*, 2007b). Le grain s'adapte à tous les signes avec la même prudence que la valeur.

La **couleur** est sélective, séparative et associative mais aussi ordinale (en respectant sa valeur). En effet, La couleur permet de bien distinguer les objets entre eux, ou de repérer ceux qui appartiennent à un même groupe ; donc cette variable est idéale pour des attributs de nature qualitative nominale. Nous reviendrons sur ses qualités lorsque nous aborderons les règles de contrastes (cf. §1.4 - p.274). La couleur s'utilise avec toutes les dimensions géométriques.

L'**orientation** s'utilise pour montrer des différences et des associations mais elle ne s'adapte pas à la ligne.

La **forme** peut se traduire par un dessin représentant quelque chose d'évocateur ou de figuratif (cf. § 1.4.2 et Figure 13 - p.277), traduisant des associations (si les objets ont une forme similaire) et de différenciation lorsque les figures sont différentes les unes de autres. Cependant, la densité et la taille de la forme doivent être adaptées à l'échelle de la carte et aux objets représentés afin de conserver la compréhension de la carte (Cauvin *et alii*, 2007b). La ligne n'est pas concernée par cette variable.

Certaines variables sont préférées tandis que d'autres sont proscrites puisqu'elles mettent peu en évidence la nature des attributs. Par exemple, la variable quantitative discrète, qui peut-être discontinue, est bien représentée en faisant varier la taille de figurés ponctuels et linéaires. En revanche, la couleur seule ne s'applique pas à cause de sa propriété dissociative. Quant aux variables de l'orientation et de la forme, elles sont adaptées uniquement à des attributs quantitatifs nominaux qui, respectivement, indiquent une direction ou représentent un objet dont il est nécessaire de mettre en valeur le sens par rapport à la thématique de la carte (ex. une église, une école, un camping).

Ces règles sémiologiques permettent de représenter un à plusieurs attributs d'un objet, dont le choix des signes élémentaires (les figurés) combinés aux variables visuelles, se réalise en amont de la création des cartes. Ces choix constituent la charte graphique d'un document (des atlas, des rapports, des réponses à des appels d'offres, etc.).

1.2.1.2 Sémiologie des cartes de risque en ligne

Les cartes analysées dans le chapitre précédent présentent plusieurs chartes graphiques qui permettent de représenter des objets liés à la problématique du risque. Les chartes des CLPA²⁷, des PPR²⁸, de l'Atlas de Zones Inondables du Gard (AZI), et des CARMEN²⁹ sont analysées ci-dessous (Figure 8).

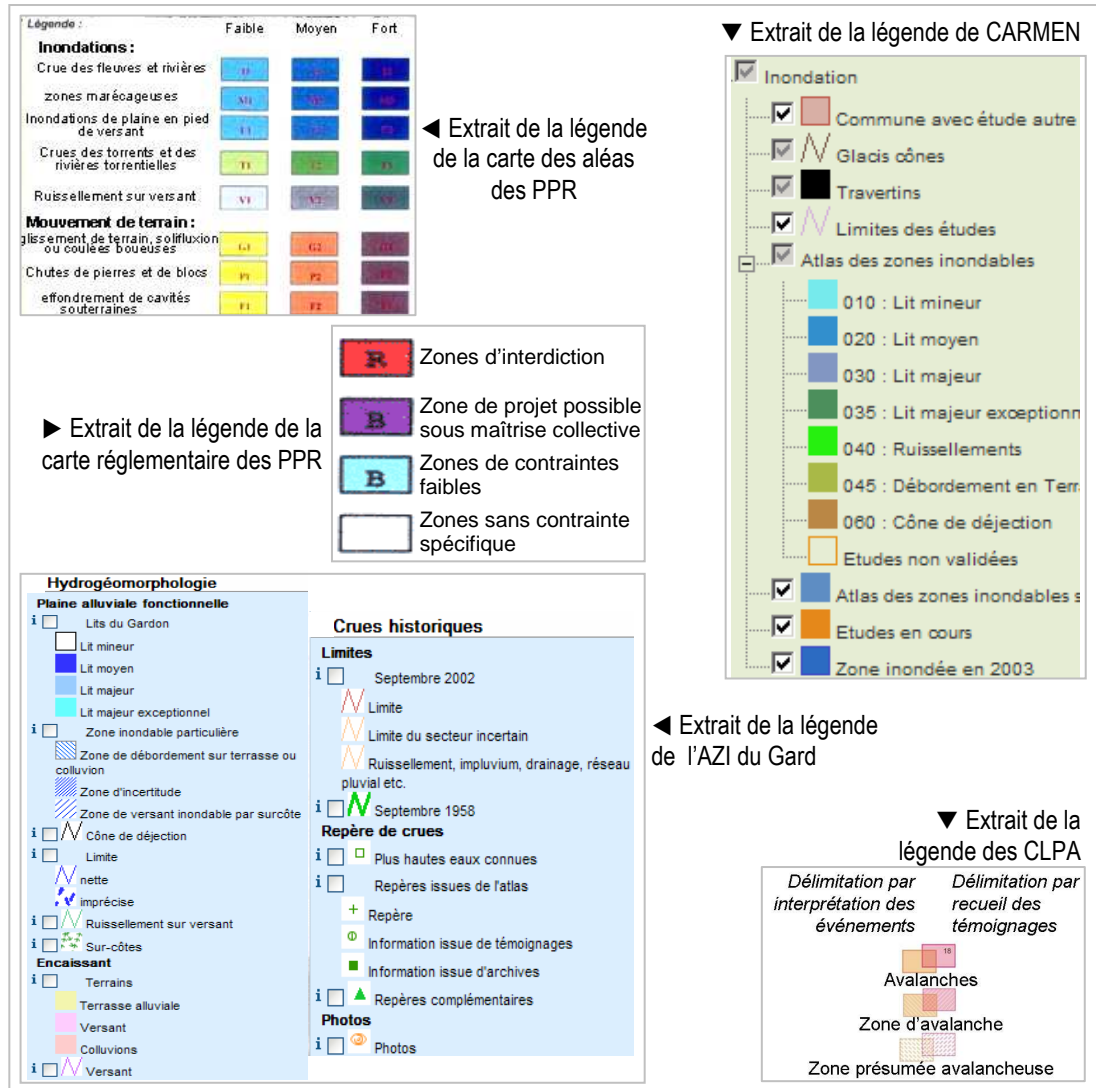


Figure 8 : Chartes graphiques des cartes de risque en ligne

- La CLPA présente des attributs qualitatifs ordonnés (niveaux d'incertitude des limites des zones d'avalanches) à travers le grain, variable adaptée ; et des attributs qualitatifs nominaux (méthode de récolte des données et des informations) au moyen de la variable de la couleur également conseillée.

²⁷ Carte de Localisation Probable des Avalanches

²⁸ Plan de Prévention des Risques

²⁹ Carte interactive Environnement & Risques : CARMEN. Cette charte est commune à tous les CARMEN de France. Ils présentent des informations sur les risques mais aussi sur d'autres thématiques telles que le littoral, la flore, etc. : http://carto.ecologie.gouv.fr/HTML_PUBLIC/Site%20de%20consultation/site.php?service_idx=25W&map=environnement.map

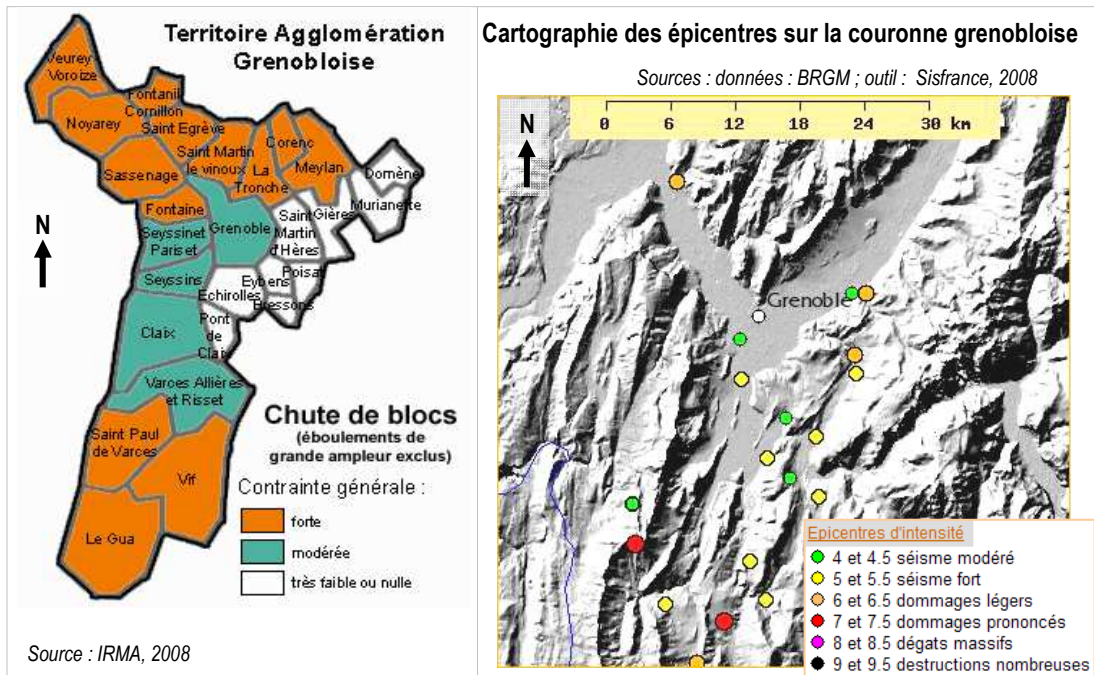
- Les cartes réglementaires des PPR montrent une variable qualitative ordonnée à l'aide de la couleur sans utiliser la valeur, ce qui est déconseillé. En revanche, les cartes d'aléas font apparaître des attributs qualitatifs ordonnés (niveau d'aléa) au moyen de la variable de la couleur associée à la valeur, ce qui est approprié.
- La charte de l'AZI du Gard utilise bien une variable de couleur associée à la valeur (lits du Gardon) et le grain (limite) pour représenter des attributs qualitatifs ordinaux. Toutefois, cet atlas représente des attributs qualitatifs nominaux (zone inondable particulière et limites des crues historiques) avec la valeur, ce qui est peu recommandé.
- L'atlas CARMEN : outre le problème de base de l'organisation de l'information, cet atlas utilise la couleur et la couleur associée à la valeur pour montrer des variables qualitatives ordinales (lits) à nominales (ruissellement, cône de déjection, etc.). De plus, le choix de certaines couleurs inhibe la distinction de certains attributs (la couleur de l'atlas des zones inondables est peu distincte de la couleur de la crue de 2003). Dans ce cas, non seulement l'information est peu organisée, mais en plus, l'utilisation de certaines variables est critiquable.

Deux problèmes se posent alors : les chartes ont des choix sémiologiques parfois peu adaptés, excepté les cartes scientifiques (CLPA et carte des aléas) ; de plus, l'absence de charte commune entrave la lisibilité de chaque carte puisque le lecteur doit systématiquement s'adapter d'une sémiologie à l'autre. Chaque site Web représente comme bon lui semble les objets liés à sa propre thématique de risque. Par exemple, les cartes chorochromatiques du site Web de l'IRMA (l'Institut des Risques MAjeurs du département de l'Isère)³⁰ utilisent la couleur sans variation de la valeur alors que la variable est qualitative ordinale (Carte 1).

Un autre exemple, la carte de localisation des séismes mise en ligne par Sisfrance³¹ (Carte 1) utilise la couleur qui varie dans le spectre de la couleur visible pour représenter une variable quantitative discrète alors qu'elle est déconseillée (Tableau 2). La taille aurait sans doute été plus adaptée. Toutefois, Sisfrance utilise parfois la taille pour représenter la variable qualitative ordinale de la magnitude pourtant peu adaptée. Ce même site Web utilise en revanche la variable de la couleur associée à la valeur pour représenter l'ordre de la chronologie temporelle, qui d'après les règles étudiées, paraît correcte (Chapitre 2 : Carte 9 – p.187).

³⁰ http://www.iram-grenoble.com/04risques_isere/01affiche_territoire_grenoble.php?id_carte=6, dernière visite 2009

³¹ http://www.sisfrance.net/donnees_SIG.asp?ACTION=init&BASE=sisfrance&DEPT=38&COMM=aucun, dernière visite 2009

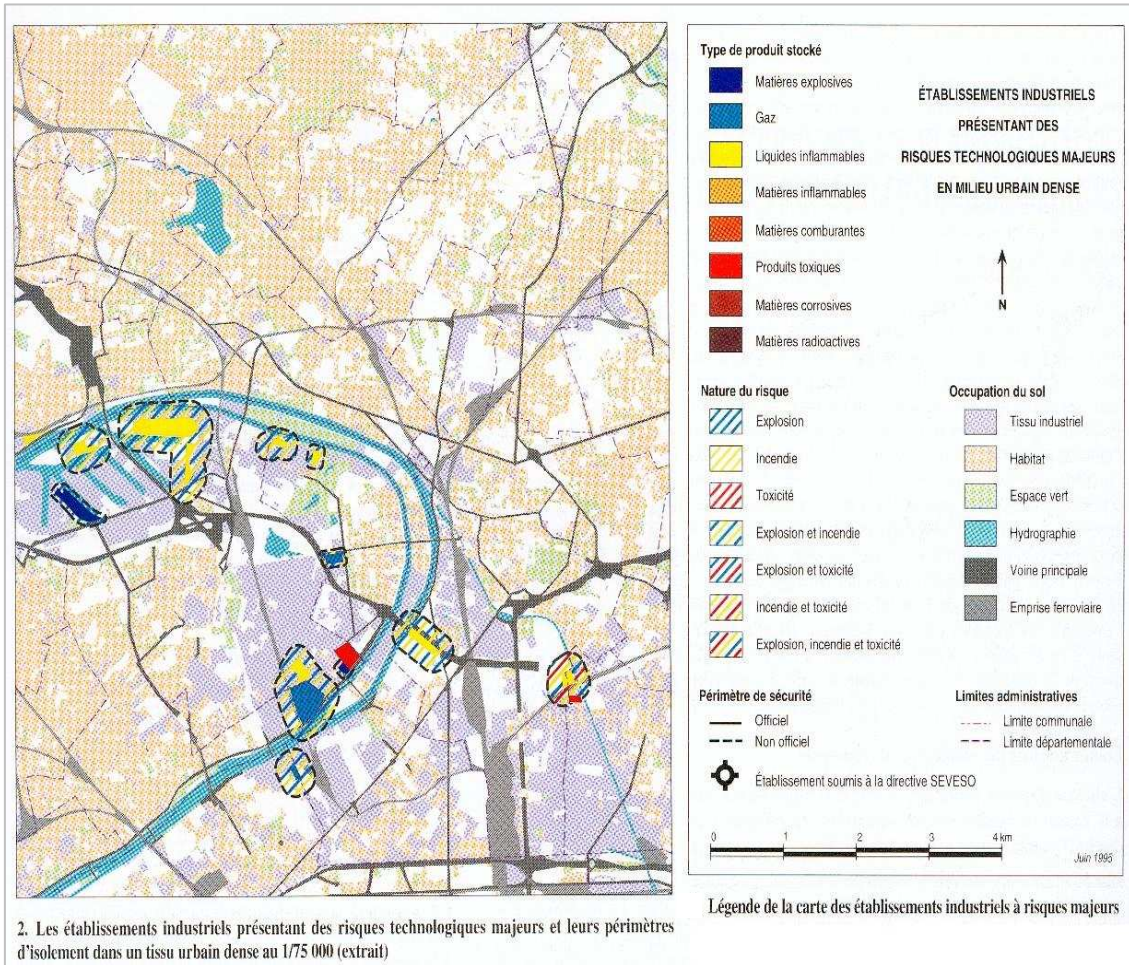


Carte 1 : Sémiologie cartographique du risque éboulement et du séisme dans la couronne grenobloise

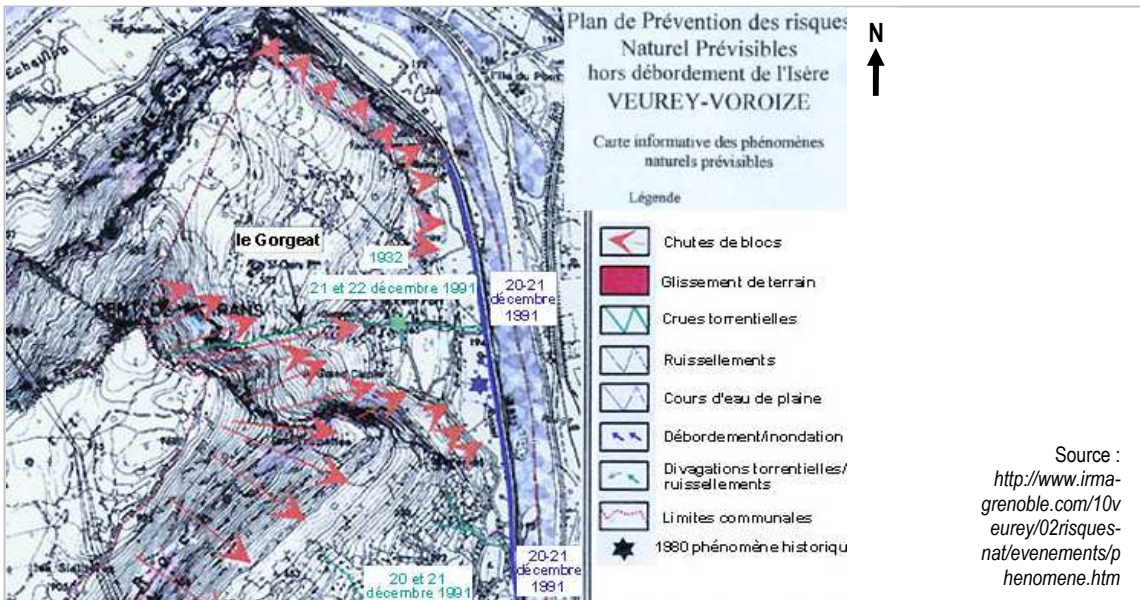
A l'inverse, la carte sur le risque technologique réalisée par Glatron (1995, Carte 2) utilise la couleur associée à la valeur pour représenter une variable qualitative nominale. Le choix de la couleur qui varie dans des teintes différentes, également utilisé, est davantage adapté. Le problème particulier de cette carte est dans la dualité des types d'objets importants : l'auteur souhaite faire montrer à cette carte les relations entre les types de produits stockés et la nature du risque. Pour une meilleure lisibilité de la carte, la grande superposition des objets surfaciques imposerait l'utilisation d'une échelle plus grande, et l'utilisation des contrastes (§1.4 – p.274). Chesneau (2006) retravaille cette carte et en montre un exemple³² qui toutefois inhibe certaines informations qui paraissent pourtant importantes : le cours d'eau se distingue peu des emprises ferroviaires et de la voirie qui pourtant ont des enjeux différents. Les règles cartographiques semblent présenter ici leur limite.

Pour indiquer l'orientation du déroulement de phénomènes, tels que des avalanches à moyenne échelle (carte d'Antoine *et alii*, 1994 ; Chapitre 2 : Carte 7 – p. 185), les géographes utilisent la variable de la direction à travers des flèches. Cependant, une échelle et une densité de figurés mal adaptés, probablement à cause d'un manque de réflexion sur la généralisation de la carte, entraînent immédiatement une lecture difficile (Carte 3).

³² p.89 de la thèse de Chesneau (2006)



Carte 2 : Carte du risque technologique et sémiologie graphique (Glatron, 1995)



Carte 3 : Extrait d'une carte de localisation de phénomènes naturels linéaires et orientés

Quant au DICRIM³³ de Saint-Martin-d'Hères (38), il respecte la variable de la couleur associée à la valeur afin de représenter un attribut qualitatif ordinal, et la couleur pour l'attribut qualitatif nominal des types d'aléas (Figure 9 A et B).

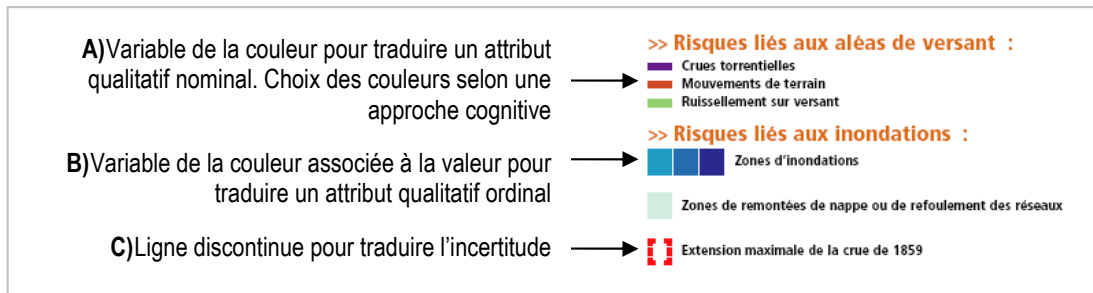


Figure 9 : Légende du DICRIM de Saint-Martin-d'Hères (38)

L'utilisation de la sémiologie cartographique dans la cartographie du risque s'applique, mais de manière isolée et réduite. Cependant, les applications montrent un réel intérêt à employer ces règles graphiques, notamment pour indiquer la direction que prennent des phénomènes lors de leur réalisation, mais aussi pour représenter des ordres, des attributs qualitatifs nominaux et parfois des quantités. En effet, cette sémiologie permet d'ajouter un sens à des objets localisés afin d'en lire un message et de s'imprégner d'une situation globale. Elle permet également au lecteur de dissocier, associer ou ordonner les objets présents sur la carte. Ces règles sémiologiques constitueront alors une base pour la construction des cartes représentant l'IDE.

1.2.1.3 Une sémiologie graphique malmenée

Notre analyse montre une utilisation très modérée de la sémiologie graphique de Bertin, postula confirmé par Bord (1997 et 2006) qui affirme qu'en cartographie, l'application des règles de sémiologie graphique est modeste. D'après Steinberg (2000), ce problème serait dû à l'absence d'apprentissage des règles de sémiologie de base auprès des ingénieurs non cartographes utilisant des outils cartographiques (urbanistes, dessinateurs, etc.). De plus, les théories et les réflexions sur la sémiologie graphique sont quasiment absentes de la discipline géographique (Bord, 2006). Ce phénomène serait dû :

- premièrement, à un manque de moyens humains et de structures qui promouvraient la réflexion là où l'apprentissage de la technique est privilégié par rapport à l'apprentissage de nouveaux concepts (il n'existe pas de master recherche en cartographie) ;
- deuxièmement, le manque d'articles et d'ouvrages concernant la théorie en cartographie. Toutefois, le récent ouvrage de Cauvin *et al* (2007) commencerait à combler ce vide.

Ecobichon (1994) remarque un problème à un autre niveau, plus matériel : « en cartographie, on entend régulièrement les spécialistes s'indigner de la pauvreté affligeante

³³ Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs

des possibilités sémiologiques de certains logiciels. Cette pauvreté, associée à l'ignorance de l'utilisateur et aux discordances des palettes de couleurs des écrans et des imprimantes, conduit à ce que les cartes « fausses » soient parfois élaborées, en toute naïveté ».

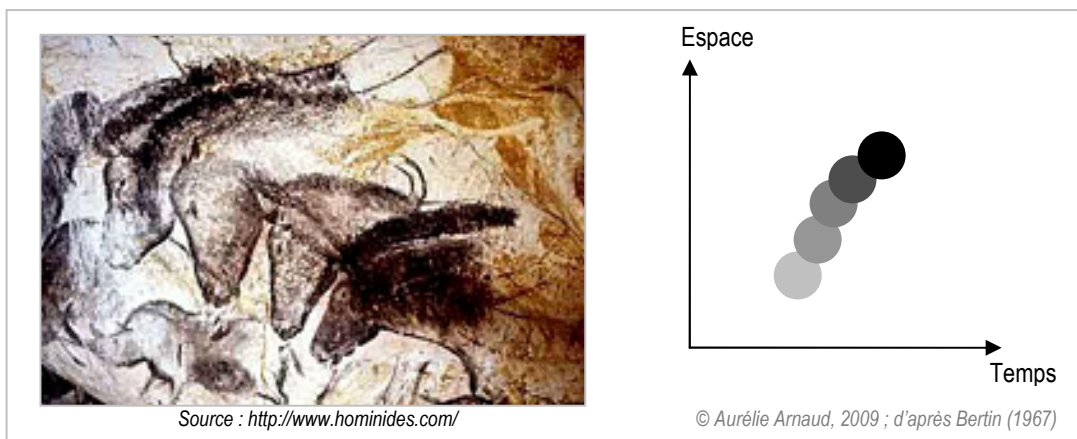
Si actuellement les fondements de la cartographie sont peu respectés, ce phénomène est encore amplifié par la possibilité de réaliser des cartes par des utilisateurs profanes *via* des outils de cartographie en ligne proposant des légendes interactives, mais aussi des SIG en ligne. Ces cartes « personnalisées » peuvent alors véhiculer des messages erronés.

La sémiologie graphique ci-présentée est reprise par des chercheurs afin de mettre en évidence d'autres natures d'attributs (différentes que la quantité, la qualité, l'ordre, la sélection et l'association). Les temporalités, l'incertitude et la grande quantité d'attributs sont les trois natures sur lesquelles nous allons nous attarder.

1.2.2 Règles cartographiques pour représenter les évolutions

Dès la préhistoire, l'homme tente de représenter le mouvement, par exemple, en peignant un même animal dans plusieurs positions successives (Photographie 1).

Bertin (1967) présente d'ailleurs une variable semblable que nous ne retiendrons pas³⁴ : la trace de l'objet.



Photographie 1 : Peintures préhistorique de chevaux en mouvement, Grotte du Chauvet (07) et représentation de la trace de Bertin (1967)

La présente étude analyse les nouvelles variables qui apparaissent avec l'étude du mouvement (§ 1.2.2.1) pour ensuite vérifier leur application sur les cartes de risque en ligne (§ 1.2.2.2).

³⁴ En effet, cette variable demande beaucoup de place et peut se confondre avec d'autres sémiologies appliquées.

1.2.2.1 Les variables de mouvement

L'étude de la représentation des temporalités des attributs se réalise à travers l'exploration des variables de mouvement. En effet, le terme de mouvement peut être attribué à l'évolution d'objets sur une carte dans le temps. Les prémisses de la cartographie dans le temps s'observent dans la sémiologie bertinienne qui commence à s'y intéresser à travers la représentation du mouvement, puis elle est étendue grâce à des auteurs tels qu'Ormeling (1995), l'Hostis (2003), Peterson (1994) ou Vasiliev (1997, *in* Klein, 2006), qui l'utilise comme un point de départ. Bertin (1967) propose la multiplication de cartes pour montrer le changement de localisation d'objets (une collection de cartes), la représentation de la trace d'un point au moyen d'une ligne ou de flèche, la variable de la taille en considérant que le temps est un attribut quantitatif discret. Ormeling (1995) reprend ces représentations et en ajoute. L'utilisateur perçoit alors le mouvement grâce au changement de la valeur des variables statiques observable à travers une série de cartes ou une animation cartographique³⁵ : changement de taille, de forme, de texture, de localisation, de teinte de la couleur, de valeur de la couleur, d'orientation, de taux de changement, de thématique, de scènes, d'échelle cartographique et de perspectives (Figure 10).

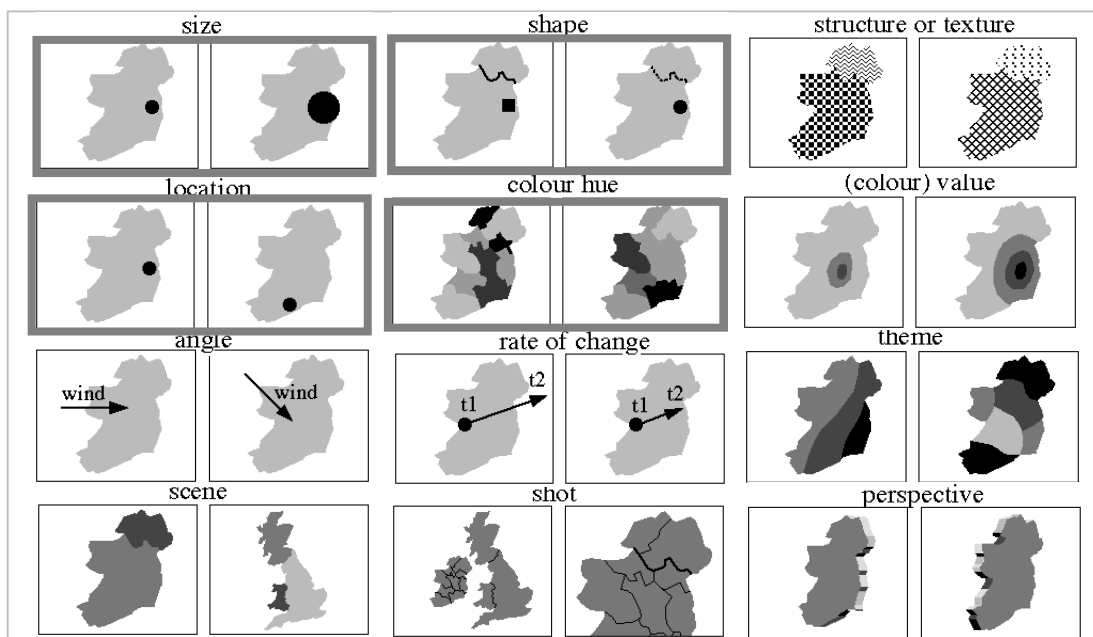


Figure 10 : Variables de mouvement de Hayward (Ormeling, 1995)

Avant Ormeling, Peterson (1994) définissait les variables de l'animation : la taille, la forme, la position (localisation), la vitesse de changement (taux de changement), le point de vue³⁶, la distance, la vue en perspective et les textures, la teinte de la couleur et l'ombrage³⁷ (la valeur). Plus tard, l'Hostis (2003) considère aussi le mouvement comme une variable. Il définit alors huit variables : la taille, la forme, la position, la teinte de la couleur et son

³⁵ Nous étudierons l'animation cartographique dans la section suivante.

³⁶ Représentation d'un phénomène selon deux types d'acteurs différents dont les regards sont distincts compte tenu de leurs connaissances.

³⁷ L'ombrage accentue également les caractéristiques.

ombrage, et la vitesse du changement. D'après Caquard (2003), les variables visuelles les mieux adaptées à l'animation sont la taille et la valeur. La variation de la transparence peut également induire le mouvement. D'après Asalin *et al* (2003), la taille traduit un gain ou une perte de valeur brute, tandis que la couleur traduit une évolution relative ou un changement qualitatif. Cheylan (2007) anime la localisation, la taille et la forme (Tableau 3).

		Auteurs	Peterson (1994)	Ormeling (1995)	L'Hostis (2003)	Caquard (2003)	Asalin (2003)	Cheylan (2007)
Variables de mouvement								
Variables classiques	Taille		x	x	x	x	x	x
	Grain - texture		x	x				
	Valeur - ombrage		x			x		
	Couleur + valeur			x	x			
	teinte couleur		x	x	x		x	
	Orientation			x				
	Forme		x	x	x			x
Extensions des variables classiques	Transparence					x		
	Localisation		x	x	x			x
	Vitesse de changement		x	x	x			
	Point de vue		x		x			
	Thématique			x				
	Distance		x		x			
	Scène			x				
	Echelle			x				
	Perspective		x	x				

© Aurélie Amaud, 2009

Tableau 3 : Histoire des variables de mouvement

Les variables qui résistent à l'histoire sont en majorité des variables classiques (la taille, la forme et la teinte de la couleur, puis la valeur et la valeur associée à la couleur). Toutefois certaines extensions de ces variables persistent, telles que la localisation puis la transparence, la vitesse de changement, le point de vue et la distance. La disparition des extensions semble avoir deux causes : d'une part, comme le développement des technologies logicielles ne permet pas de représenter ces variables, ces dernières ont été oubliées. D'autre part, la distance relève davantage d'un attribut quantitatif, quant à la scène et à l'échelle, il s'agit davantage d'une navigation sur carte que de variables de mouvement puisqu'elles introduisent peu le mouvement au sens « évolution ». Enfin, la perspective ne semble pas non plus un gage d'appréciation de l'évolution mais plutôt un moyen d'observation des représentations sous d'autres angles de vue. Un autre paramètre qui a pu jouer sur la suppression de certaines variables est la thématique traitée (ex. les mobilités, le risque) ; ou encore les recherches sur l'animation des figurés (en tant que technique) qui aurait inhibé la réflexion sur le mouvement des objets (de manière conceptuelle).

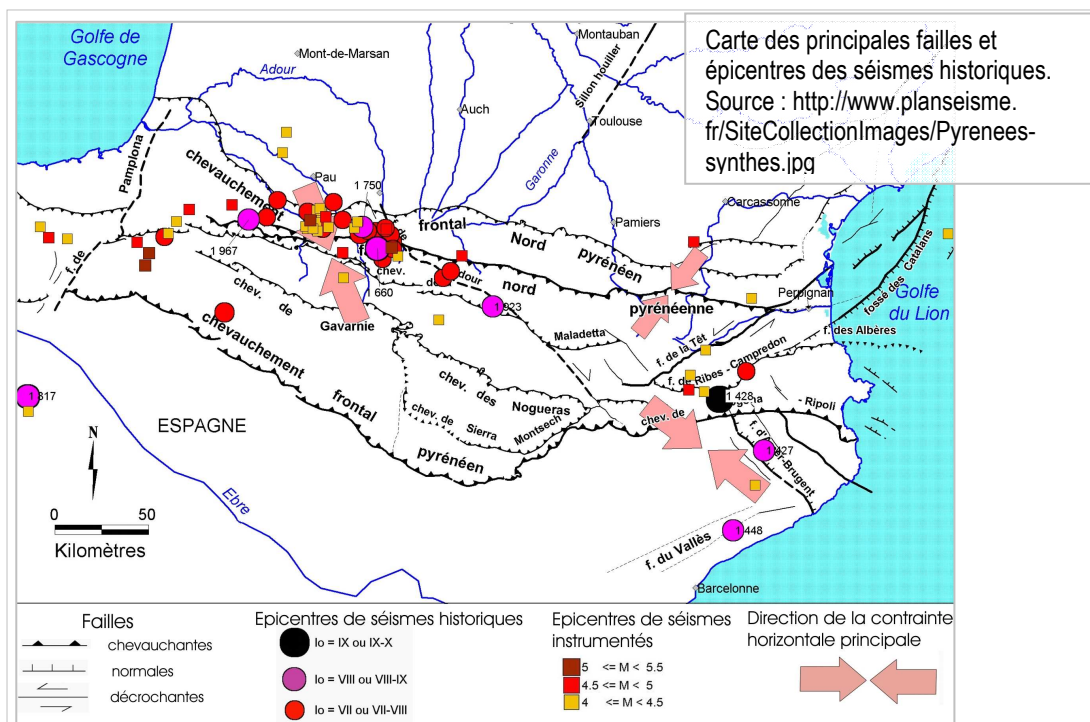
Les variables de mouvement les plus utilisées sont alors la taille, la couleur (teinte), la forme et la localisation (surlignées dans la Figure 10), mais aussi la vitesse, la valeur, la valeur associée à la couleur et la transparence. L'orientation, le point de vue et la thématique apparaissent également comme des variables rendant compte des évolutions et nous les retenons.

Toutefois, la multiplication d'objets ponctuels tels que des flèches d'orientations différentes réduit la lisibilité de l'information (Carte 3 – p.258). De même que les objets

surfaciens peuvent être difficilement comparables d'une carte à l'autre (Chapitre 2 : Carte 10 – p.188). L'application de ces variables peut imposer une collection de cartes où ces dernières doivent respecter une même échelle, une même orientation et une même légende. Cette solution demeure alors rapidement limitée pour repérer les évolutions locales et les interactions entre l'espace et le temps (Thevenin, 2002). D'autres limites apparaissent avec l'étude des cartes de risque.

Note : la suggestion du changement peut également être provoquée par une déformation de la carte issue d'une projection cartographique ou une série de cartes en anamorphose³⁸ (Gersmehl, in Perterson, 1994).

1.2.2.2 Les cartes de risque en ligne et le temps



Carte 4 : Représentation du mouvement de la structure tectonique au moyen de flèches

Appliquées aux cartes de risque en ligne, les cartes que nous avons découvertes représentent le mouvement par des flèches orientées (suggéré par Bertin, 1967 ; Rimbart, 1990 et Weger, 1996 par exemple) : les événements avalancheux (Chapitre 2 : Cartes 6 – p.183 et Carte 7 – p.185) et la direction des failles Carte 4. Ces cartes montrent également des évolutions temporelles par l'inscription de dates directement sur la carte (Carte 4 et Chapitre 2 : Cartes 6, 7 et 8 – p.186) rendant la carte peu lisible du fait de la superposition des objets ou de l'inscription des dates. L'évolution temporelle est aussi représentée au moyen de la variable de taille (Chapitre 2 : Carte 7 – p.185) mais aussi de la couleur (Chapitre 2 : Carte 9 – p.187). Nous constatons dans les deux derniers cas qu'un même site,

³⁸ Cette forme n'est pas étudiée à cause de difficulté d'intégration des paramètres de représentation dans notre futur outil.

Sismalp, utilise une sémiologie différente pour représenter la dimension temporelle, ce qui peut mener à une lecture fautive lorsque le lecteur passe d'une carte à l'autre sans lire la légende systématiquement.

Toutefois, du point de vue de la représentation du temps, les variables de mouvement permettent de représenter un seul attribut temporel : celui de l'ordre chronologique. Une réelle réflexion sur la représentation cartographique de l'évolution des objets dans leur différentes temporalités (découvertes dans les Chapitres 1 et 2 : la fréquence, la durée, la période de retour, etc.) semble absente du champ théorique de la sémiologie graphique. Néanmoins, ces temporalités, que nous nommerons « attributs temporels », ont commencé à être étudiées lors de l'apparition de la forme cartographique animée (§2.2). D'ailleurs, Caquard (2003) et Cheylan (2007) évoquent l'application des variables de mouvement aux objets animés. Nous y reviendrons dans le §2.2. Enfin, pour représenter spécifiquement l'évolution temporelle, les variables qui s'appliquent à la dimension temporelle représentent seulement l'ordre chronologie comme un attribut quantitatif discret *via* la taille.

En conséquence, pour représenter ces évolutions, dans certaines situations de recherche ou de prises de décision, l'utilisateur est confronté à deux choix d'affichage de l'évolution qui présentent des qualités mais aussi des inconvénients :

- l'affichage d'objets dans une collection de cartes révèle des phénomènes mais en cache d'autres à cause de la juxtaposition de surfaces qui inhibe la possibilité d'observer des limites superposées. Cependant, chaque objet reste lisible puisqu'ils ne s'empilent pas ;
- l'affichage d'objets sur une même carte permet à l'utilisateur d'observer leur superposition pour, par exemple, comparer des localisations et tenter de repérer des fréquences. En revanche, cet entassement peut entraîner des difficultés de lecture.

La partie suivante tente de mener le même exercice que précédemment, mais cette fois-ci dans l'étude de la thématique de l'incertitude.

1.2.3 Règles cartographiques pour représenter l'incertitude

S'il existe des variables de mouvement clairement définies, ce n'est pas le cas pour les variables de représentation de l'incertitude (que nous nommerons « variables d'incertitudes »). Cependant, les écrits montrent une recherche active dans ce domaine dès les années 1990. Ces variables sont dispersées dans la littérature et nous allons tenter de les rassembler afin de les analyser. Elles s'appliquent à certains types d'incertitudes que nous avons définis dans le deuxième chapitre (§ 3.2.3 - p.204).

Buttenfield (1990, *in* Thomson *et alii*, 2005) propose pour la première fois quelques solutions pour représenter l'incertitude en réalisant un tableau de variables visuelles correspondant à cinq types de « qualités de données » (Tableau 4). Il identifie l'imprécision

spatiale, l'imprécision attributive (mesures), la cohérence logique (accord/désaccord, l'incomplétude et la lignée. Puis Buttenfield détermine des variables visuelles pour chaque propriété d'attributs (quantitatif discret, qualitatif et quantitatif continu), sachant qu'un type d'incertitude peut contenir plusieurs propriétés : l'incertitude de position se représente à travers la variable de la taille lorsque sa nature est discrète (ex. des degrés d'imprécision), mais aussi la variable de la valeur si elle est ordonnée (ex. pas d'imprécision/moyenne imprécision/grande imprécision). Le chercheur précise des techniques de cartographie pour représenter certains signes élémentaires : par exemple la densité de traces, la généralisation par algorithme ou la taille du *buffer*³⁹. Les variables utilisent alors la sémiologie classique (la taille, la valeur, la teinte de la couleur, le grain, la forme et la valeur associée à la couleur) en suivant peu les règles cartographiques définies plus haut : par exemple la propriété quantitative se représente ici au moyen de la forme, de la valeur et de la couleur pourtant proscrites. Nous doutons alors de l'application cartographique de ces variables qui a peu été testée.

A Framework for Visualizing Cartographic Metadata

DATA QUALITY / DATA TYPE	POSITIONAL ACCURACY	ATTRIBUTE ACCURACY	LOGICAL CONSISTENCY	COMPLETENESS	LINEAGE
DISCRETE points and lines	<i>size</i> <i>shape</i> (error ellipses) (epsilon bands)	<i>value</i> <i>color saturation</i> (feature code checks)	<i>value</i> redundancy by overprinting slivers by solid fill <i>shape</i> (topological cleaning)	Mapping techniques density traces Marginalia generalization algorithm snapping tolerance buffer size	
CATEGORICAL Aggregation and Overlay (tessellation, tiling, areal coverages)	<i>texture</i> <i>value</i> (certainty of boundary location)	<i>color mixing</i> (attribute code checks) (topographic classifier)	lack error models	Mapping techniques missing values logical adjacency surface Marginalia discrete model weights	Mapping technique Minimum Bounding Rectangles (reliability diagrams)
Partitioning and Enumeration (metric class breaks)	not meaningful	<i>size = height</i> <i>value</i> (blanket of error)	<i>size = height</i> (maximum likelihood prism maps)	Mapping techniques missing values misclassification matrix classing scheme OALTAI	Marginalia source of data scale / resolution date geometry
CONTINUOUS Interpolation (surfaces and volumes)	no clear distinction between the two <i>value</i> <i>color saturation</i> (continuous tone vignettes) (continuous tone isopleths)	<i>size = height</i> <i>color</i> <i>shape = compactness</i> (TIN links)	<i>size = line weight</i> <i>color</i> <i>shape = compactness</i> (TIN links)	not possible by definition Mapping techniques surface of search attenuation Marginalia interpolation algorithm	

← GRAPHICAL SYNTAX → GRAPHICAL / LEXICAL SYNTAX →

Tableau 4 : Variables de représentation de l'incertitude selon Buttenfield (in Thomson et alii, 2005)

Toutefois, MacEachren (1995) étend les variables classiques en ajoutant le « foyer »

³⁹ Le buffer est une technique utilisée dans les Systèmes d'Information Géographique. Il s'agit d'une zone tampon autour d'un signe élémentaire.

dont les limites sont estompées pour représenter des objets à limites incertaines. Il s'agit plus qu'une simple variation de la valeur car cette variable s'applique à tous les signes élémentaires, indépendamment des autres, par exemple en représentant un point d'une certaine taille mais dont les limites sont floues.

Puis ce sont plusieurs chercheurs qui travaillent sur la qualification de l'incertitude en élaborant une méthode qui fait intervenir des fonctions d'évaluation floue (au sens d'imprécision cartographique), Bard *et alii* (2003). Les résultats de ces travaux permettent par exemple d'appliquer un indice selon la qualité « bonne », « plutôt bonne », « plutôt mauvaise » ou « mauvaise » de l'évaluation de la généralisation des figurés entre deux échelles cartographiques. Il s'agit là de représenter une imprécision de la granularité de l'information spatialisée comme un attribut qualitatif ordonné d'un objet, en respectant les règles classiques de la représentation cartographique.

D'autres recherches sur la représentation de l'incertitude, et plus précisément de l'imprécision métrique, consistent à la calculer en utilisant la logique floue par exemple. Dragicevic *et al* (2000) proposent alors une représentation au moyen de la signalisation de zones non renseignées par des traits plus ou moins épais (ex. les travaux de délimitation de bassins versants de Miller *et al*, 1996). Là encore, l'imprécision métrique devient un attribut quantitatif discret auquel on associe une variable visuelle conforme aux règles classiques (la taille).

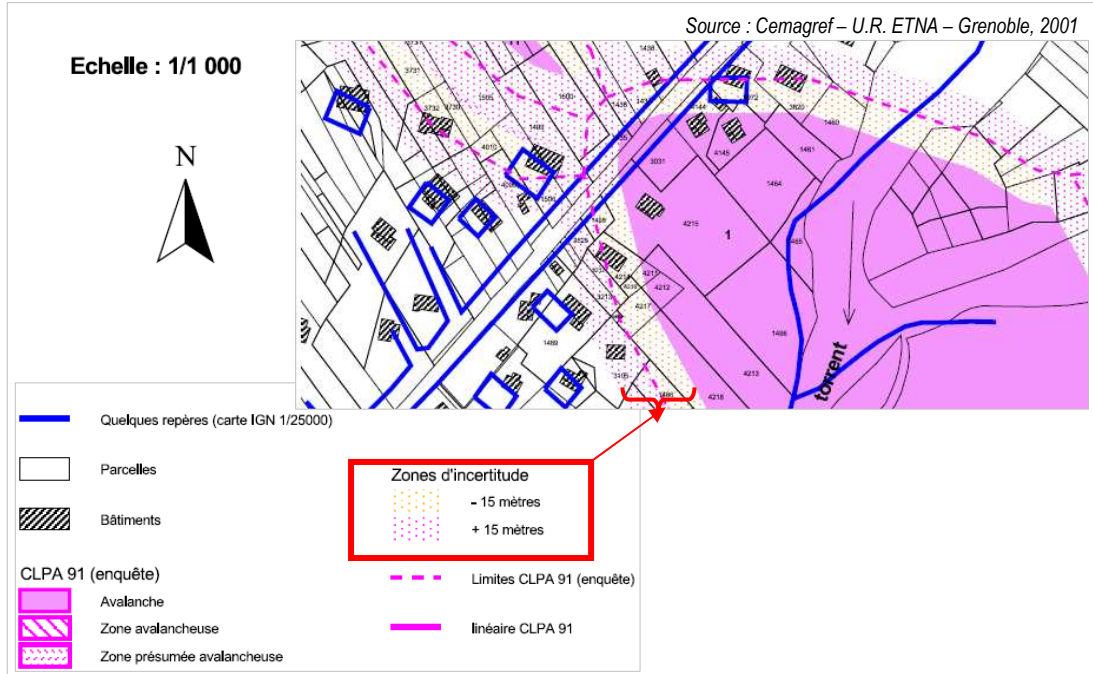
Vers 2001, les travaux du Cémagref de Grenoble sur la CLPA aboutissent à une représentation de l'incertitude de la localisation des avalanches de deux manières :

- dans l'esprit des travaux de MacEachren (1995) sur le « foyer », la représentation de l'incertitude utilise une variation du grain pour distinguer une zone où l'on est sûr que l'avalanche s'est produite (le grain a un maximum de densité), et une zone moins certaine (le grain est beaucoup moins dense). Cette représentation semble adaptée. En effet, elle est conforme aux règles de sémiologie classique où l'incertitude est un attribut qualitatif ordinal associé à la variable du grain (Carte 5) ;
- l'incertitude est également considérée comme un attribut quantitatif discret (-15 mètres ; +15 mètres) associé à la variable de la couleur, enfreignant l'utilisation des règles classiques. D'ailleurs, les deux couleurs se distinguent peu (Carte 5).

Dans le prolongement de ces travaux, Bodin (2002) tente de proposer une représentation cartographique issue de ses résultats présentés dans notre deuxième chapitre (§ 3.2.3), appliqués à la CLPA. Afin de représenter les incertitudes sémantique et géométrique, l'auteur leur associe deux types de « *franges d'incertitude* ».

- la frange d'incertitude géométrique s'étend sur la zone de l'enveloppe de la CLPA à la zone hors CLPA. L'appartenance de l'événement dans l'enveloppe CLPA est égale à 1 et s'étend de 0 à 1 dans la frange géométrique (Figure 11);

- la frange d'incertitude sémantique est égale à deux fois la largeur de la frange géométrique à partir du trait de l'enveloppe de la CLPA. L'appartenance de l'événement dans la frange sémantique s'étend de 0 à 0,80. L'appartenance est nulle hors de la frange (Carte 5).



Carte 5 : Cartographie de l'incertitude sur une carte CLPA

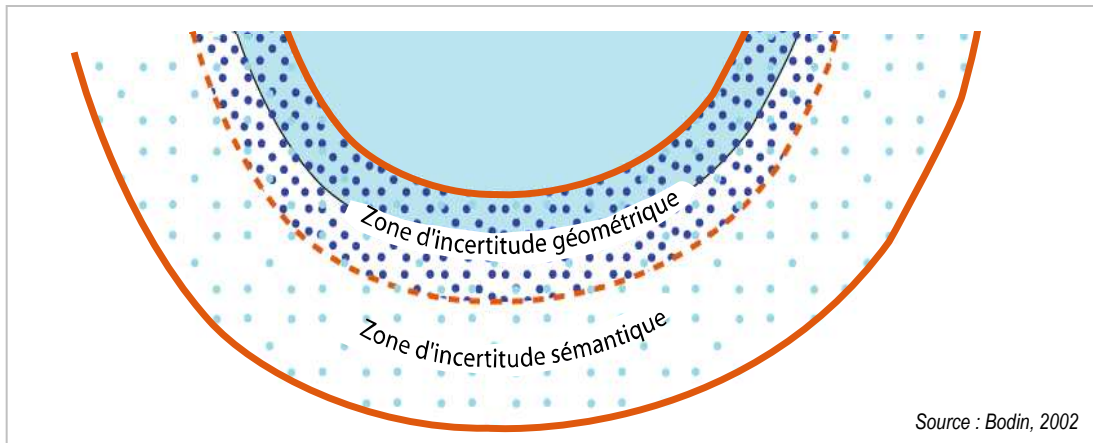
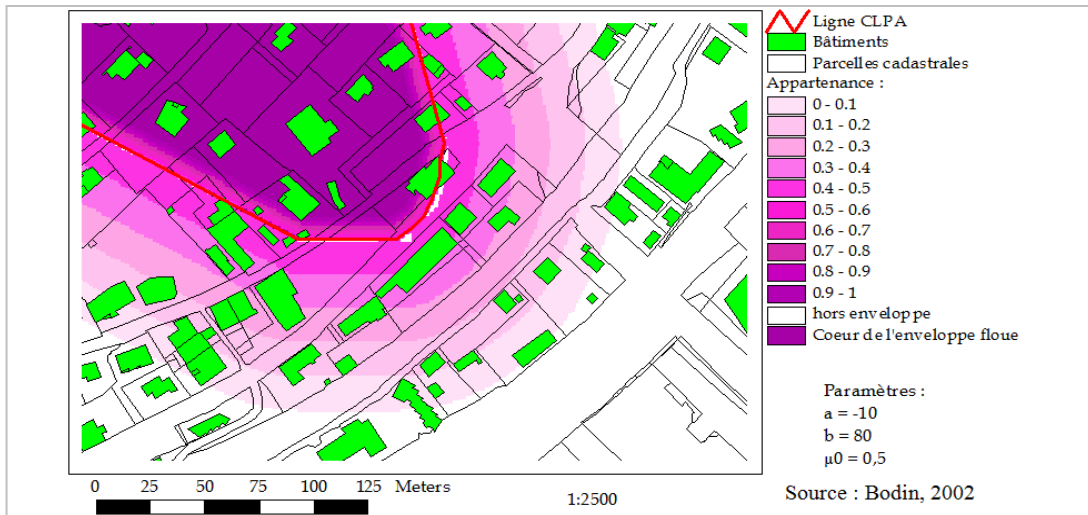


Figure 11 : Proposition d'un principe de représentation de l'incertitude (Bodin, 2002)

Le cartographe affine la limite d'incertitude selon la qualité des témoignages, leur complétude et leur compréhension. Sur la carte, l'épaisseur des franges d'incertitudes peut varier selon une dizaine de classes. Son emplacement par rapport à la limite de l'enveloppe CLPA dépend alors du témoignage et du degré de catastrophisme de l'avalanche. L'incertitude est ici un attribut quantitatif discret représenté au moyen de la variable de la valeur associée à la couleur qui, dans ce cas, est une application convenable (Carte 6),

contrairement aux préconisations de la sémiologie classique.



Carte 6 : Franges d'incertitudes d'une enveloppe CLPA à l'échelle 1/2500 (Bodin, 2002)

Plus récemment, Pang (*in Griethe et alii*, 2006) définit les variables visuelles de la couleur, la taille, la position, l'angle (la direction), la texture, la clarté/le flou de zones, la transparence et la netteté de points comme pouvant représenter l'incertitude. La valeur ou la valeur associée à la couleur qui se dégrade, l'épaisseur du trait, ou encore l'isoligne présente également des moyens de représentation de l'incertitude (Chesneau, 2006). Cependant, les isolignes chargent rapidement une carte (ex. les isolignes d'altitudes des cartes topographiques).

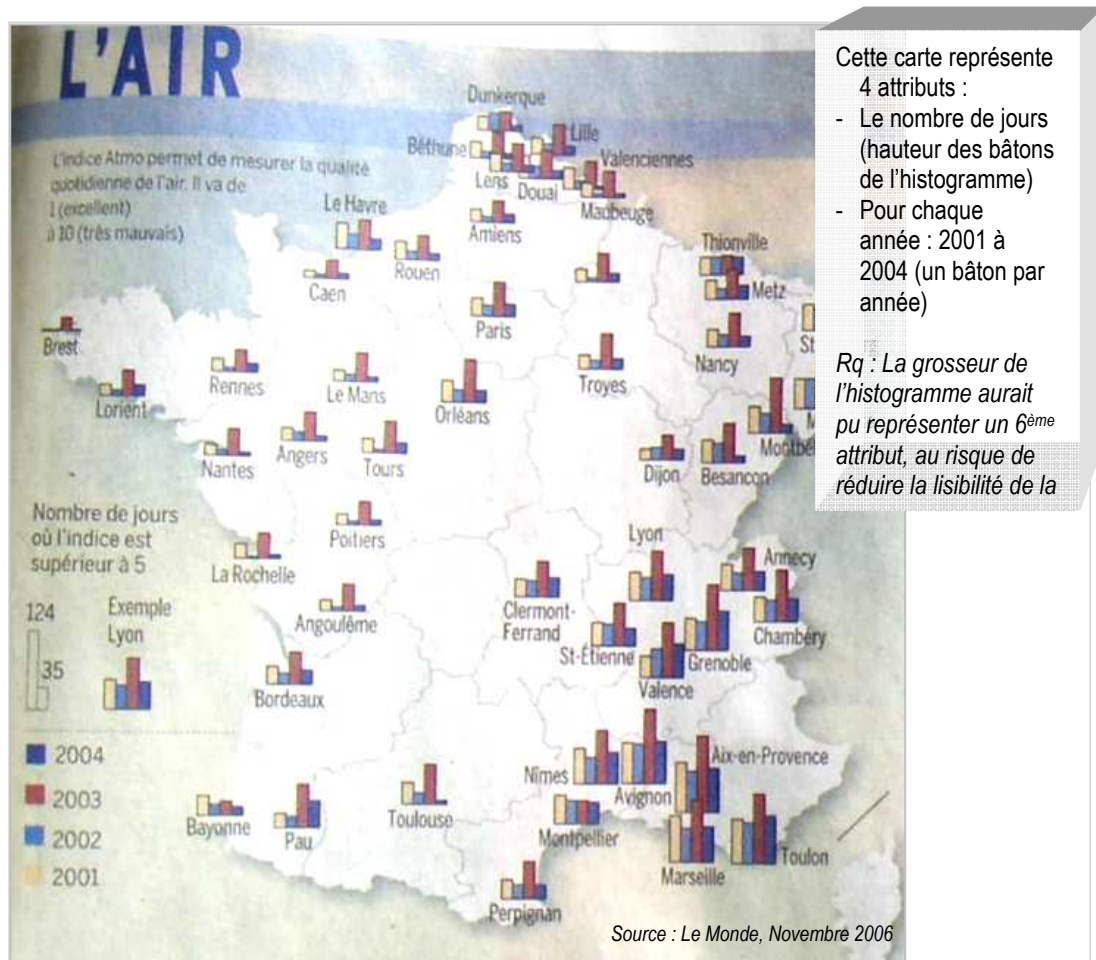
L'utilisation de ces variables pour représenter l'incertitude doit s'adapter aux objets affichés, tant au niveau de la nature de l'incertitude (quantitative, qualitative) qu'au niveau du signe élémentaire qui représente l'objet (point, ligne, surface). Cependant, de nombreux auteurs proposent des calculs d'incertitude pour la représenter sur la carte, **condamnant une grande quantité d'information** cachée derrière les figurés, dont la composition est pourtant complexe et parfois controversée (cf. définition de l'incertitude, Chapitre 2). Or les acteurs, pour construire des territoires à risque, ont besoin de toutes ces informations et pas seulement d'un indice d'incertitude. Toutefois, nous retiendrons l'extension d'une nouvelle variable visuelle introduite par MacEachren (1995) : le « **foyer** ». En effet, cette variable s'avère très intéressante car d'une part, elle exprime convenablement l'aspect incertain, d'autre part, elle est simple d'utilisation puisqu'elle s'applique à toutes les figures élémentaires, sans nécessairement effectuer de calculs. Néanmoins, au même titre que le foyer, d'autres variables, proposées par Pang (*in Griethe et alii*, 2006), paraissent intéressantes à exploiter : **la transparence**, que nous avons découvert avec les variables de mouvement, mais également d'autres nouvelles variables telles que la **netteté** (qui s'applique aux signes ponctuels et linéaires) **et la clarté/le flou** (qui s'applique aux surfaces).

Ces règles cartographiques sont peu utilisées en ligne. Il arrive que l'incertitude soit informée mais de manière textuelle, dans des tableaux de données, sans liaison particulière avec la carte.

Les variables classiques sont alors étendues par les variables de mouvement et les variables d'incertitude. La partie suivante tente alors de rechercher s'il en existe de comparables pour représenter de nombreuses thématiques simultanément.

1.2.4 Règles cartographiques pour représenter plusieurs thématiques

D'après Bertin (1967), une carte doit contenir un nombre limité d'informations : « un message est d'autant plus efficace si le nombre d'images (superposées ou séparées) et leur complexité seront réduits, la lecture doit s'effectuer à un niveau d'ensemble », une carte égale un message. Or, actuellement la demande des acteurs est d'accéder (et donc d'afficher) à un maximum d'informations lisibles en même temps. Les règles sémiologiques dictées par Bertin et ses confrères permettent toutefois de représenter plus qu'un ou deux attributs (Carte 7).



Carte 7 : Représentation de cinq attributs (Le Monde, 2006)

Par exemple en remplaçant le signe graphique ponctuel par un graphique (histogramme, diagramme en secteurs, etc.) auquel on peut même appliquer une variable de taille. Cette variable de taille est toutefois à utiliser avec précaution. Elle s'adapte à certains graphiques plus qu'à d'autres. Par exemple, la variation de la taille se prête aux camemberts mais peu

aux histogrammes : les portions du camembert gardent les mêmes angles et conservent alors la proportionnalité des valeurs ; en revanche, lors de l'agrandissement d'un histogramme, toutes les valeurs absolues changent et nuisent alors à l'interprétation et à la lisibilité de l'information cartographiée.

Ces cartes montrent une possibilité de représenter la valeur de quelques attributs supplémentaires. Cependant, la quantité d'attributs lisibles sur une carte dépend de la nature des attributs, de la dispersion/concentration des objets et de leur densité (nombreux ou peu nombreux). Il reste peu évident de représenter plusieurs attributs de natures différentes. Par exemple, sur la Carte 7, si le cartographe ajoute un attribut quantitatif ou ordinal aux objets « région » en utilisant des plages de valeur, la carte a des chances de rester encore lisible. Cependant, l'introduction d'un sixième objet linéaire ou ponctuel entraverait la clarté de l'information.

Le moyen d'augmenter la quantité d'attributs sur une carte statique est alors l'ajout d'un signe élémentaire : le graphique ; mais son utilisation est délicate. La représentation de nombreux attributs reste alors réduite si l'on se limite à l'utilisation des règles cartographiques classiques. De nouvelles variables n'apparaissent pas pour dissocier de nombreux objets dont la nature des attributs est différente (ex. les phénomènes de tous types associés à leur étendue et ampleur + les dommages de tous types associés à leur degré d'endommagement). Le cartographe doit alors réaliser plusieurs cartes thématiques qu'il pourra éventuellement juxtaposer.

Afin de synthétiser les résultats sur les extensions de la sémiologie graphique, le Tableau 5 récapitule les signes élémentaires et les variables que nous retenons en fonction des spécificités de l'information étudiées.

Types d'extensions	Signes élémentaires	Variables visuelles
Facteurs d'extensions		
Variables classiques	Point, ligne, surface, volume	Taille, valeur, grain, couleur, orientation, forme
Extension aux variables de mouvement		Localisation, transparence, vitesse de changement, point de vue, thématique
Extension aux variables de l'incertitude		Foyer, clarté/flou, netteté, transparence
Extension aux variables représentant plusieurs attributs	Graphique	

© Aurélie Amaud, 2009

Tableau 5 : Extensions de la sémiologie graphique

Néanmoins, si la sémiologie graphique classique et les propositions d'extension des variables intègrent la perception des signes juxtaposés, d'autres règles, basées sur les contrastes de la couleur, permettent d'observer des relations de quantité, d'ordre, d'association et de sélection.

1.3 Les contrastes de la couleur

Les règles de contraste entre les objets émergent depuis peu, avec les nouvelles technologies. Cependant, elles sont encore peu prises en compte et pourtant primordiales pour la compréhension des cartes. Nous tentons alors de justifier leur intérêt à travers la présentation de quelques fondements, puis nous étudierons leurs applications en ligne.

1.3.1 Les contrastes en cartographie

La couleur est constituée d'une certaine teinte, luminosité et saturation. Le contraste est créé par la variable visuelle de la couleur qui, d'après Robinson (1995, *in* Chesneau, 2006), est particulièrement efficace dans le domaine de la cartographie car elle valorise « *les signes cartographiques les plus fortement contrastés qui apparaissent alors comme figure de la carte* ». Le contraste influe sur la lisibilité de la carte, il est le meilleur moyen de traduire une hiérarchisation de l'information. En effet, d'après des expériences en attention visuelle de Chesneau (2006), « *un lecteur non motivé a tendance à repérer en premier les zones très contrastées de la carte. En particulier, il détecte rapidement la couleur et ceci d'autant plus qu'elle est foncée et attrayante* ». Ce même auteur renforce alors le postulat que la couleur est une composante essentielle du langage cartographique : « *améliorer les contrastes de couleur rendra la carte plus lisible et donc plus efficace* ». En effet, ces contrastes permettent de représenter des relations visuelles : « *les relations de différence, d'association et d'ordre entre les signes cartographiques et donc entre les informations sous-jacentes* ». Il existe plusieurs types de contrastes : le contraste de teinte, le contraste simultané, le contraste chaud-froid, le contraste clair-obscur et le contraste de qualité et de quantité (Figure 12).

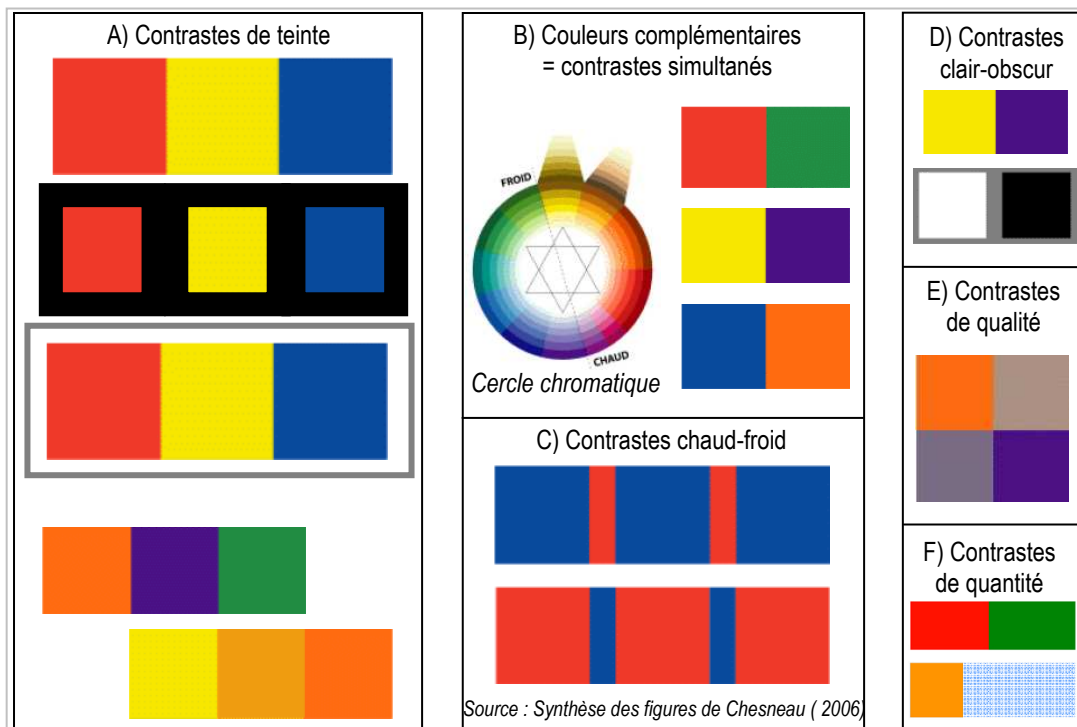


Figure 12 : Les différents types de contrastes (Chesneau, 2006)

Certains de ces contrastes se révèlent plus appropriés que d'autres pour présenter des

variables cartographiques (Itten, 1967 ; Claval, 1969 ; Chesneau, 2006 : Figure 12).

Le **contraste de teinte** est maximum en juxtaposant des couleurs primaires (rouge, jaune ou bleu). Leur contour en noir ou en blanc renforce ce contraste. Les couleurs secondaires (orange, violet et vert) créent moins de contraste de teinte. Le contraste diminue lorsque l'on s'éloigne de la couleur (le jaune s'éloigne de sa couleur primaire en ajoutant du rouge et en devenant orange). Ce contraste de teinte est à privilégier afin de représenter les valeurs qualitatives nominales des objets (Figure 12 A).

Une couleur primaire juxtaposée à sa complémentaire (opposée sur un cercle chromatique) renforce son éclat et engendre un **contraste simultané**, employé pour créer une hiérarchie de lecture entre les objets (Figure 12 B). Cependant d'après les recherches de Brewer (1992), les contrastes simultanés sont à éviter étant donné que les couleurs interagissent entre elles : les yeux les perçoivent différemment selon leur voisinage (les couleurs qui les entourent). En cartographie, ce voisinage peut introduire des confusions lors de la lecture de la légende, notamment lorsque la couleur est sur un fond blanc. L'épaisseur du contour joue également un rôle dans l'appréciation de ce contraste (Chesneau, 2006).

L'utilisation du **contraste chaud-froid** permet de créer un effet de superposition ordonnée : la couleur chaude paraît être au-dessus de la couleur froide (Figure 12 C).

Le **contraste clair-obscur** oppose une couleur claire et une couleur foncée sur un cercle chromatique (Figure 12 D). Le plus fort contraste clair-obscur est le noir opposé au blanc. La couleur claire paraît au dessus de la foncée, ce contraste exprime alors un ordre.

Le **contraste de qualité** oppose des couleurs saturées à des couleurs éteintes ou ternes (Figure 12 E). Il existe également, le contraste de clarté qui ajoute du blanc à la teinte, tandis que la saturation ajoute de la teinte. Ce contraste permet encore de créer un effet de hiérarchie, la tache la plus colorée étant repérée en premier. Chesneau (2006) a réalisé des tests probants lors de l'utilisation de ce contraste appliqué à une représentation figure/fond.

Le **contraste de quantité** est « *le rapport de grandeur de deux ou plusieurs taches de couleurs* » (Itten, 1967 et Figure 12 E). La teinte, la clarté et la saturation des couleurs influencent notre façon de percevoir les quantités. Les couleurs chaudes se perçoivent avant les couleurs froides (ex. le rouge se repère avant le vert indépendamment de sa quantité), et les couleurs foncées ou saturées se remarquent avant les couleurs pâles ou désaturées. Les couleurs claires et désaturées sont plus adaptées aux grandes zones et les couleurs foncées et saturées aux petites zones (Itten, 1967). Ce contraste de quantité se révèle alors adapté pour représenter un ordre.

Avant d'analyser l'application de ces contrastes dans les cartes de risque en ligne, le Tableau 6 synthétise leurs utilisations pour représenter les rapports entre les signes cartographiques. Sa dernière colonne montre également que la sollicitation de la variable de la couleur est beaucoup plus subtile que ce que nous laissaient paraître les études précédentes. En effet, la variable de la teinte de la couleur a le choix entre quatre contrastes suivant ce qu'elle veut mettre en évidence.

Types de contrastes	Relations cartographiques adaptées	Variabes visuelles
Contraste de teinte	Valeurs qualitatives nominales : effet de - Différenciation/association - Sélection	Teinte de la couleur
Contraste simultané	Ordre	Teinte de la couleur
Contraste chaud-froid	Ordre	Teinte de la couleur
Contraste clair-obscur	Ordre	Teinte de la couleur
Contraste de qualité	- Ordre et particulièrement un contraste figure/fond - Sélection	Couleur + valeur
Contraste de quantité	Ordre en réservant les couleurs claires et dessaturées pour les grandes zones et les couleurs foncées et saturées pour les petites zones	Couleur + valeur et teinte de la couleur

Source : Tableau réalisé d'après Itten (1967) et Chesneau (2006)

Tableau 6 : Adaptations des contrastes aux représentations cartographiques

1.3.2 Les contrastes dans les cartes de risque en ligne

Appliqués aux cartes de risque en ligne, plusieurs contrastes sont employés. Le contraste de qualité pour créer un contraste de figure/fond se rencontre couramment en saturant les couleurs des objets et en éclaircissant les couleurs des fonds de carte : les PPR (Carte 3 – p.258 et Carte 9 – p.277), les CLPA du Cemagref (Chapitre 2 : Carte 15 – p.202), les cartes d'historicité (Chapitre 2 : Carte 6 – p.183 et Carte 7 – p.185) et certaines cartes de Sisfrance (Carte 1 droite - p.257), mais aussi des cartes de l'observatoire des inondations de Dartmouth (Chapitre 2 : Carte 11 – p.189). Souvent, le fond de carte clair incarne une carte IGN au 1/25000^{ème} grise et blanche (cas des CLPA, des cartes du PPR, de quelques cartes d'historicité et l'AZI du Gard – Chapitre 2 : Carte 15 – p.202, Carte 16 – p.210 et Carte 6 – p.183). Ce contraste de qualité valorise en effet la lecture des objets en les repérant dans un premier temps puis, dans un second temps, le lecteur peut situer précisément ces objets. Le contraste de quantité est utilisé dans les cartes des zones inondées à moyenne échelle du site de l'observatoire des inondations de Dartmouth (Chapitre 2 : Carte 11 bas – p.189) et des cartes de Sismalp (Chapitre 2 : Carte 4 – p.182 et Carte 9 – p.187). Dans ces deux cas, où un seul type d'objet est représenté, le contraste de quantité apparaît efficace. En revanche, le contraste de teinte utilisé sur les cartes d'Infoterre (Chapitre 2 : Carte 5 – p.182) semble peu approprié à cause d'un fond de carte trop actif, mais également de figurés réduits, dispersés et sans contours. Sur ces mêmes cartes, le contraste chaud-froid entre les objets de couleur rouge et les autres objets colorés, crée un effet d'ordre involontaire, où le lecteur a l'impression que les glissements de terrains sont les événements les plus courants ou les plus dévastateurs. Un autre contraste, celui du clair-obscur, s'observe sur certaines cartes du site Sisfrance (Chapitre 2 : Cartes 4 – p.182) qui révèlent bien les objets ponctuels.

D'une manière plus théorique, Twiddy (*in* Skeels *et al*, 2007) propose une solution intéressante pour représenter l'incertitude, basée sur un contraste de qualité : il affiche des niveaux de gris sur une carte de couleur. Twiddy utilise alors la variables quantitative de la valeur (niveaux de gris) pour représenter des degrés d'incertitude, mais surtout le contraste de qualité, pour distinguer l'information cartographiée incertaine (en grise), de celle plus fiable (en couleur).

Cette étude montre alors que de nombreuses cartes utilisent les contrastes dans leur représentation cartographique des événements. Le plus souvent il s'agit de mettre en valeur

une hiérarchie entre l'observation des objets puis le fond de carte, mais aussi pour distinguer les objets entre eux (effet de différenciation sur Infoterre), même si cette dernière application s'avère peu convaincante. Nous constatons également que les contrastes sont peu employés pour représenter l'ordre entre les objets ponctuels.

Nous retenons que les contrastes de quantité mais aussi de qualité permettent de bien distinguer les objets (actifs) d'un fond de carte (inactif) grâce à un effet de hiérarchie. En effet, un fond actif (contenant des éléments en couleurs vives) engendre une lecture parfois fautive (la Figure 5 – p.248 et la Carte 2 – p. 258, sont des cas où le lecteur ne sait pas où poser son regard en priorité et où le fond cartographique peut être lu avant les objets. Le but de la carte est alors difficile à repérer, le lecteur peut se sentir perdu).

Les contrastes que nous retenons sont alors celui de la teinte pour son pouvoir de dissocier et associer les objets, les contrastes de qualité et de quantité pour leur capacité de mise en évidence d'objets sur un fond cartographique, et les contrastes chaud/froid et clair/obscur pour leur faculté de permettre une lecture hiérarchique entre les objets de deux catégories différentes (ex. les casernes de pompiers puis les hôpitaux).

Les apports du langage graphique classique et les règles de contrastes permettent de distinguer les objets les uns par rapport aux autres mais n'intègrent pas la perception de chaque signe isolément. D'autres approches telles l'utilisation de la cognition, permettent alors d'élargir et d'améliorer la lecture des signes cartographiques.

1.4 L'approche cognitive

L'approche cognitive apporte des éléments pour donner du sens aux figurés des objets cartographiés. Elle apparaît au milieu des années 70, et prend de l'ampleur avec le développement de l'ordinateur (Cauvin *et alii*, 2007a). La « cognition » est un terme emprunté à la discipline de la psychologie, qui désigne les processus d'acquisition de la connaissance. Dans le domaine de l'informatique, il s'agit d'acquisition, de stockage, d'utilisation et de traitement de données. En géographie, « cognition » est employé dans les problématiques liées à la perception des individus et à leur représentation d'un objet qui peut être un espace (ex. représentations individuelles ou collectives de l'espace). Un exemple concret est la carte cognitive (nommée également carte mentale par Bailly, 1991). Elle est une représentation mentale qui peut être traduite par un dessin, réalisé par une personne enquêtée. Ces cartes sont déformées par rapport au réel ou à une carte euclidienne. Les lieux connus sont souvent étirés par les personnes enquêtées, accompagnés de nombreux repères ; tandis que les lieux moins connus ou peu fréquentés sont sous-estimés (Pumain⁴⁰ et Cauvin, 2001).

⁴⁰ Cours sur l'analyse spatiale, réalisés par Christina ASCHAN-LEYGONIE, Henri CHAMUSSY, Laurent CHAPELON, François DURAND-DASTES, Bernard ELISSALDE, Claude GRASLAND, Christian GRATALOUP, Denise PUMAIN, Marie-Claire ROBIC, Lena SANDERS, Thérèse SAINT-JULIEN.

Le domaine de la **cognition** donne des informations sur la perception des signes. En effet, la connaissance des lecteurs apporte une lecture personnalisée et subjective de la carte. C'est dans les années 60-70 que les psychologues montrent la nécessité de prendre en compte les connaissances des lecteurs à travers une approche cognitive⁴¹. Si l'on se place d'un point de vue des processus de cognition qui s'appliquent à la lecture d'une carte par un acteur, l'interprétation de la carte faite par ce dernier échappe au cartographe (Weger, 1996). Par exemple, un individu qui a l'habitude de lire des cartes se réfère à ses connaissances en la matière pour lire les informations, se les approprier et en produire de nouvelles ; tandis qu'une personne non habituée prendra plus de temps pour les comprendre (Chesneau, 2006).

Une première partie s'intéresse à son application aux couleurs, tandis qu'une seconde, aux symboles.

1.4.1 Cognition et couleur

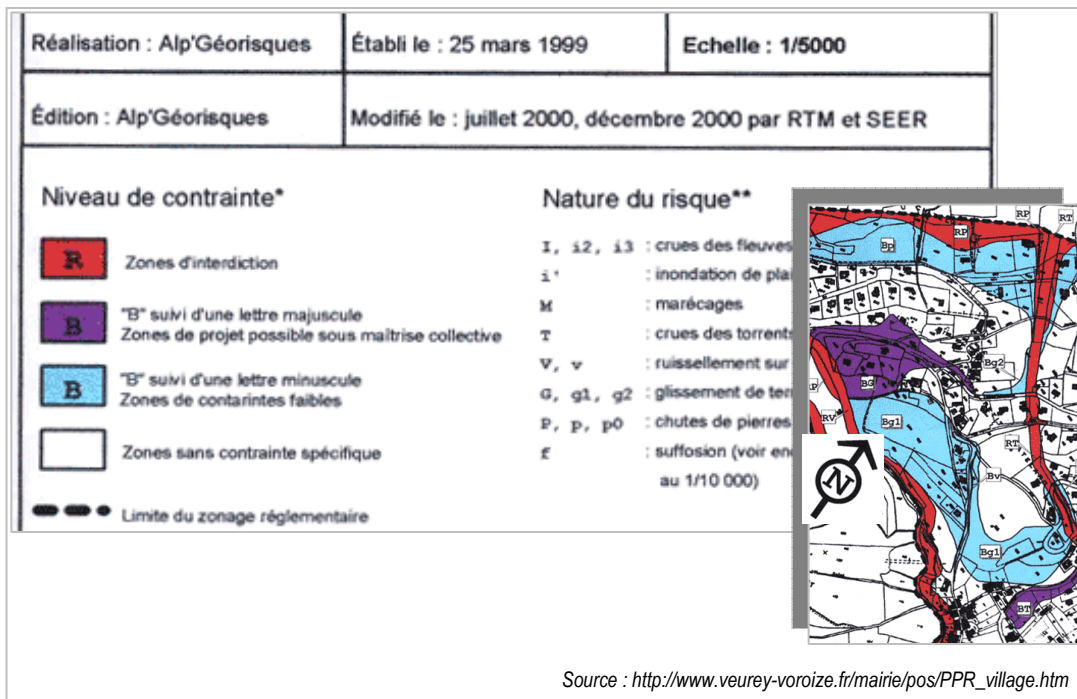
L'exemple de la signification des couleurs illustre parfaitement ce propos : les couleurs influencent notre comportement (Weger, 1996), si bien qu'elles sont utilisées en décoration et en ergonomie sur les lieux de travail et de loisir. Leurs appréciations sont variables, mais propres à chacune d'elles : « *le bleu a une tendance intériorisante, incitant à la méditation, à la concentration pour certains et à la rêverie pour d'autres. Le rouge est extériorisant, favorise l'excitation, la passion, l'agressivité, accélère le rythme cardiaque. Le vert, couleur équilibrante, incite à la confiance, couleur de la sérénité* ». Certaines couleurs influencent même nos sensations. Les publicistes et les fabricants de produits alimentaires utilisent d'ailleurs ces significations. Selon Perrin (2006), les couleurs chaudes illustrent des dynamiques positives, les couleurs froides, des dynamiques négatives ou neutres (situations de repli ou de crises). Enfin, les couleurs sont perçues selon notre culture et selon la manière dont nos parents nous ont appris à appréhender notre environnement :

- le bleu suscite le calme, l'absence de drame, la spiritualité, et le rose est « sucré », agréable (ex. « *la vie en rose* »), alors que le rouge est une couleur bruyante et gaie. Mais il peut également évoquer la violence et le drame. Il est souvent associé au feu, au sang, et à la passion ;
- le vert tendre est la couleur du printemps, de la nature, de l'espoir ; il évoque la paix et la sérénité. Au contraire, un vert profond traduit l'angoisse, l'effroi, la fourberie. Il est acide et rafraîchissant ;
- nous associons le jaune au soleil, à la lumière. Il traduit la légèreté et l'expansion ;
- le violet nous évoque la majesté, un milieu faste ou mystérieux ;
- le noir s'associe à la nuit et au deuil, et le blanc à la pureté et évoque la fadeur. Il paraît lourd et dense. Il réduit l'espace, alors que le blanc est léger et semble plus volumineux.

⁴¹ « *La cartographie ne se résume pas à une simple technique, mais s'inscrit dans l'ensemble des outils intellectuels du chercheur contemporain* » (Guichard, 1998).

Les couleurs des cartes peuvent être associées aux couleurs de l'origine des objets ou des phénomènes. En géographie rurale, le vert foncé et le noir correspondent aux forêts, le vert tendre aux étendues fourragères et aux prairies, les jaunes et les oranges aux cultures céréalières. Ces couleurs sont fondées sur ce qu'évoque le paysage et en fonction du revenu de ces occupations du sol (Claval, 1990). Certaines cartes de risque utilisent également l'évocation des couleurs (Carte 9⁴² et Chapitre 2 : Carte 17 – p.222). Par exemple les cartes d'aléa des PPR utilisent un code de couleur où le bleu représente les inondations, le jaune-ocre les mouvements de terrain et le rouge le feu. Celui-ci fait référence à la couleur réelle du phénomène observable dans le paysage. Chesneau (2006) prouve d'ailleurs, suite à une enquête, la bonne interprétation des cartes utilisant cette règle.

Les lecteurs ont également un autre référent conditionné par la signalétique routière où le rouge est l'interdit⁴³, l'orange, la mise en garde et le vert, le libre accès. L'exemple de la carte réglementaire des PPR est intéressant, car cette carte ne respecte pas les règles de sémiologie graphique au profit de l'intégration de l'aspect cognitif (Carte 9) : les zones inconstructibles utilisent le rouge de l'interdiction, les zones constructibles sous condition emploient le bleu symbolisant une zone calme, et les zones constructibles sans conditions sont blanches évoquant une zone pure, sans risque. La couleur de cette zone est d'ailleurs mensongère puisqu'il n'existe pas d'espaces non soumis au risque⁴⁴, d'autant plus à proximité de zones déjà à risque.

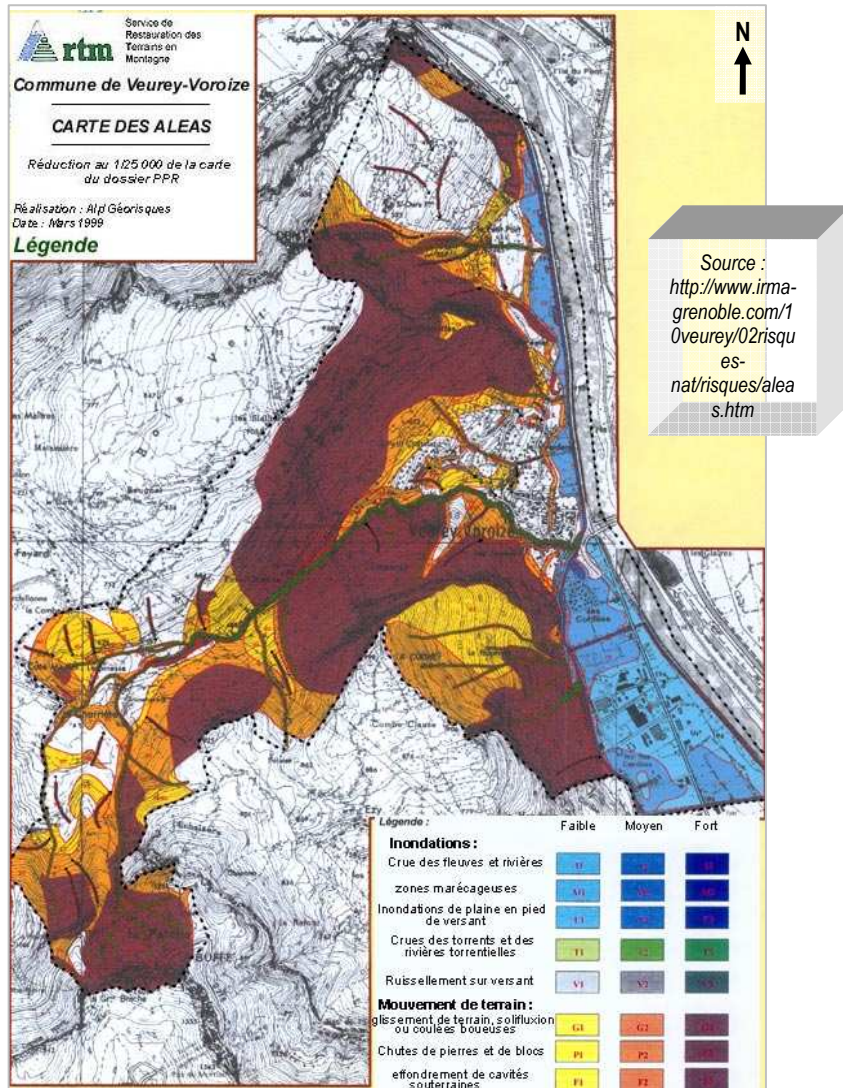


Carte 8 : Extrait du PPR de Veurey-Voroize, 38

⁴² <http://www.irma-grenoble.com/10veurey/02risques-nat/risques/aleas.htm>

⁴³ « Le rouge évoque une sensation de prudence et de vigilance » (Chesneau, 2006).

⁴⁴ « Le risque zéro n'existe pas » est une phrase de plus en plus répandue.



Carte 9 : Carte des aléas du PPR de Veurey-Voroize (38), IRMA (2008)

1.4.2 Cognition et symboles

Les processus de cognition interviennent également lors de la lecture des symboles qui peuvent être simplement figuratifs mais également évocateurs (Weger, 1996). Les idéogrammes sont utilisés dans les cartes car ils prennent peu de place, ils sont simples et très suggestifs (Figure 13). Lors de leur création, il est impératif de caricaturer la figure et il est préférable de réaliser son dessin à une petite échelle géographique afin qu'il soit directement épuré.



Figure 13 : Symboles figuratifs et évocateurs (Weger, 1996)

Pour Slocum (2001), les symboles sont iconiques ou emblématiques et les processus de cognitions qui interviennent pour les interpréter sont différents : les symboles iconiques tels qu'une croix pour une église ou un H pour un hôpital demeurent efficaces puisqu'ils ressemblent à ce qu'ils représentent (c'est le cas des symboles figuratifs et évocateurs). En conséquence, leur compréhension est davantage aisée. Quant aux symboles emblématiques, comme le choix de la couleur, dépend de la culture des lecteurs.

Les **symboles évocateurs liés au risque** existent pour signaler des zones de danger sur les routes (risque d'éboulement, risque de submersion, etc. ; Figure 14). Ils demeurent très évocateurs. De plus, dans le cas du risque éboulement, la couleur rouge vient renforcer la perception du danger. Cependant, ces symboles s'avèrent quasiment absents des cartes de risque.



Figure 14 : Panneaux de signalétique symbolisant un risque

D'autres règles de sémiologie apparaissent avec Weger (1996) qui travaille sur **l'utilisation des symboles** dans le cadre de réalisation de cartes IGN. Les variables sont le point, la ligne, la forme, la couleur et la matière :

- ponctuellement, le **mouvement** se traduit par le cercle ou par le triangle asymétrique orienté (assimilé à la flèche) : ● ►. Le mouvement se traduit également par une ligne courbe ;
- la **stabilité** se représente ponctuellement par des formes basées, posées : △ □ ○. La ligne droite représente également l'immobilité ; à l'inverse, **l'instabilité** se traduit par des formes aiguës en équilibre sur une pointe : ▼ ◆ ;
- les lignes droites sont aisément assimilables aux **créations humaines** alors que les tracés sinueux s'apparentent généralement à des **phénomènes naturels** ;
- les lignes discontinues peuvent signifier **l'interruption provisoire du phénomène**, posséder un caractère plus aléatoire que son homologue continu (route irrégulièrement entretenue), ou s'appliquer à des **thèmes abstraits** (limites administratives) ;
- la ligne verticale s'apparente à **l'équilibre**, à l'élévation et donc à la spiritualité, à l'absence de violence. La ligne horizontale représente le repos, l'équilibre, l'attitude statique (pas de mouvement, pas d'événements). A

l'inverse, la ligne oblique crée un **déséquilibre** dans l'espace où elle s'inscrit.

Certaines de ces règles d'utilisation des symboles sont appliquées sur les cartes en ligne. Par exemple, les fonds de cartes emploient fréquemment les lignes sinueuses pour représenter des objets de l'espace physique, tandis que les lignes droites traduisent des routes (GoogleEarth). Les lignes discontinues montrent également des limites administratives.

Cependant, l'adaptation de ces règles à la thématique de risque semble restreinte. Par exemple, la légende des cartes du BRGM sur les mouvements de terrains consultable sur le site Infoterre⁴⁵ présente des figurés qui ne paraissent guère appliquer les règles présentées ci-dessus (Figure 15 et Chapitre 2 : Carte 5 – p.182).

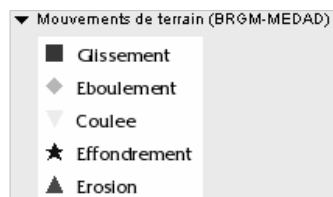


Figure 15 : Légende des cartes Infoterre (2008, Chapitre 2 : carte 5 – p.182)

Néanmoins, la représentation de limites floues se présente souvent sous la forme de lignes en pointillé. Tout comme la limite de la crue historique de l'Isère sur le Plan de Prévention des Risques (PPR) de la commune de Saint-Martin-d'Hères (38) s'inscrit dans ce cas en représentant l'incertitude des limites de crues historiques par une ligne discontinue (Chapitre 2 : Carte 16 – p.210 et Carte 17 – p.222 et Figure 9 C – p.259). Cette règle est d'ailleurs proposée par Borrel (1994).

Les règles d'utilisation de symboles sont peu respectées. Cependant, lors de la représentation de l'incertitude, le tracé en pointillé parfois utilisé paraît adapté. Le respect des tracés sinueux et droits composent une règle qui semble pertinente à retenir afin de distinguer les éléments de l'espace physiques (massifs, cours d'eau), des éléments « artificiels » (ex. bâtiments, routes). Les symboles représentant le risque paraissent également des pistes intéressantes à exploiter.

Les recherches de Chesneau (2006) renforcent toute cette analyse sur l'application des règles cartographiques en général. En effet, l'auteur montre que les cartes de risque présentent des relations d'ordre et de différenciation/association, mais que ces dernières se détectent mal à cause du choix des couleurs et des figurés non adaptés. En effet, la taille, la couleur, la position et la forme des signes influencent leur hiérarchisation par les lecteurs. Leur non-respect engendre une lecture contraire à celle désirée par le concepteur. Par

⁴⁵ <http://infoterre.brgm.fr/>

conséquent, le message envoyé par ce dernier n'est pas intercepté (les Carte 1 – p.257 et Carte 2 – p.258 révèlent ce défaut, ne faisant pas apparaître les objets de manière évidente). Suite à l'analyse de tests passés auprès de lecteurs de niveaux de connaissances en cartographie différents, Chesneau (2006) repère les règles cartographiques les plus appropriées en déduisant trois facteurs essentiels de lisibilité d'une carte :

- l'organisation figure-fond : l'entourage de la figure, son contour, sa taille relative, son niveau de détail, sa dynamique (changement de signe sur la figure d'une carte à l'autre et pas sur le fond) et le contraste.
- L'organisation hiérarchique : elle guide le lecteur de l'information la plus importante à la moins importante, ce qui facilite l'appréciation du message cartographique (ex. utilisation de la variable de la valeur et de la taille sur des traits où les traits plus foncés ou plus épais seront vus en premier).
- Le rôle de la connaissance en cartographie où deux aspects entrent en jeu :
 - o L'habitude ou la familiarité de quelque chose qui facilite la perception des signes d'une carte.
 - o L'émotion provoquée par le signe.

Nous venons de découvrir que l'ensemble de ces règles cartographiques sont peu ou mal exploitées par les technologies Web alors qu'elles constituent un puits de richesses pour la proposition d'une représentation cartographique de l'IDE et plus précisément sur le choix de :

- la densité des objets à cartographier (au moyen de la généralisation) ;
- la représentation des objets liée aux événements et leurs attributs quantitatifs et qualitatifs (au moyen de la sémiologie classique) d'une part, et d'autre part, le temps et l'incertitude (au moyen des extensions des variables visuelles) et les types d'objets (au moyen de symboles, de couleurs évocatrices et de certains contrastes) ;
- la visibilité des objets par rapport au fond de carte (au moyen de contrastes).

Nous exploiterons alors l'adaptation de ces règles cartographiques à l'IDE dans le quatrième chapitre. Pour cela le Tableau 7 synthétise l'ensemble des résultats de cette première section et montre que les bases et les fondements de la cartographie répondent insuffisamment aux particularités de l'IDE.

Utilisation / Spécificités	Signes élémentaires	Variables Visuelles	Contrastes	Cognition
Evolutions sur une carte ou une collection de cartes	Point, ligne, surface, volume	Taille, valeur, grain, couleur, orientation, forme, localisation, transparence, vitesse de changement, point de vue, thématique		
Dont l'ordre chronologique temporel	Point, ligne, surface, volume	Localisation, taille		
Incertitude	Point, ligne, surface, volume	Valeur, grain, foyer, clarté/flou, netteté		- Ligne en pointillé - Tracés sinueux/ Tracés droits
Nombreux d'attributs	Point, ligne, surface, volume, graphique	Toutes	- Chaud/froid et Clair/obscur (ordre) - Qualité et quantité (figure/fond) - Teinte (dissociation)	- Couleurs et symboles évocateurs

© Aurélie Arnaud, 2009

Tableau 7 : Fondements cartographiques retenus

Nous venons de montrer que les cartes de risque en ligne respectent modérément les règles sémiologiques. Pourtant, certaines s'avèrent indispensables à la bonne lecture des cartes (Tableau 7). Outre le fait qu'un apprentissage de ces dernières soit aujourd'hui peu développé, un autre problème se greffe : les spécificités que nous voulons représenter s'éloignent de la dichotomie « qualitatif / quantitatif » et des rapports « association/section/ordre » (propriété perceptives classiques), or les cartographies thématiques du mouvement, de l'incertitude et des superpositions d'informations semblent limitées par la seule utilisation de la sémiologie graphique. Une solution serait alors d'utiliser les potentiels des technologies du Web afin de faire apparaître de nouvelles formes de cartes thématiques. Nous allons exploiter ce sujet dans la prochaine sous-section.

Section 2. Formes cartographiques

Les règles cartographiques sont limitées lorsqu'il s'agit de représenter des surfaces qui se superposent, lorsque les temporalités à montrer sont différentes (ex. des dates nombreuses et appliquées à des objets dispersés), lorsque les attributs à afficher sont nombreux et concentrés dans l'espace, mais aussi lorsque les incertitudes à observer sont multiples. Notre hypothèse est que les différentes formes cartographiques proposées en ligne (carte interactive, carte animée, etc.) vont permettre des apports supplémentaires à ces règles de base pour améliorer la représentation des dimensions particulières de l'IDE. En effet, ces formes de cartes sont peu courantes : de nombreuses cartes sont encore scannées, inhibant les avantages des technologies Web (ex. cartes de l'IRMA - Institut des Risques MAjeurs), tandis que d'autres sont en cours d'intégration de ces technologies (ex. CLPA et PPR).

La production de ces formes cartographiques est indispensable. En effet, quel que soit le domaine des sciences sociales et de l'aide à la décision, définir une seule représentation cartographique reviendrait à biaiser l'interprétation de la carte, car il en existe à profusion : *« il existe un grand nombre de représentations en fonction des hypothèses du concepteur de la carte, en fonction des objectifs, des demandes, des pratiques ou des croyances des utilisateurs finaux de l'information cartographique »* (MacEachren et alii, 2005). En effet, d'après MacEachren (2001), le *World Wide Web* est devenu un moyen évident pour la diffusion des données géo-spatiales⁴⁶ et des cartes. Internet est son support de diffusion largement connu et démocratisé. Comme nous l'avons constaté dans le chapitre précédent, celui-ci améliore l'accessibilité de l'information, apporte la possibilité de naviguer d'une information à l'autre dans un environnement interactif, il affiche⁴⁷ également des informations en mouvement et des applications dynamiques. Les technologies Web peuvent aussi intégrer de l'information multimédia et des outils informatiques (Chapitre 2 : § 3.4.1.1 - p.226).

L'objectif est alors d'analyser les fondements de la cartographie en ligne qui permettent d'afficher encore plus d'attributs simultanément (dont certains sont présentés sous des formats différents et *via* plusieurs médias) ; de sortir de la carte statique et d'afficher autrement l'évolution d'un événement, la chronologie de plusieurs événements et d'autres temporalités d'objets ; d'afficher l'incertitude et les informations superposées, dans le but de faciliter la compréhension de l'information par les acteurs.

Dans cette deuxième section, nous nous focaliserons sur la présentation visuelle⁴⁸ et la

⁴⁶ Nous considérons que les données géo-spatiales sont des données géo-référencées, c'est-à-dire ayant une référence x et y à la surface de la terre (géocodage), cf. définition du chapitre 2.

⁴⁷ Rappel : « afficher » est le fait de montrer aux utilisateurs, sur l'écran de l'ordinateur, des informations (cf. définition du chapitre 2).

⁴⁸ Présentation visuelle : représentation de l'information (étudiée dans la première section de ce chapitre) et affichage de l'information.

consultation⁴⁹ de l'information. La combinaison des atouts des technologies Web et des cartes offre des perspectives certaines pour la valorisation de l'IDE. Pour les exploiter, une première partie explique les origines de la cartographie en ligne pour ensuite, dans une deuxième et troisième parties, étudier les différentes déclinaisons de formes cartographiques : la cartographie dynamique (§ 2.2) et la cartographie multimédia (§ 2.3).

2.1 Origines de la cartographie en ligne

Les cartes produites sont diffusées en ligne et ne sont plus limitées aux cartes statiques et aux collections de cartes en deux dimensions. Elles s'enrichissent en étant interactives et même dynamiques et multimédia, mais aussi en explorant un environnement virtuel (à travers des affichages 3D)⁵⁰. L'avènement du numérique permet également de centraliser le stockage d'informations⁵¹ issues de documents différents et de formats distincts⁵² sur un même support. La carte devient alors une interface qui, si elle est bien conçue, peut produire et donner accès à des données et des informations qui alimenteront les connaissances des acteurs. La cartographie moderne traite avec un processus complexe d'organisation de l'information : l'accès, l'affichage et l'utilisation des cartes. Ces cartes ne sont plus conçues comme de « *simples représentations graphiques de l'espace géographique, mais comme un portail dynamique interconnecté, qui distribue des ressources de données géo-spatiales* » (MacEachren, 2001). Cette nouvelle cartographie est étudiée par plusieurs courants de pensée (§ 2.1.1) et une classification des formes cartographiques en ligne émerge subséquemment (§ 2.1.2).

2.1.1 La notion de « Web cartography »

Des notions et des courants de pensée apparaissent tels que la « *Web cartography* »⁵³ (Kraak, 2001 ; Peterson 1997), la « *cybercartographie*⁵⁴ » (Taylor, 2005 ; Caquard *et al*,

⁴⁹ Consultation de l'information : présentation de fonctionnalités (efficacité) et chemin d'accès à l'information (navigation).

⁵⁰ L'aspect 3D ouvre un grand potentiel de compréhension du réel. Cependant il sera peu abordé sous ses aspects théoriques et techniques. Seuls des exemples seront cités. En effet, ce type de visualisation constitue un champ de recherche à part entière que nous n'exploiterons pas car il ne remet pas en cause nos propositions sur la représentation de l'IDE.

⁵¹ Cet aspect très technique relevant d'une problématique informatique ne sera pas étudié.

⁵² Information que nous avons nommée dans le deuxième chapitre « multi-format ».

⁵³ Etude des possibilités cartographiques offertes en ligne.

⁵⁴ La cybercartographie est la « *combinaison d'innovations technologiques et de réflexions critiques relatives aux fonctions sociales des cybercartes* » (Caquard *et alii*, 2005b). Cette notion est introduite par Taylor (2005, <https://gcr.ccarleton.ca/confluence/display/GCRCWEB/Cybercartography>) dans le but de comprendre « *la nature changeante des cartes en s'intéressant à la fois à leurs dimensions technologiques, scientifiques et artistiques ainsi qu'à leurs usages, leurs perceptions, leurs contenus, leurs formes, leurs fonctions ou leurs implications* ». La cybercartographie réserve une place centrale à l'utilisateur qui est impliqué tout au long du développement d'atlas cartographiques. Cette méthode s'inscrit alors dans une problématique parallèle à la nôtre, celle de concevoir des atlas en ligne adaptés aux utilisateurs en centrant une réflexion sur les fonctionnalités d'un outil cartographique. Notre problématique est parallèle en ce sens qu'elle s'intéresse davantage à la carte elle-même qu'à l'outil, en faisant référence aux règles cartographiques existantes et aux apports des formes cartographiques

2005a et 2005b) ; ou encore des formes de cartes tel que le « cybercartogramme⁵⁵ » (Caquard *et al.*, 2007). Seule la *Web cartography* (ou « cartographie en ligne ») est ici développée, les autres étant des notions émergentes s'éloignant de notre problématique.

La *Web cartography* considère que, grâce aux technologies du Web, les cartes peuvent être utilisées comme des atlas ou un journal. Cette dimension ajoute à la carte la possibilité de fonctionner comme une interface ou un index vers des renseignements supplémentaires. La *Web cartographie* incarne une problématique centrée sur la carte. A partir d'une localisation sur la carte, des liens peuvent afficher des documents et donner accès, par exemple, à des fichiers audio. Ces cartes peuvent également servir à pré-visualiser les données à acquérir avant de les diffuser. De nouvelles possibilités apparaissent, notamment grâce à la possibilité de diffuser des cartes interactives et animées (Kraak, 2001).

La carte en ligne permet, en plus d'une carte statique non interactive, de répondre aux questions suivantes des utilisateurs: « où puis-je trouver cet élément ? Comment puis-je faire pour ? Quelle fonction pour être trouvée à ? » (Kraak, 2001). Les cartes doivent alors être bien conçues et ceci passe non seulement par un choix de symboles et de contrastes adéquats pour augmenter le rôle de la communication de la carte grâce à la création d'une hiérarchie visuelle qui mène le lecteur vers une bonne interprétation (étudié dans la première section), mais aussi par le développement d'une nouvelle forme de cartographie en ligne (Kraak, 2001) dont la réflexion se situe au niveau de l'impact de la visualisation⁵⁶, d'où la nécessité de l'interactivité, de la dynamique, et de l'utilisation d'outils cartographiques qui facilitent la navigation sur les cartes.

Les technologies Web offrent alors la possibilité d'afficher de nombreuses formes de cartes, facilitant l'analyse de l'information à multi-dimensions. Nous détaillerons par la suite ces formes cartographiques, mais préalablement nous nous intéressons aux avantages et aux inconvénients communs des cartes en ligne.

L'avantage des cartes affichées grâce aux technologies Web, est leur accès gratuit : en effet, ces technologies facilitent l'affichage de toutes ces cartes tandis que leur mise en ligne favorise leur diffusion à un large public. D'après Peterson (2003), les sites les plus populaires sont ceux qui permettent de créer des itinéraires et des cartes. L'intégration du mouvement permet d'observer des phénomènes évolutifs. L'interactivité améliore la compréhension des phénomènes par les hyperliens grâce à l'interaction entre l'utilisateur et la carte. Le support multimédia permet de consulter une grande quantité d'informations appartenant à plusieurs médias (et formats de documents). La mise en ligne d'outils cartographiques, facilite la consultation de l'information et la réalisation de cartes à travers des requêtes ou des outils de navigation. Ainsi les utilisateurs adaptent les cartes selon leur connaissance des thématiques afin de comprendre l'information à leur rythme. Nous découvrirons dans la troisième section que ces outils utilisant les technologies du Web deviennent des outils de géovisualisation.

en ligne.

⁵⁵ Le cybercartogramme prône l'intérêt de l'abstraction afin de mieux appréhender les phénomènes spatio-temporels. Ce genre de carte n'utilise plus l'espace euclidien qui est notre support.

⁵⁶ Dans le sens : analyse de ce qui est rendu visible.

Cependant, tout le monde n'a pas accès au réseau Internet (Peterson, 2003), la vitesse de transfert des données reste limitée selon les bases de données utilisées (Peterson, 2001) et selon le débit du transfert (qui dépend de la localisation de l'utilisateur). D'autre part, l'accès à ces données est dans certains cas payant (ex. fonds de cartes IGN, base de données CATNAT). Des limites sont également à noter en termes de traitement de gros volumes d'information, en termes de génération d'atlas cartographiques⁵⁷, et en termes de modélisation et de navigation dans l'information temporelle (Grasland *et alii*, 2005). Toutefois, nous ne traiterons pas ici ces aspects techniques qui s'éloignent de notre problématique géographique. Nous ajoutons à cette liste la dimension « représentation de nombreuses informations » encore difficile à valoriser ; et la lisibilité des cartes finales, souvent limitée.

Afin de mieux étudier les formes cartographiques en ligne, nous examinerons leur classement réalisé par quelques auteurs.

2.1.2 Classification des formes cartographiques en ligne

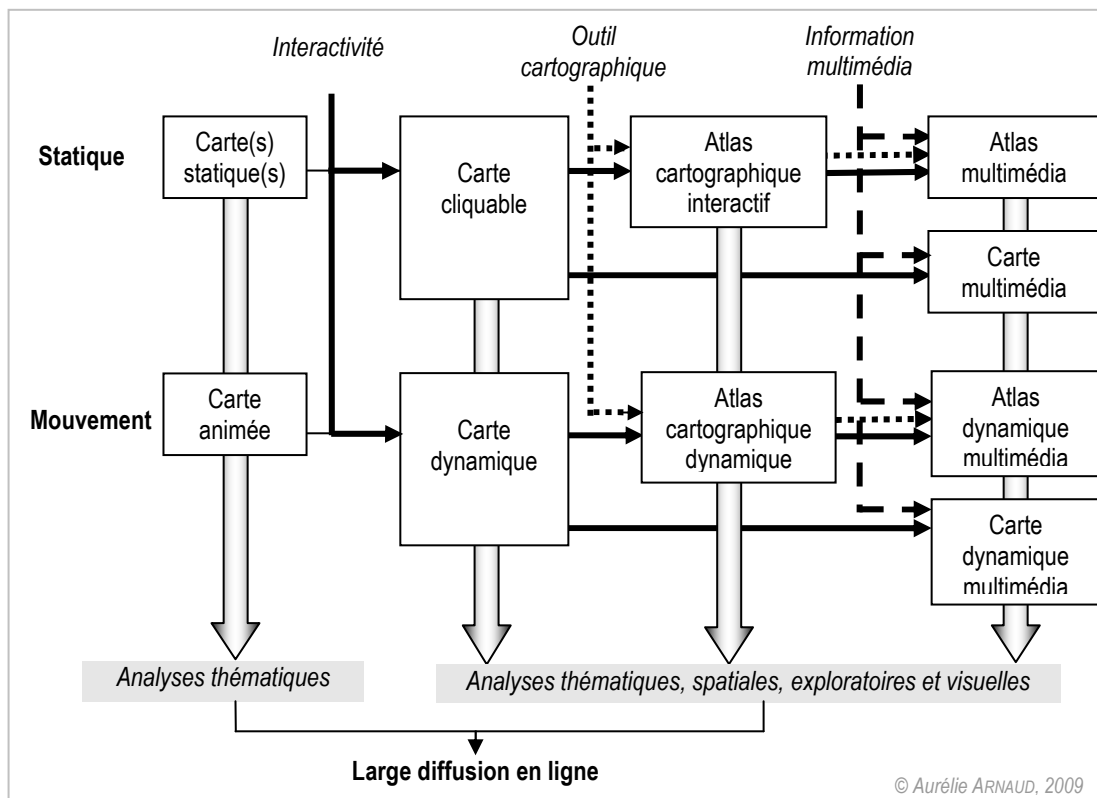


Figure 16 : Classification des cartes en ligne

Peterson (1997) réalise une première classification des cartes en ligne : la carte statique, la carte interactive et la carte animée. La classification de Kraak (2001) va plus loin en introduisant la carte dynamique qui est une carte à la fois interactive et animée. Cette classification se base sur la façon dont les cartes sont utilisées et sur leurs possibilités visuelles cartographiques (ce qu'elles apportent comme information). Les cartes statiques et

⁵⁷ Ormeling, 1999 ; Borchert, 1999 et Kraak, in Apparicio *et al*, 2006, décrivent le concept en détail

interactives sont appelées « cartes cliquables » et les cartes animées et interactives « cartes dynamiques ». Cependant, cette classification semble encore incomplète, toutes les formes de cartes présentes en ligne n'apparaissant pas.

Afin de bien comprendre cette diversité cartographique, nous construisons une nouvelle arborescence plus complète (Figure 16), en s'appuyant sur les formes de cartes découvertes en ligne lors de l'état de l'art du deuxième chapitre (section 3), mais aussi sur les classifications de Peterson (1997) et de Kraak (2001).

Les formes cartographiques dépendent de l'introduction de l'interactivité et du multimédia mais aussi de leur intégration dans un outil cartographique. Elles dépendent également du mouvement qu'elles contiennent. Les *cartes statiques* ou les collections de cartes statiques deviennent, grâce à l'introduction de l'interactivité, des *cartes cliquables* (Kraak, 2001). Elles se transforment en *cartes multimédia*⁵⁸ au sens où des hyperliens des objets cartographiés affichent des documents de supports différents. Les *cartes interactives* peuvent être des cartes cliquables ou multimédia. Les cartes qui intègrent le mouvement sont nommées des *cartes animées*, et évoluent en *cartes dynamiques* si l'utilisateur peut en plus interagir avec elles. Si l'interactivité permet également de consulter d'autres médias, il s'agit de *cartes dynamiques multimédia*. Les technologies du Web permettent également de mettre en ligne des outils cartographiques. Ceux-ci peuvent afficher les six formes de cartes que nous venons de citer en ajoutant un environnement qui permet de les manipuler et de les faire « parler » au moyen d'outils de navigation et de recherche, sans forcément cliquer sur les objets de la carte. Cet ensemble de cartes consultables sur une thématique particulière se nomme un *atlas cartographique*⁵⁹. La différence entre les atlas et les cartes cliquables est que la carte ne se modifie pas seulement en la cliquant mais également en activant des fonctionnalités situées en périphérie de la carte. L'intégration de cartes animées dans un atlas en fait un *atlas dynamique* et le multimédia un *atlas multimédia* ou *atlas dynamique multimédia*.

Ces différents types de cartes permettent aux utilisateurs de réaliser des analyses thématiques⁶⁰, spatiales⁶¹, exploratoires et visuelles⁶². Si l'analyse thématique des cartes

⁵⁸ Nous n'utiliserons pas, pour l'instant, le terme « multi-format » car la notion fait référence à la technique du stockage de l'information : référence aux formats physiques des données (ex. .doc, .jpg). Nous utiliserons davantage « multimédia » à cause de son aspect conceptuels qui reflète les différents supports de l'information, malgré son double sens qui nous pose problème quant à son utilisation. En effet, si la littérature anglo-saxonne utilise cette expression, c'est parce que le terme « media » est assimilé à un support d'information (ex. son, photographie, carte), que nous avons qualifié dans le chapitre 2 de « format de document ». Or en France, « médias » est davantage assimilé à la désignation de supports de diffusion (ex. télévision, radiophonie, ordinateur). A noter que *Media* est le pluriel du latin « medium » qui signifie milieu, intermédiaire. En journalisme, l'orthographe « médias » a été répandue même si elle est incorrecte. Nous utiliserons cette orthographe.

⁵⁹ Nous considérons l'atlas comme une forme cartographique au sens où il s'agit d'un ensemble de cartes reliées par une thématique et rassemblées dans un outil cartographique en ligne.

⁶⁰ L'analyse thématique permet d'afficher une carte associée à une thématique.

⁶¹ L'analyse spatiale est un ensemble de tâches qui permettent de formuler et de vérifier des hypothèses. « Dans l'approche informatique des SIG, l'analyse spatiale est centrée sur l'exploitation de la composante géométrique de l'information géographique, c'est-à-dire sur l'étude d'intersections, d'inclusions, de partitions ou d'itinéraires » (Bord, 1997). L'analyse spatiale étudie la

statiques et animées est réduite à un thème imposé par la carte affichée sur l'écran de l'ordinateur, les autres cartes permettent d'observer d'autres phénomènes. Nous étudierons ce volet de l'analyse cartographique dans la troisième section.

Outre les cartes statiques présentes en ligne, les cartes cliquables, en mouvement et multimédia apparaissent et se combinent parfois dans des atlas cartographiques (notion définie plus loin). L'utilisation de l'interactivité est à l'origine de ces possibilités.

2.1.3 Cartographie interactive comme base des formes cartographiques

La Figure 16 montre que l'interactivité est à l'origine de la majorité des formes cartographiques en ligne. L'interactivité semble ouvrir des perspectives de valorisation de l'information en apportant des ouvertures en termes d'affichage et d'analyse de la carte statique (carte statique + interactivité = carte cliquable) mais également de la carte animée (carte animée + interactivité = carte dynamique). L'interactivité est également une composante indissociable de la carte multimédia puisque sans interaction, cette carte ne pourrait exister.

En effet, l'interactivité apporte un certain nombre de possibilités pour consulter les cartes cliquables, dynamiques et multimédias mais aussi les atlas cartographiques. Nous les développons ci-dessous. En terme de géovisualisation, l'interactivité est également un moteur de l'analyse exploratoire que nous étudierons dans la dernière section.

2.1.3.1 La carte cliquable

Les cartes cliquables représentent les cartes qui elles-mêmes ont la possibilité d'être cliquées (ex. un clic sur un objet de la carte), mais également les cartes qui se transforment au moyen d'outils interactifs situés en périphérie de la carte. Les recherches sur les cartes interactives (ou cliquables) révèlent trois types d'interactivité lors de la consultation d'informations cartographiées *via* le Web (Andrienko *et al*, 1999 ; Dukes, in Andrienko *et al*, 1999) :

- l'affichage d'une seule vue⁶³ de l'information. Mais le fait d'afficher une vue unique plus ou moins zoomée n'est pas intéressante, car chaque affichage transmet une idée partielle de l'information. Ceci peut alors être compensé de la manière suivante :
- l'affichage de nombreux points de vue : des représentations cartographiques différentes sur une même thématique ;

spatialisation des sociétés dont l'approche est orientée par la « *recherche de modèles et de lois générales* » (Pumain *et al*, 1997). L'analyse spatiale permet alors d'afficher des cartes à l'aide de requêtes (grâce aux outils de calcul de distance, de dessin, etc.) qui permet de manipuler et interpréter les données. L'utilisateur choisit les critères d'information qu'il désire.

⁶² Ces deux dernières formes d'analyse seront présentées en troisième section de ce chapitre.

⁶³ Une vue est considérée comme ce qui s'affiche sur l'écran

- l'affichage de vues multiples : plusieurs vues d'objets sur des thématiques différentes. Les vues doivent être liées de façon à ce que les informations contenues dans une seule vue s'intègrent à une image cohérente de l'ensemble des informations (Andrienko *et al*, 1999). Cette interactivité se nomme également « *nouvelle expression dynamique* » (Dukes, *in* Andrienko *et al*, 1999), où par exemple une carte choroplèthe est remplacée par une carte à figurés, représentant pourtant les mêmes informations.

Andrienko *et al* (1999) déterminent l'interactivité comme un complément et non un substitut à l'analyse en se concentrant sur les liaisons entre les informations. Ils déterminent alors des **techniques d'interactions** avec la carte, qui permettent d'afficher plusieurs représentations de mêmes objets simultanément. Au vu des travaux d'Andrienko *et al* (1999) et d'autres travaux connexes (Grasland *et alii*, 2005), nous distinguons six techniques d'interactivité avec la carte : la surbrillance au passage de la souris, le déplacement de curseur, le clic sur un objet, la sélection dans un menu déroulant, la sélection textuelle, la sélection par l'ordre et la sélection d'onglets. Imaginons une interface⁶⁴ où s'affichent plusieurs fenêtres reliées dont l'une contiendrait une carte et l'autre une barre, un graphique ou une autre carte (Figure 17). Les techniques d'interactivité sont alors les suivantes :

- la surbrillance au passage de la souris : si la souris passe sur une zone où il existe de l'information, l'objet concerné est en surbrillance sur la carte. Ce point apparaît également en surbrillance sur le graphique. Si la carte est liée à d'autres cartes (par exemple créées par un affichage dynamique⁶⁵), la surbrillance favorise alors la comparaison d'une série temporelle ou non-temporelle. L'objet est en surbrillance quelle que soit l'échelle, les variables représentées, et les méthodes de représentation appliquées (statique ou en mouvement). Cette technique permet alors, par la juxtaposition des objets en surbrillance, d'apprécier des objets dans différents contextes (temporels ou non-temporels) en comparant leur localisation ou variables visuelles.
- Le clic sur un objet de la carte ou d'un graphique : le clic permet d'accéder à des informations supplémentaires (ex. des attributs de type méta-informations) ou des fonctionnalités (ex. copier, changer de place).
- La sélection dans un menu déroulant présentant une liste de choix permet d'identifier un objet en sélectionnant son nom dans le menu. Ces menus déroulants donnent parfois accès à la réalisation d'opérations (ex. calculs d'indicateurs comme le PIB par habitants, Grasland *et alii*, 2005). Ce genre de sélection d'information correspond à une « requête » dans le langage appliqué aux outils cartographiques.
- La sélection textuelle : elle permet d'entrer un nombre exact ou un nom précis dans le champ d'édition afin de positionner la carte sur la localisation recherchée.

⁶⁴ Une interface est considérée comme ce que l'utilisateur voit s'afficher sur l'écran de l'ordinateur.

⁶⁵ « Dynamique » est employé ici au sens informaticien, c'est-à-dire la multiplication d'affichages d'un objet dans plusieurs fenêtres.

Pour ces deux cas de sélection, la comparaison est possible puisque les objets trouvés sont en surbrillance par rapport aux autres.

- La sélection par l'ordre : elle permet de localiser automatiquement un objet en appuyant sur les boutons ► et ◀ pour faire apparaître les valeurs précédentes ou suivantes.
- La sélection d'onglets : en cliquant sur un onglet, l'utilisateur accède à une information thématique⁶⁶ mais aussi à des outils de navigation de construction de la carte thématique (Figure 17).

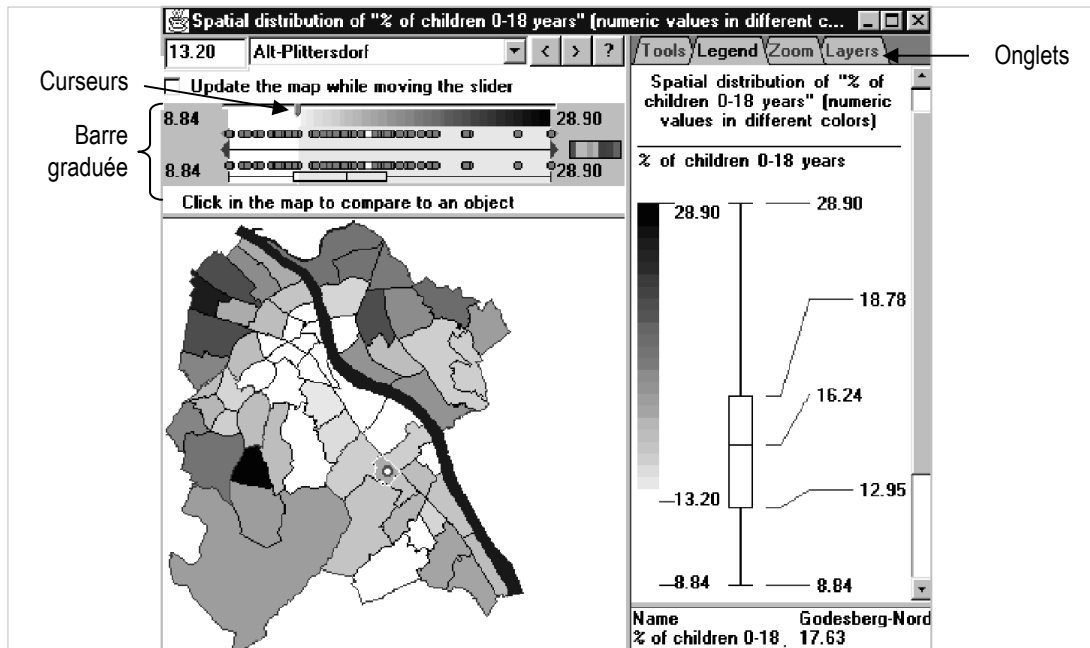


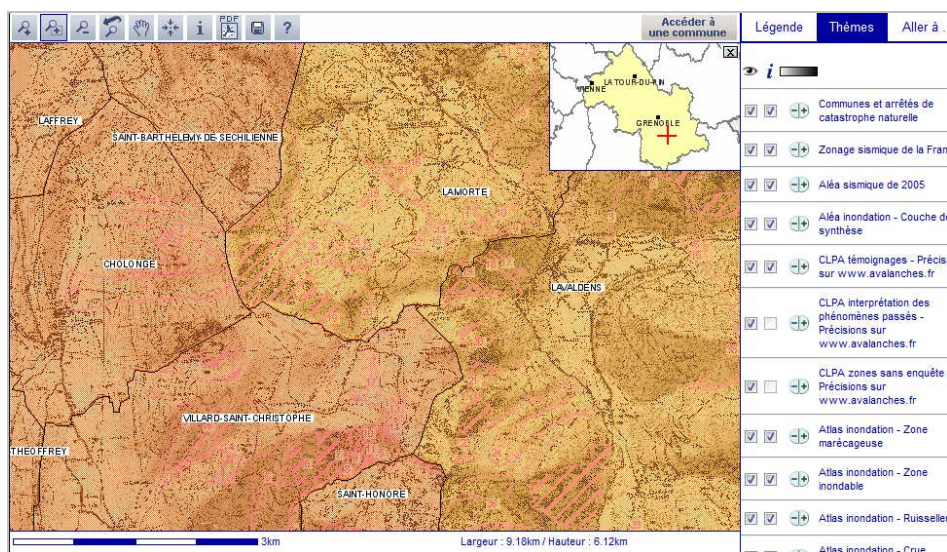
Figure 17 : Carte choroplèthe du logiciel Descartes (Andrienko *et al*, 1999)

- Le déplacement de curseurs : un ou plusieurs curseurs appartiennent à une barre graduée. Ils peuvent être plusieurs dans le cas de valeurs limites de classes par exemple. Ces intervalles sont alors réglables. Pour le cas du logiciel Descartes d'Andrienko *et al* (1999), le graphique qui gère la coloration des surfaces (variable de la couleur) est interactif grâce à un curseur qui se déplace sur ce dernier, et des triangles aux extrémités, indépendants, qui permettent de se déplacer dans l'intervalle de valeur de l'examen visuel (Figure 17). D'autres cas de légendes interactives seront présentés lors de l'étude des cartes dynamiques. Là encore, l'utilisateur a accès à plusieurs représentations de l'information, ce qui lui permet de se rendre compte plus facilement de phénomènes remarquables (ex. communes très peu peuplées, communes très soumises aux événements issus de risque).

⁶⁶ Par exemple, dans le projet Hypercarte (Grasland *et alii*, 2005) l'outil présente six onglets cartographiques (des onglets présentant des cartes, des tableaux, etc.) : trois onglets correspondent à trois échelles territoriales (NUTS -Nomenclature Universelle Territoriale- 1, 2 et 3) sur lesquelles l'utilisateur peut réaliser des représentations cartographiques selon des données socio-économiques (ex. visualisation du ratio PIB/hab.)

2.1.3.2 Applications de la carte cliquable

Appliqué aux cartes de risque mises en ligne, le deuxième chapitre montre l'intérêt des cartes en ligne à comporter des légendes interactives sur lesquelles les acteurs sélectionnent, comme dans un menu, des couches d'information à afficher en cliquant dans des cases à cocher (Figure 8 – p.255). Cette technique permet d'ajouter ou supprimer des objets cartographiés au gré des besoins des utilisateurs (ex. sites Web de Cartorisque, atlas cartographiques du Gard et CARMEN, Géoportail et GoogleEarth, Figure 8). **La carte cliquable présente donc une solution en terme de superposition de l'information. Cependant, la sémiologie graphique ne prend ni en compte l'ordre de sélection des couches d'information, ni le type des couches sélectionnées**, ce qui rend aisé la création de cartes peu lisibles (Carte 10).



Source : http://cartorisque.prim.net/dpt/38/38_ip.html

Carte 10 : Légende à cocher et lisibilité de la carte en ligne

Appliquée à notre problématique temporelle, la carte cliquable permettrait d'afficher plusieurs cartes à différentes dates (une carte par onglet), mettant ainsi en évidence la fréquence des événements et leur durée grâce à l'observation de leur présence ou absence sur chacun des onglets. Cependant, nous observons dans le deuxième chapitre que certaines temporalités ont peu de pertinence à être représentées de la sorte (ex. événements à évolution rapide sur une temporalité longue) : en effet, le nombre d'onglets à générer pour rendre compte de l'évolution serait trop élevé. La carte cliquable rend également difficile la mise en évidence de la rapidité d'exécution et l'espacement chronologique où seul le texte peut venir en soutien à travers l'affichage d'étiquettes. D'autres temporalités sont difficiles à mettre en évidence à travers une/des carte(s) statique(s) cliquable(s), comme par exemple, la fréquence et la durée des événements. Afin de représenter le temps, une réflexion menée sur les cartes animées et dynamiques paraît alors plus appropriée qu'une réflexion sur la carte cliquable.

Enfin, appliquée à la valorisation des informations sur l'incertitude, la carte cliquable est utilisée par quelques chercheurs. Par exemple, l'interactivité facilite l'affichage

d'informations sur les incertitudes lorsque la souris passe sur une zone de la carte renseignée (Van der Wel *et alii* in Griethe *et alii*, 2006). De même que Skeels (2007) établit des propositions d'affichage de l'incertitude à travers le terme « **probable** » qui apparaît, ou encore une **étiquette « qualitative »**, qui décrit l'incertitude. L'incertitude peut être aussi visualisée à travers l'intégration de graphiques ou d'objets sur une carte (Van der Wel *et alii* in Griethe *et alii*, 2006) : par exemple, une zone tampon ou une « barre d'erreur », mais aussi des étiquettes « >150 », des volumes, des isolignes, des barres d'erreurs statistiques en 3D appliquées sur une carte (Olston, in Skeel *et al*, 2007), ou même un degré de segmentation (ce qui revient à représenter une grille dont le maillage est plus ou moins fin). L'utilisation de la saturation des couleurs, la taille et la transparence sur un graphique (Collins, in Skeel *et al*, 2007) sont aussi des issues. Hormis les affichages en étiquettes qui permettent d'afficher de l'information sur les incertitudes qualitatives, les graphiques nécessitent des calculs inhibant toute l'information disponible. En effet, comme nous l'avons remarqué dans le deuxième chapitre, l'incertitude est difficilement quantifiable, or ces techniques s'appuient sur des calculs complexes et des algorithmes pour des problématiques précises (ex. sciences fondamentales). Dans notre cas, nous rappelons que l'aide à la compréhension de l'incertitude à travers l'information qualitative est privilégiée.

Nous venons d'observer qu'appliquées exclusivement à l'image de la carte (carte cliquable), les techniques d'interactivité sont limitées au « clic sur objet » et à la « surbrillance d'objets ». Son intégration dans un outil cartographique permet alors de lui associer un plus large panel de techniques interactives. En conséquence, cet environnement interactif suscite des possibilités multiples pour comprendre et rechercher l'information mais aussi bien plus : l'explorer et la visualiser. Une introduction aux capacités d'exploration et de visualisation de l'information sera développée dans une troisième section consacrée à la géovisualisation. Avant cela, nous devons maîtriser les formes cartographiques associées au mouvement (§ 2.2) et au multimédia (§ 2.3).

2.2 De la carte animée à la carte dynamique

La carte animée est le cœur de la carte dynamique (Figure 18). Il conviendra alors de comprendre, dans un premier temps, la cartographie animée (§ 2.2.1) avant de découvrir la cartographie dynamique (§ 2.2.2).

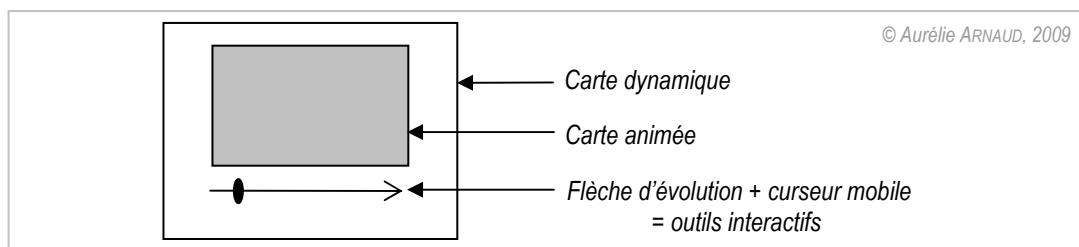


Figure 18 : De la carte animée à la carte dynamique

La carte animée représente le mouvement d'objets ou de scènes et de ce fait, elle révèle

de nouvelles informations telles que les critères temporels d'entités territoriales. Cependant, l'ajout de l'interactivité à cette forme cartographique permettra de la contrôler : il s'agit alors de cartes dynamiques, capables de mettre en évidence encore d'autres types d'informations. Ces cartes représentent le mouvement dont les évolutions temporelles mais aussi non-temporelles. Toutefois, compte tenu des orientations de notre problématique, nous approfondirons surtout l'apport des cartes dynamiques dans la reconnaissance et la représentation des temporalités d'objets cartographiés (§ 2.2.3).

2.2.1 Cartographie animée

On s'aperçoit lors de réunions ou lors de cours, que la projection de cartes animées implique spontanément des réactions et stimule l'intérêt des spectateurs : « oh ? », « qu'est-ce que cela représente ? ». Cette remarque se fonde-t-elle ? Qu'appelle-t-on des « cartes animées » ? Quelles analyses permettent-elles de réaliser ? Comment se représente le mouvement ? Un premier paragraphe permet de définir et de découvrir les apports informationnels de la carte animée, un deuxième présente les analyses qu'elle permet de réaliser et un dernier se veut plus technique, expliquant les constructions possibles d'une carte animée.

2.2.1.1 Définition et apports

Ce type de carte est créé par l'animation d'une succession de cartes. Ce processus représente alors le changement dans l'espace (position), en place (les attributs), ou dans le temps (Kraak *et alii*, 1997).

La carte animée est un moyen de lire autrement de nouvelles informations : « les cartes animées ne sont pas un substitut à la cartographie conventionnelle, mais dans certains cas elles offrent des possibilités qui n'ont pas encore été exploitées correctement par les cartographes »⁶⁷ (Caquard, 2001). Cette cartographie nous intéresse, car elle permet d'analyser et de mettre en évidence des phénomènes spatiaux-temporels et d'en révéler d'autres, ce qui est peu le cas des cartes statiques (Peterson, 1994). En effet, ce qui se passe entre chaque image intermédiaire devient plus important que ce qui est représenté sur les images (Peterson, 1995).

La carte animée permet également de réduire la surcharge graphique. Elle véhicule plus facilement l'information que la carte statique, et elle traduit mieux les modélisations (Ormeling, 1995) : l'animation de ces cartes révèle des tendances ou des modèles.

La carte animée ouvre également le champ de l'analyse spatiale. C'est ce que nous allons découvrir dans le paragraphe suivant.

Toutefois, les limites des cartes animées résident dans leur efficacité. L'animation n'inhibe-t-elle pas le temps de l'information ? Véhiculent-elles vraiment l'information ? En

⁶⁷ Cette phrase est issue des travaux des auteurs Thrower (1959), le précurseur, Hayward (1984), Peterson (1994), Campbell et Egbert (1990), DiBiase *et alii* (1992) et Kraak (1999) analysés dans la thèse de Caquard (2001). Nous nous appuyerons sur les travaux plus récents.

effet, l'animation défile mais le lecteur peut avoir besoin de l'arrêter ou de revenir en arrière. Elle capte l'utilisateur et peut alors cacher son sens de la curiosité (Bertin (1967). Cet affichage cartographique souffre lui aussi de « *carences sémiologiques* » (Caquard, 1998 ; Kraak, 2003). Cependant, nous verrons que l'interactivité peut apporter une solution à cet inconvénient. Néanmoins, le poids des fichiers limite les applications.

2.2.1.2 Analyses envisageables

Si la carte animée permet d'afficher les changements spatio-temporels, il est alors possible d'en analyser les évolutions en observant tant en qualité (comment ? les processus du changement), qu'en quantité (combien de temps ? quand ? quelles mesures et proportions : ex. la vitesse de l'évolution) ses mouvements (Muechrcke, *in* Chesneau, 2006). Ce type de carte permet de répondre aux questions « où et quand ont eu lieu les changements ? », « de quels types sont-ils et quelle périodicité, etc. ? » Par exemple, elle permet d'afficher l'étalement du bâti successif d'une agglomération afin d'en observer le phénomène de périurbanisation croisé avec les inondations de cette dernière décennie. Cet affichage permet alors une analyse spatiale des corrélations entre des spatialisations et des temporalités de ces deux phénomènes (Ellerkamp, 2000).

D'après Ségura (2003) l'animation temporelle permet au chercheur de lire les mouvements liés aux processus qu'il implémente, et surtout de « *scénariser la continuité de la représentation cartographique en utilisant les modèles issus de l'analyse spatiale* » (Segura, 2003). L'emploi de la carte animée se justifie alors en analyse spatiale dans les cas suivants :

- la représentation des tendances spatio-temporelles majeures d'une distribution univariée ;
- l'examen de la corrélation entre deux phénomènes ;
- l'expérimentation des règles et des lois spatiales sur les dynamiques territoriales (ex. les terrains les plus soumis aux événements sont-ils les moins construits ?) ;
- l'affichage des structures spatiales à différentes échelles.

Ces quatre cas intéressent les acteurs que nous avons découverts dans le premier et deuxième chapitre. Les scientifiques, les techniciens (cindyniciens ou non) et les décideurs ont révélé de réels besoins dans ce type d'analyse : par exemple, le scientifique peut vérifier des hypothèses à travers ces cartes animées mais aussi en émettre de nouvelles, le technicien peut retenir des données plus que d'autres en fonction des relations entre des phénomènes, enfin, le décideur est aidé dans ses décisions grâce à l'affichage d'évolutions.

L'objectif de l'animation cartographique temporelle est de témoigner d'un **changement à travers le temps**, tandis que l'animation cartographique non-temporelle montre le **changement qui est causé par des facteurs autres que le temps**. Elle a l'objectif de créer un effet de **classification**. La possibilité d'observer plusieurs classements fournit rapidement une vue moins trompeuse des données. Le lecteur peut détecter des **similitudes ou des**

différences dans la série de cartes animées (Peterson, 1994). L'animation cartographique permet, en plus de raconter une histoire, d'**expliquer un processus**, de **révéler des modèles** ou **des relations** qui ne seraient pas lisibles sur une carte statique. Le scientifique peut alors analyser les processus dans leur ensemble (Kraak *et alii*, 1997). L'animation est aussi utilisée pour clarifier les tendances et les processus (Kraak *et al*, 1995), afin d'expliquer ou de donner une idée des relations spatiales.

Le Tableau 8 récapitule les analyses que les acteurs des territoires pourraient effectuer grâce à l'animation cartographique, analyses qui les aideraient à construire des territoires à risque.

Analyse spatiale	Analyse temporelle	Analyse non-temporelle
<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre une histoire - Expliquer des processus - Révéler des modèles - Révéler des relations (détection de similitudes/différences) - Analyser des processus de manière globale - Découvrir de nouvelles hypothèses 	<ul style="list-style-type: none"> - Evolution temporelle de localisations et d'attributs - Déduction de critères temporels (durée...) dont : - observation des vitesses de changement des phénomènes (accélération, ralentissement, équivalence entre deux phénomènes). 	<ul style="list-style-type: none"> - Changements des localisations en raison de facteurs non-temporels - Changements d'attributs en raison de facteurs non-temporels - Mise en évidence de classifications - Mise en pratique et analyse du concept de diffusion spatiale⁶⁸ (Asalin <i>et al</i>, 2003)

© Aurélie Araud, 2009

Tableau 8 : Analyses possibles grâce à l'animation cartographique

2.2.1.3 Techniques cartographiques

Ormeling (1995) explique les raisons de la perception du mouvement dans les cartes animées. Il montre bien la différence d'appréciation de la composante temporelle (ou en mouvement) entre la carte statique, la collection de cartes et la carte animée (Tableau 9). L'animation permet une sensation « vraie » du mouvement (Ormeling, 1995) non pas due à des variables visuelles spécifiques ou à l'observation d'une évolution, mais **grâce à une déduction de ce que le lecteur mémorise en observant l'animation**. Aux variables visuelles classiques (la taille, la valeur, etc.), également nommées variables statiques, s'ajoute alors « l'impression visuelle », commandée par les variables visuelles dynamiques (la durée, la fréquence, etc. : cf. § 2.2.3) et captées par le mécanisme « oeil-cerveau » qui enregistre les images sans les retenir et ne retient que le mouvement (Koussoulakou, *in* Ormeling, 1995).

⁶⁸ « La notion de diffusion, prise au sens de l'action, est introduite quand on étudie des processus qui mettent en jeu des déplacements de matières, de produits, de personnes, de pratiques, ou d'idées. La notion de diffusion spatiale recouvre l'ensemble des processus qui concourent au déplacement, à la migration dans l'espace géographique, et aux effets en retour, engendrés par ces déplacements dans cet espace. La diffusion peut correspondre à un mouvement de migration avec re-localisation ou à un mouvement d'expansion » (http://www.hypergeo.eu/article.php3?id_article=11).

			Component		
			geometric	thematic	temporal
Map display	static	single	plane	visual variable	visual variable
		series	plane	visual variable	spatial deduction
	animated		plane	visual variable	memory deduction

← Variable en mouvement

Tableau 9 : Appréciation de la variable en mouvement par un lecteur (Ormeling, 1995)

Une carte animée est donc une « représentation sous la forme d’une succession d’images, d’une distribution spatiale d’objets géoréférencés dont les localisations et les attributs varient sous la contrainte d’un scénario qui régit les changements » (Segura, 2003). Les cartes sont créées avant d’être animées (ce qui peut impliquer des calculs, etc.)⁶⁹. La forme la plus simple d’une carte animée est composée de deux cartes. Pour une animation fluide, 24 images par seconde sont requises. L’unité de l’heure serait idéale (Köbben et al, 1995) mais ne convient pas à toutes les temporalités des phénomènes. D’ailleurs, nous avons vu dans le chapitre précédent que les temporalités s’appliquant aux événements étaient très variées : la seconde (éboulement), le mois (inondations de plaines) et l’année (érosion) nécessitent donc des pas de temps de représentation⁷⁰ différents.

Le choix des cartes à animer est minutieux et l’enchaînement des cartes doit demeurer suffisamment percutant pour que l’utilisateur ait une vision objective de la situation spatio-temporelle (ou spatio- atemporelle) : quelle serait l’animation la plus parlante et la plus facile à interpréter ? Le **choix d’images** doit alors montrer les moments clés d’un événement ; pour cela, les cartes doivent être caractéristiques (ex. pics de concentration). Il peut également s’agir d’un choix d’objets à animer sur un fond cartographique et même d’algorithmes (Antoni *et al*, 2003) qui permet de faire évoluer des objets sur la carte d’une certaine manière selon les paramètres renseignés (ex. simulation d’une évolution des séismes en fonction de critères géologiques).

Nous observons quatre façons de mettre en œuvre ce type de cartes animées :

- la **série chronologique** : ce type d’animation est également nommé « animation par image ». Cette première catégorie de carte animée permet de lire le monde réel dans un **temps à séquence temporelle**. Cette animation cartographique traite le temps à différentes granularités temporelles (la seconde, le mois, l’année, etc.) que nous avons aussi nommé « pas de temps » dans le premier chapitre et « pas de temps de représentation » un peu plus haut. En effet, le temps de l’animation (qui utilise les

⁶⁹ « À la différence des cartes en temps réel » où les photos sont animées mais pas retravaillées (Caquard, 2001)

⁷⁰ Le pas de temps de représentation est la projection du temps réel de l’occurrence de l’événement sur la carte animée. Le temps est donc compressé un peu comme une projection spatiale.

pas de temps de représentation) est proportionnel au temps réel (pas de temps dans la réalité). La série chronologique témoigne du changement de localisation ou d'autres attributs de données spatialisées dans le temps ;

- la **mise en place successive**⁷¹ concerne les phénomènes temporels ou atemporels. Cette seconde catégorie montre des relations spatiales en présentant différentes images **dans un ordre logique** (ex. degrés de certitude). Par exemple, une carte peut afficher successivement des routes, l'utilisation des sols, l'hydrologie (Kraak *et al*, 1995), les valeurs faibles et élevées (Egbert et Slocum, *in* Kraak *et al*, 1995), des cartes choroplèthes selon les différentes méthodes de discrétisation (Petersin, *in* Kraak *et al*, 1995), un ensemble de données en changeant la représentation cartographique (cartes choroplèthes, isoplèthes⁷², etc. : Dransch, *in* Kraak *et al*, 1995), ou encore, différents points de vue (Moellering's, *in* Kraak *et al*, 1995) ;

- **le clignotement et le déplacement d'objets**, aussi nommé « animation par objet » : des symboles clignent, ce qui attire l'attention du lecteur (Fisher, *in* Kraak *et al*, 1995). L'effet est similaire avec une simulation de trajectoire d'un objet (Moellering's, *in* Kraak *et al*, 1995). Dans ce cas, les évolutions sont perçues grâce aux changements des modifications graphiques elles-mêmes observées par le lecteur. Des travaux réalisés par Harrower (2007) et Griffin *et alii* (2004) tentent d'améliorer la perception cognitive de ce type de cartes animées. Par exemple, les tests de Griffin *et alii* (2004) qui comparent la perception des événements d'une série de cartes statiques et d'une carte animée, montrent que l'animation demande plus de concentration mais qu'elle permet de mettre en évidence des groupes d'objets en mouvement, en revanche, la détection de mouvements subtils d'objets à des rythmes lents est difficile à percevoir ;

- **déplacement sur carte** : ce type d'animation inclut les glissements de vue (aussi nommé « survol » de la carte) et le zoom (Dorling's, *in* Kraak *et al*, 1995). Le zoom est particulièrement intéressant pour se situer à plusieurs échelles simultanément (ex. le zoom globe ► localité sur le site Web de GoogleEarth). Concernant le survol, les travaux de l'Hostis montrent que la troisième dimension peut être encore plus appréciée si elle est animée (animation 3D), et qui plus est en survol, permettant de saisir rapidement le relief et d'effectuer des rotations autour de ce dernier. Les travaux de Banos *et al* (2005), Banos *et alii*, (2005), Segura (2003), Frihida (2003) et Thevenin (2002) utilisent les cartes animées dans des applications concrètes sur les approches multi-agents⁷³ en ajoutant la troisième dimension qui représente un attribut autre que l'altitude, et son survol. Par exemple en représentant les rythmes de personnes dans une agglomération, la carte animée se déforme en 3D (Figure 19)

⁷¹ Affiche les attributs successivement.

⁷² Représentation d'une information en isoligne

⁷³ Modélisation des comportements d'objets de différents types existants (ex. quotidien d'une personne, déroulement d'une inondation de plaine) pour anticiper des phénomènes lors de leur croisement ou lors du changement d'un paramètre contextuel (météorologie, moment de la journée : matin-soir)

selon l'attribut « concentration/déconcentration ». Ce type de carte se nomme « carte chronotopique » (Guez, *in* Thevenin, 2002). Cette carte animée révèle alors des « configurations spatio-temporelles similaires » au moyen de fonctions qui permettent de sélectionner une distribution temporelle de référence pour un espace étudié (Thevenin, 2002).

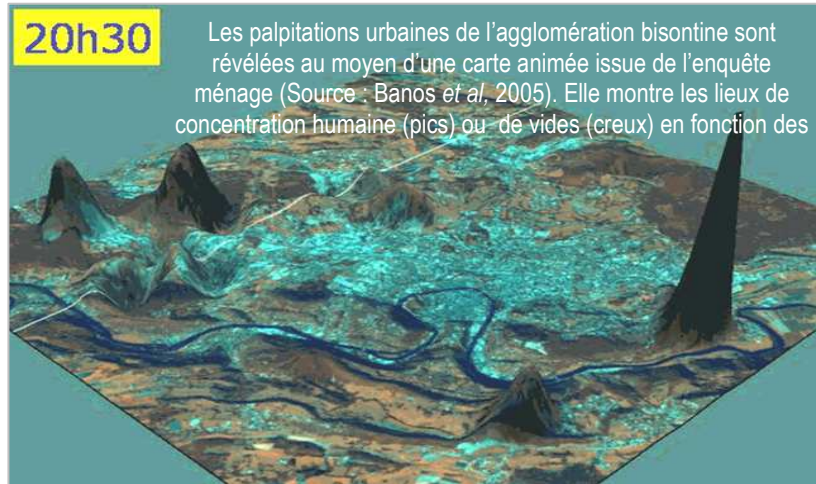


Figure 19 : Carte animée 3D des « palpitations urbaines » (Banos et al, 2005)

Cette dernière phrase illustre et introduit l'apport de l'interactivité et l'intérêt certain des cartes dynamiques.

Telle quelle, la carte animée est délicate à observer à cause d'un défilement des cartes peu contrôlable, et de ce fait, l'observation des phénomènes est difficile. La carte animée peut-elle gagner en lecture des phénomènes spatio-temporels si l'utilisateur peut la maîtriser ? L'environnement interactif apporte-t-il des éléments pour mieux représenter certaines spécificités de l'IDE ?

Notons que l'animation peut s'effectuer également sur des cartes en anamorphoses (Antoni et al, 2003 ; Cauvin et al, 1995 *in* Klein, 2007), non étudiées ici car cette représentation paraît peu adaptée à nos objets compte tenu de leur spatialisation (cf. argumentaire du Chapitre 2, p. 195 et Carte 12 – p.194).

2.2.2 Cartographie dynamique

Le terme « dynamique » est employé ici comme association d'un environnement interactif à une carte animée. Une première partie relate l'apparition de la « carte dynamique » dans la littérature anglo-saxonne, puis une seconde explique les moyens de contrôle d'une carte animée, sources de son exploitation intégrale. En effet, l'hypothèse que nous allons tenter de vérifier ici est que l'aspect dynamique de la carte permet de lire encore plus d'informations et donc de réaliser d'autres analyses.

2.2.2.1 Apparition de la carte dynamique

D'après MacEachren (*in* Caquard, 2001) et Ormeling (1995), si l'utilisateur peut agir sur l'évolution de la carte animée, cette dernière a un plus grand effet sur lui (Kraak, 1995). La carte animée à elle seule ne suffit donc pas à mettre en évidence toutes les informations et les dimensions des objets.

D'après Peterson (1999), mais aussi Kraak *et alii* (1997), des outils sont nécessaires pour consulter une carte animée. Peterson (1999) montre alors le grand intérêt des cartes animées à être interactives car elles permettent en plus à l'utilisateur de contrôler la carte résultante et de révéler d'autres temporalités ou phénomènes atemporels.

Pour Slocum (2001), les cartes dynamiques apparaissent dans les années 2000 avec Andrienko. Cependant, nous venons de voir que dès 1999, Peterson (1999) s'intéresse à l'interactivité des cartes dynamiques. Toutefois, la carte interactive et animée est nommée pour la première fois « *carte dynamique* » par Kraak (2001, *in* Apparicio *et al*, 2006). Une sémantique plus appropriée emprunterait l'expression de « carte animée dans un environnement interactif ». Quels sont ces moyens interactifs pour contrôler la carte animée ?

2.2.2.2 Des moyens pour contrôler la carte

Pour comprendre une carte animée, les lecteurs doivent appliquer un schéma de connaissances spatiales qui leur permet d'interpréter la situation géographique relative, et ils doivent appliquer un schéma temporel qui leur permet d'interpréter le sens de la séquence et le rythme de l'animation. Pour cela, la carte animée doit être accompagnée d'une légende adaptée. Elle doit être une aide à la lecture de la carte, mais aussi un outil de navigation (Kraak *et alii*, 1997). La légende doit prendre en compte les aspects spatio-temporels des données.

Nous distinguons alors deux manières de contrôler une carte animée, qui peuvent être rassemblées dans une même légende parfois nommée « légende dynamique » :

- les « outils de contrôle de l'évolution » (ou outils de navigation) : ils permettent de naviguer au sein même de la progression de l'animation (avance, retour, pause, marche/arrêt) ;
- la légende temporelle : elle présente des éléments qui permettent de faire révéler aux cartes animées de nouvelles informations telles que les critères temporels des objets (ordre, vitesse, etc.).

Nous allons nous attarder sur ce dernier type d'outil. La **légende animée et interactive** a un double objectif : contrôler l'affichage des cartes animées et fournir des informations dans les différentes fenêtres de travail. La légende est synchronisée avec l'affichage de la carte. La légende crée une association entre l'animation des cartes et ce qu'elle représente (Peterson, 1999). La légende peut comporter du texte, des graphiques et des commentaires audio. Elle peut être incorporée dans la carte et être animée en même temps que la carte.

Cependant, elle peut également être séparée de la carte (Buziek, 1999).

Le style de la légende doit correspondre au contexte de la carte. La légende propose alors un schéma de connaissances qui permet la bonne interprétation de l'information. Par exemple, pour la gestion du temps dans la carte, la légende comporte un « contrôleur dynamique » de l'animation. Les outils classiques sont la « pause », l'« avance rapide » et le « retour rapide ». Ils permettent d'interagir avec l'animation. Les temporalités des objets des cartes peuvent également apparaître sur une barre à la base de la fenêtre. Mais le lecteur doit aller au-delà de la lecture d'une animation dans le temps. Afin que celui-ci puisse répondre à des questions liées à l'existence d'un objet, sa localisation temporelle (quand ?), les intervalles de temps (combien de temps ?) la fréquence (combien de fois ? Aussi nommée *texture temporelle*), le taux de changement (quelle vitesse ?) et sa séquence (quel ordre ?), la légende doit comporter des outils de navigation temporels correspondants (MacEachren, in Kraak *et alli*, 1997 ; Figure 20a).

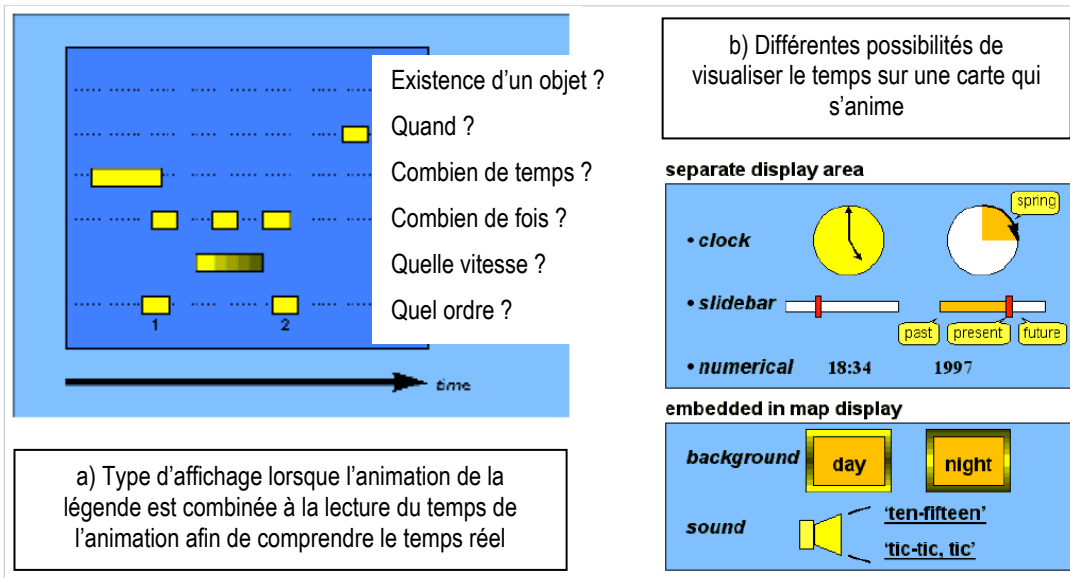


Figure 20 : Légende interactive pour la visualisation de cartes animées (Kraak et alii, 1997)

La légende dépend alors de la nature spatio-temporelle des phénomènes affichés par l'animation, de la nature des questions temporelles que le lecteur se pose et de la connaissance du schéma spatio-temporel des entités (le temps linéaire ou cyclique, le temps comme une durée, une fréquence, etc.). Par exemple, l'horloge convient bien pour illustrer le temps cyclique (heures ou moments d'une journée, les saisons d'une année), (Figure 20b). Il peut apparaître simultanément une barre chronologique représentant du temps linéaire (ex. pour illustrer la progression d'une inondation). Sur cette barre chronologique, le « passé » peut se colorer, le « présent » se représenter par un curseur, et le « futur » rester blanc. Des chiffres peuvent appuyer ces représentations ajoutant une information temporelle numérique précise. Un fond de couleur clair ou sombre peut illustrer le jour et la nuit. Cette légende peut intégrer du son pour lire l'heure ou raconter un « moment ».

Peterson (1999) propose une légende interactive qui délivre des cases actives (à cocher) permettant de réaliser plusieurs types d'animations. La souris anime la carte à travers la légende grâce à un mouvement de va-et-vient ou circulaire. Ce mouvement est la base de

l'animation interactive. La légende peut également donner accès à une série de cartes qui serait présentée *via* une représentation de type graphique en secteurs (camembert). Cliquer dans une part du camembert permet d'activer la carte voulue (ex. pour les saisons).

Peterson (1999) a également effectué des tests auprès de personnes afin de comprendre les fonctions de la légende active et évaluer la capacité des utilisateurs à voir l'affichage des modes d'animation. Les sujets ont eu trois minutes de test, suivi de questions puis d'une discussion. Les résultats révèlent que les utilisateurs (hors domaine de la géomatique) sont capables d'expliquer les fonctions de la légende interactive et de répondre à des questions telles que « qu'est-ce que l'animation ? » (D'ailleurs, pour les utilisateurs, l'animation comprend également les mouvements de la souris). L'enquête confirme qu'un « *affichage statique sans interaction ou animation est d'une valeur limitée, en particulier dans le processus de la recherche spatio-temporelle* » (Peterson, 1999).

La légende dynamique est alors un moyen de contrôler les cartes animées qui deviennent alors des cartes dynamiques. La compréhension des phénomènes spatio-temporels est alors accrue et se réalise au rythme de l'utilisateur.

L'étude des cartes animées et de leur environnement interactif qui les rend dynamiques laisse paraître de nombreuses références au temps : parfois linéaire, parfois cyclique ou encore la durée. Qu'est ce que les cartes dynamiques révèlent comme temporalités ? La carte dynamique suffit-elle ? La sémiologie graphique des cartes est-elle abordée dans cette problématique ?

2.2.3 Les temporalités dans les cartes dynamiques

Notre objectif est de vérifier que toutes les temporalités des entités territoriales à représenter ont la possibilité d'apparaître lors de la lecture des cartes dynamiques. Lors de l'étude de la sémiologie graphique, nous avons découvert des variables visuelles capables de mettre en valeur quelques temporalités. Cependant, il en existe d'autres. Nous avons découvert un certain nombre de critères temporels dans les deux premiers chapitres, en étudiant les pas de temps des périodes de retour, de la cinétique des phénomènes et des traces des phénomènes, les pas de temps liés aux éléments exposés physiques et humains, mais aussi les conjonctions temporelles entre les phénomènes et les éléments exposés, ainsi que les temporalités des contextes de risque, la durée de l'événement, la longévité des empreintes et de la mémoire subséquentes (Chapitre 1, Section 3). D'autres temporalités apparaissent avec le Chapitre 2 (§ 3.2.1.2 : p.186) qui met en évidence les dates des événements, leur ordre chronologique, leur rapidité d'exécution, leur fréquence, leur période de retour et leur espacement chronologique.

L'objectif de cette partie est d'une part, de rassembler les différents types de temporalités que nous avons évoqués dès le premier chapitre afin de construire une classification sémantiquement claire ; d'autre part, de rechercher des représentations cartographiques appropriées. Cette dimension temporelle à mettre en valeur, possède alors de nombreux attributs qui ont parfois du mal à appartenir aux propriétés perceptives, définies dans la première section : l'ordre, la quantité, la sélection et l'association. Cette partie tente

alors de répondre à deux types de questionnement :

- un questionnement théorique : quelles temporalités mettent en évidence les cartes dynamiques ? Quelle compression du temps utiliser pour représenter les temporalités sur ce type de cartes ? En effet, la compression du temps réel en temps de la carte animée de manière linéaire n'est pas la seule solution ;
- un questionnement appliqué : est-ce que les fondements cartographiques étudiés en première section sont appliqués au temps des cartes dynamiques ? Existe-t-il d'autres variables que celles du mouvement ? Sont-elles adaptées à la représentation des temporalités rencontrées dans les deux premiers chapitres ?

Ces questionnements vont être étudiés en parallèle selon notre classification des temporalités des objets à représenter : les critères temporels, le temps métaphorique⁷⁴ et les relations temporelles. Ces trois types de temporalités représentent trois formes de considérations du temps que nous avons déduites non pas de la littérature philosophique ou quantique, très abondante dans ce domaine, mais de la littérature géographique (étudiée dans le Chapitre 1) et géomatricienne (étudiée ci-dessous) qui s'appuient sur celles-ci.

2.2.3.1 Critères temporels

Si des extensions de la sémiologie graphique (les variables du mouvement) nous permettent de représenter des évolutions sur des cartes statiques ou des collections de cartes ; appliquées aux cartes dynamiques, d'autres extensions commencent à émerger. Toutefois une réflexion plus précise sur les variables de représentation des attributs temporels se distingue difficilement. Nous donnons ici quelques idées de représentations du temps, pour ensuite découvrir des recherches plus approfondies qui introduisent la notion de « variable dynamique ». Enfin, nous explorerons l'étendue de l'application des critères temporels.

Représentations de quelques critères temporels

Les réflexions sur la « *carte qui bouge* » sont réservées à la représentation de simulations ou de modèles décisionnels (Rimbert, 1990). Les objets bougent alors, sans réelle réflexion sémiologique. Dans le cadre de la problématique des mobilités, Vasiliev (1997, in Klein, 2006) différencie des temporalités que nous avons déjà étudiées : le moment d'exécution, la durée, la fréquence (que l'auteur nomme « temps structurant ») mais aussi l'« espace comme horloge »⁷⁵ que nous apparentons au temps cyclique. Il fait apparaître une nouvelle variable, le « temps comme distance ». Ce temps « *est une mesure de la distance avec des intervalles de temps spatialisés et des distances temporelles* » (Klein, 2006). La représentation cartographique de cette variable peut s'illustrer par une carte statique proposée par Eckert

⁷⁴ Les pas de temps étudiés dans le premier chapitre représentent des unités du temps métaphorique (ex. unité du jour, de la saison, de l'année)

⁷⁵ « *L'espace est considéré comme une mesure de temps* » (Klein, 2006), par exemple le point où se lève le soleil, ou la surface des fuseaux horaires.

que le mouvement introduirait une variable supplémentaire qui dominerait et distrairait l'attention du lecteur. Pourtant, les recherches des années 90 montrent, au contraire, que le mouvement apporte une nouvelle « énergie » à la carte, et des variables dynamiques sont définies (Kraak *et al*, 1995). Les variables visuelles statiques définies en partie par Ormeling (1995), l'Hostis (2003) et Peterson (1994) pour représenter le mouvement (que nous avons examinées dans la section précédente) appellent un besoin d'autres variables de représentation de l'animation : les « variables dynamiques ». Le langage de Bertin (1967) est alors étendu en ajoutant les **variables visuelles dynamiques** dans le but d'étudier les temporalités dans les cartes dynamiques. Elles sont identifiées par DiBiase (1992) et MacEachren (1994 *in* Kraak, 1995 ; Kobben, 1995 ; Caquard, 2001). Leur définition est mise en parallèle avec notre problématique :

- le **moment de représentation** (*moment, display data*) : le moment où l'affichage du changement est amorcé. Début / fin de la représentation. Il s'agit du moment d'occurrence d'un événement ;
- la **durée** (*duration*) : espace temporel où rien ne change, ou espace temporel dans lequel un type d'évolution est identifiable. L'affichage de ce temps d'apparition peut correspondre à une quantité (ex. la valeur d'un volume proportionnel à un nombre de secondes). Il s'agit de la durée d'un événement, d'un phénomène ou d'un élément exposé physique, mais aussi d'un espacement chronologique ;
- la **fréquence** (*frequency*) : la fréquence est le double de la durée ou le nombre d'états dans une unité de temps. Pour sa représentation, elle utilise le taux d'occurrence des éléments graphiques. Dans notre domaine, la fréquence des événements est leur nombre dans une unité de temps telles que l'année, la saison, etc. la période de retour peut être considérée comme une fréquence (ex. une fois tous les cent ans) ;
- l'**ordre** (*order, sequence*) : ordre temporel (chronologique) ou non-temporel de séquences d'images ou de scènes qui font sens ;
- le **taux de changement** (*rate of change : m/d*) ou *vitesse de changement* : c'est l'ampleur de modification (*m*) dans une durée de scène (*d*). Elle peut concerner la position géographique comme les attributs. L'intervalle de temps de la scène va déterminer l'effet visuel. L'ampleur de la modification dépend de la dynamique du phénomène et du rythme de l'animation. Il s'agit de la rapidité d'exécution des événements et des phénomènes ou de leur vitesse ;
- la **synchronisation** (*synchronisation*) ou phase de correspondance : se réfère à la correspondance temporelle de deux ou plusieurs séries chronologiques. Le clignotement de figurés en phase ou en quinconce peut traduire l'appartenance d'objets à différents groupes, qu'ils soient issus d'une série temporelle ou non-temporelle. Le lecteur peut alors identifier des phénomènes dont les développements sont synchrones. Notre problématique traite des conjonctions temporelles entre les phénomènes et les éléments exposés dont la dimension synchrone est alors

valeur ou du grain à un critère de durée ou de vitesse. Les expériences révèlent également que la propriété visuelle de la sélection ne peut pas être efficacement atteinte si l'utilisateur utilise uniquement des variables dynamiques. La taille, la valeur de la couleur et sa teinte sont les variables statiques qui révéleront réellement la perception de la sélection. Les variables visuelles dynamiques peuvent alors rendre des résultats seulement si elles sont utilisées en combinaison avec les variables visuelles statiques.

Dans le même esprit de recherche, Dukaczewski (2006) élabore une méthode d'amélioration de la représentation cartographique appliquée aux cartes animées. Pour Dukaczewski (2006), l'efficacité de la cartographie animée dépend du bon choix de variables visuelles statiques et dynamiques et de la méthode de présentation qui doit être appropriée pour la bonne appréciation des changements spatio-temporels. Dans sa méthode « entités-cartotopic » (terme difficile à traduire), il propose de sélectionner en premier, lors de la réalisation d'une carte animée, des variables statiques « fondamentales » (taille, valeur, couleur, forme), puis des variables « facultatives » (grain, orientation, transparence, brillance). La sélection continue avec les variables visuelles dynamiques « fondamentales » (ordre, vitesse, fréquence, affichage de la date moment, mode de transition), puis la variable « facultative » (synchronisation). Ces travaux se basent sur de nombreuses expériences qui dévoilent également deux variables suggestives (la durée et l'ordre) et trois variables les mieux perçues (la durée, la fréquence, et la vitesse). Dans ses expériences, il tient compte de la dimension temporelle (temps long, temps court, etc.). Dukaczewski introduit la variable de la brillance (nommée ainsi par Buziek, 1999), qui nous semble être la traduction de la valeur d'une couleur (pourcentage de noir ou de blanc dans la couleur) ou la transparence.

Ces résultats nous sont précieux pour représenter l'IDE. Cependant, ils apportent peu quant aux variables de représentations concrètes des critères temporels. Le Tableau 11 récapitule l'association des variables adéquates pour représenter les perceptions visuelles.

Perceptions visuelles	Variables statiques		Variables dynamiques
Sélection	Taille, valeur, couleur (teinte et valeur)		
Association	Forme, (grain, orientation)	+	(Fréquence, ordre)
Ordre	Taille, valeur et +couleur, (grain)	+	Durée, vitesse, (fréquence, ordre)
Quantité	Taille	+	(Durée)

Sources : Köbben et al (1995) et Dukaczewski (2006). Réalisation : Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 11 : Variables adaptées à la représentation des perceptions visuelles

Dans ce cadre de représentation des propriétés perceptives, les critères temporels sont assimilés à des variables de représentation cartographique (d'où leur nom de variables dynamiques). Or dans le contexte de notre problématique, ces critères temporels ne sont plus une variable mais bien des attributs temporels d'objets que nous voulons valoriser (ex. période de retour d'une crue, durée d'une inondation, fréquence des éboulements). La comparaison de ces résultats à notre problématique nous font alors émettre l'hypothèse suivante : il existe des attributs temporels dont les variables temporelles ne correspondent pas aux variables dynamiques. Une erreur sémantique aurait alors été émise. Les variables dynamiques sont un mélange d'attributs temporels et de variables temporelles. Par exemple, la représentation d'un attribut fréquence se représente à travers la variable temporelle de la

durée d'apparition d'un objet ou par un nombre d'apparition de l'objet pendant la durée de l'animation (selon l'échelle cartographique). La variable n'est plus la fréquence mais la durée d'apparition. **Nous proposerons alors, dans le dernier chapitre, une série de variables temporelles applicables aux critères temporels.**

Applications

Les cartes animées et dynamiques liées au risque et visitées en ligne montrent quelques variables dynamiques : le moment (au moyen de l'apparition de figurés), l'ordre (au moyen de l'apparition successive des figurés) et la fréquence (déduite sur les petites échelles affichées). Les cartes de l'université du Dartmouth en sont les seuls exemples (Chapitre 2 : Carte 11 – p.189) : il s'agit de cartes seulement animées. Par conséquent, l'observation de temps affiché en même temps que l'animation cartographique demeure peu aisée. Le défilement des cartes sans contrôle inhibe la lecture de certains critères temporels alors davantage observables sur une collection de cartes statiques : elle permet en effet de mettre en valeur les variables de la fréquence, de la durée et de l'espacement chronologique (que nous considérons comme une durée).

Appliquée à l'incertitude, Pang (*in* Griethe *et alii*, 2006) préconise l'utilisation des variables de la vitesse, du clignotement, de la durée, mais aussi de l'oscillation.

La valorisation de cette dimension temporelle est alors peu étendue dans les cartes de risque et *via* le Web. De plus, cette étude montre que certains critères temporels sont mieux lisibles sur une collection de cartes que sur une carte animée. **Une plus grande exploitation de l'interactivité des cartes animées améliorerait sûrement ce résultat.** Le Chapitre 4 tentera alors d'orienter ses propositions dans ce sens.

2.2.3.2 Temporalités métaphoriques

Newton (*in* Claramunt *et al*, 1995) définit différentes manières de lire le temps : il existe le temps considéré comme un débit mesurable, et le temps défini comme une succession d'événements (théorie relationnelle de Leibnitz, *in* Claramunt *et al*, 1995). Il est alors possible de définir quatre « métaphores » pour intégrer le temps dans les outils cartographiques : « le temps linéaire » (passé, présent, futur), « le temps cyclique » (ex. saisons, jour-nuit), valable pour les événements d'inondations et les avalanches, « le temps ramifié » (entités de temps interdépendantes qui peut se traduire par des arborescences) et « le temps multi-dimensionnel » (date de validité, heure de l'opération, affichage de l'heure), (Gould, *in* Claramunt *et al*, 1995).

Nous avons observé plus haut que les cartes dynamiques sont capables d'intégrer ces temporalités à travers l'affichage de légendes dynamiques permettant d'afficher le temps cyclique, linéaire et multi-dimensionnel (Figure 20). Cependant, les cartes de risque et leur diffusion *via* le Web valorisent peu ces résultats.

2.2.3.3 Relations temporelles

Un autre type de temporalités s'applique aux relations qui existent entre deux intervalles de temps. Allen (1983) propose 13 variables qui correspondent à 13 relations entre deux intervalles temporels (Figure 21).

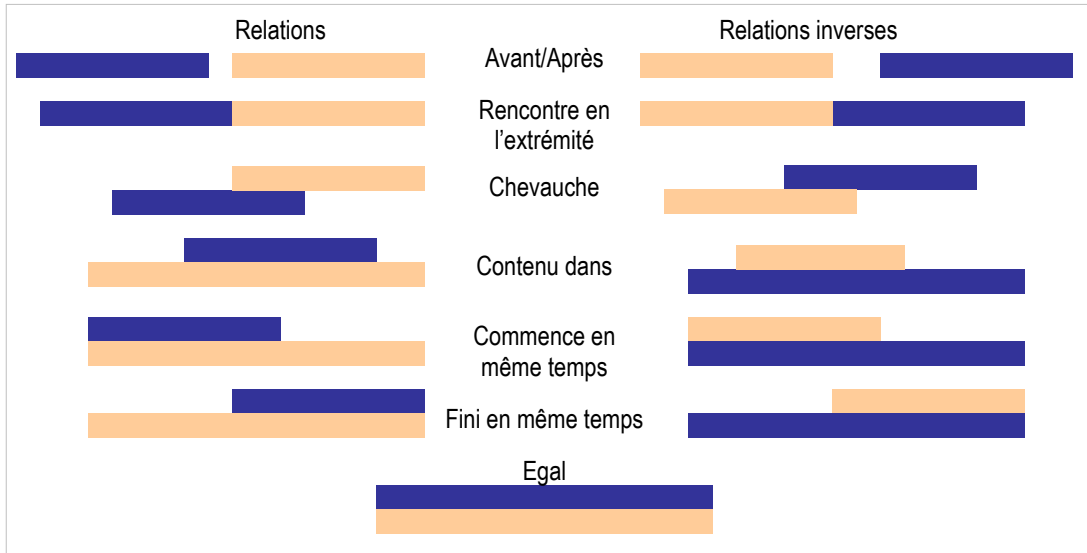


Figure 21 : Les 13 relations entre deux intervalles temporels (Allen, 1983)

Ces intervalles sont souvent étudiés pour les intégrer dans l'utilisation de bases de données ou de bases de connaissances afin de permettre à l'utilisateur de réaliser des requêtes de type : « quels événements ont eu lieu entre 1950 et 2000 » ? Cependant, les réflexions concernant leur représentation cartographique sont peu nombreuses. Seul le graphique temporel ouvre des perspectives. Nous étudierons cette ouverture dans la troisième section car elle appartient à un ensemble d'outils qui permettent une réflexion qui s'intègre au concept émergent de géovisualisation.

Les technologies du Web permettent de présenter des cartes cliquables en ligne sur lesquelles les acteurs consultent l'information en ajoutant les éléments qu'ils désirent. Ces technologies facilitent également la mise en ligne de cartes animées qui délivrent une bonne perception de l'ordre chronologique et du moment. Toutefois, elles diffusent des cartes dynamiques de manière très sporadique. Pourtant, outre leurs potentiels dans la représentation des temporalités des objets liés au risque, une capacité à l'analyse exploratoire apparaît. Celle-ci sera développée dans la dernière section de ce chapitre consacrée à la géovisualisation.

Nous avons remarqué l'apport de l'interactivité sur les cartes statiques (cartes cliquables), qui améliore l'affichage des objets, les cartes animées (cartes dynamiques), qui valorisent la dimension temporelle. Maintenant, nous proposons d'observer les apports du multimédia, dont l'interactivité, encore une fois, est la base.

2.3 Carte multimédia

Rappelons encore que le terme multimédia est polysémique :

1- un sens général où le multimédia est un support qui réunit plusieurs supports, comme le propose Internet mais également d'autres supports numériques (ex. CD-ROM) et plusieurs technologies dont l'interactivité ;

2- un sens plus spécifique est appliqué aux cartes, le multimédia rassemble plusieurs formats de documents sur un support (la carte). Dans le second chapitre, nous avons alors qualifié le Web, comme un ensemble d'information multimédia, dont les documents « multiformats » et même « multi-supports » avaient comme support Internet. Cependant, dans le cadre de l'étude des cartes, la littérature utilise l'expression de « carte multimédia », terme plus conceptuel que « multi-format ». Toutefois, ce dernier s'utilisera lorsque nous évoquerons les documents de formats divers. L'expression « cartographie sur support numérique » sera également employée (Antoni *et alii*, 2004).

Le multimédia, dans l'acception de la première définition, nous aide davantage dans l'affichage de la dimension thématique et l'affichage de plusieurs informations simultanément ; mais aussi dans l'affichage des dimensions temporelles. En effet, jusqu'à cet état d'avancement du mémoire, peu de techniques ont apporté de solutions pour afficher de l'information stockée sur des documents multiformats. La lecture de ces informations liées à la carte est peu envisageable sans interactivité, même si plusieurs documents peuvent éventuellement apparaître à proximité de la carte et être reliés à cette dernière par une flèche. En conséquence, le support numérique comporte un potentiel certain pour représenter de l'information multimédia puisque, associé à l'interactivité, il permet d'afficher encore plus d'informations (hors spatiales et temporelles) qui restent liées à la dimension spatiale et même temporelle de la carte. Le support numérique offre également des possibilités d'affichage de méta-informations alternatives.

Ces hypothèses sont vérifiées dans les paragraphes suivants, mais avant cela, une définition de multimédia et de « cartographie multimédia » est proposée pour ensuite découvrir le cas des cartes sensibles pour percevoir les temporalités puis l'intérêt du multimédia dans la diffusion de l'information sur l'incertitude.

2.3.1 Histoire et définitions

2.3.1.1 Du multimédia...

Le multimédia date des années 80. Il est défini comme une possibilité de lire plusieurs matériaux à la fois, ou leur combinaison, dans un format numérique commun et « *mis en scène dans une programmation informatique dédiée et accessible grâce à un lecteur* » qui permet leur exploitation via un ordinateur ou une station de jeux (Glossaire Erudium, 2001).

Cartwright *et alii* (1999) insistent sur l'intérêt de la dimension interactive d'un support multimédia : « le multimédia est destiné à élargir les canaux d'informations

disponibles à l'utilisateur. Il offre plusieurs chemins pour voir les données générées et organisées par des ressources spatiales ». Le lien interactif entre les matériaux numérisés a pour objectif de « rendre plus intuitive la présentation d'informations géographiques » (Cartwright *in* Caquard, 2001). Le multimédia facilite alors l'apprentissage, le transfert des connaissances et le transfert d'informations (Peterson, 1999). D'après Buziek (1999), celui-ci a deux fonctions :

- informer sur des objets réels, leurs relations mais aussi leurs impacts l'un sur l'autre;
- apporter une assistance nécessaire à la navigation au sein du système de cartographie.

Ces fonctions aident à l'orientation, la récolte, l'analyse et la synthèse d'informations.

L'apport du multimédia permet de déduire les trois atouts d'une carte dite « multimédia » (Dransch, 1999) :

- améliorer la perception de l'information ;
- faciliter la génération de connaissances ;
- permettre de mieux communiquer l'information.

Les liens interactifs entre l'information et la diversification des médias utilisés *via* le Web permettent alors la communication des cartes, l'éducation et le divertissement (Cartwright, *in* Caquard, 2001).

Pour Peterson (1995, *in* Caquard 2001), il existe cinq médias (soit cinq supports d'information de formats différents) : le texte, le dessin, l'image, la vidéo et le son. Ceux-ci sont perceptibles au moyen de nos sens (Tableau 12⁷⁸). Le dessin est inclus dans le matériau image. Nous ajoutons également les supports de la planche tactile et de la carte odorante.

Sens	Matériaux	Contenu
La vue	Le texte	Ecriture textuelle ou numérique sous forme de récit ou de tableau
La vue	L'image	Statique ou animée, en 2D ou 3D: une photo, une carte, un graphique, un dessin, un schéma, un croquis, etc.
La vue et l'ouïe	La vidéo	Dont les images virtuelles 3D.
L'ouïe	Le son	Paroles, silences, musiques, bruits, etc.
Le toucher	La planche tactile	L'utilisateur touche la carte et sa rugosité et sa souplesse qualifient les informations.
L'odorat	La carte odorante	Au passage de la souris sur des zones : l'information est qualifiée par différentes odeurs plus ou moins prononcées.

Tableau 12 : Les différents matériaux et nos sens

L'ensemble de ces matériaux sur un même support offre de nombreuses visualisations qui augmentent la perception de l'information : Dransch (*in* Caquard, 2001) montre d'ailleurs que 50% de l'information acquise en général vient de l'ouïe (20%) et de la vue

⁷⁸ Le sens du goût ne figure pas car il est encore absent des recherches dans ce domaine

(30%). Le son est alors un élément primordial à la perception de l'information.

2.3.1.2 ... à la « cartographie multimédia »

Cartwright *et alli* (1999) a influencé la définition de « cartographie multimédia » (*Multimédia cartography*) qui est employée pour signifier un ensemble de concepts, méthodes et techniques d'affichage et de visualisation (au sens analyse) de l'information :

- les supports d'information : par exemple, Internet, les CD-Rom et les DVD-Rom (également qualifiés de supports numériques) dont les interfaces sont affichables sur des écrans d'ordinateurs, des écrans tactiles ou des appareils mobiles, qui offrent une interface d'affichage, une interactivité et une visualisation dynamique (à la différence des supports passifs tels que les journaux, la télévision et la radio) ;
- les contenants de l'information : images statiques ou animées, 2D ou 3D (photos, dessins, textes, cartes, tableaux de données, schémas) ;
- les solutions conceptuelles et méthodologiques : des cartes interactives, cartes animées, cartes dynamiques, les cartes multimédias, les cartes en ligne, les SIG en ligne et les SIG multimédia ;
- des technologies : l'hypermédia offert par les supports interactifs ;
- des méthodes et des théories sur la visualisation et la géovisualisation.

Quant à Crampton (1999), il définit la cartographie multimédia par un ensemble de définitions, dont les plus marquantes sont :

- la « cartographie hypermedia » qui désigne la réalisation de cartes ayant des liens interactifs entre les éléments de la carte ;
- la « cartographie multimédia », qui définit la réalisation de cartes se caractérisant par un mélange de différents médias ;
- la « cartographie visuelle en ligne » (*Online mapping visualisation*) qui traduit une haute interactivité et exploration de données à travers les cartes.

La définition de « cartographie multimédia » de Cartwright *et alli* (1999) est adoptée par de nombreux auteurs, dont Caquard (2001) et Antoni (2007) qui en font de nombreuses références. Nous adoptons également cette expression.

Ces approches de la cartographie multimédia mettent en avant quelques points sémantiques qu'il nous paraît important de mentionner pour éviter des confusions :

- une carte visualisée sur un support interactif (ex. CD-Rom, en ligne) n'est pas forcément multimédia : ex. une carte sous format PDF non cliquable ;
- une carte interactive peut ne pas être multimédia : les liens de la carte donnent accès à d'autres cartes uniquement (cas d'atlas de risque) ;

- une carte animée n'est pas multimédia : non interactive, elle ne donne pas accès à d'autres données ou informations ;
- une carte dynamique peut ne pas être multimédia : les hyperliens animent la carte ou donnent accès à d'autres cartes uniquement ;
- le multimédia est utilisé pour signifier deux choses : le multimédia comme un qualificatif d'un support d'information (sens anglo-saxon) : textes, photos, etc. qui qualifie une carte de multimédia ; le multimédia comme support de plusieurs médias de diffusion (ex. radiophonie + télévision, etc.) que le numérique (dont Internet) accueille. La possibilité d'afficher tous les formats de document sur une même interface a été détaillée lors de l'état de l'art du Chapitre 2, nous n'y reviendrons pas.

Quelles applications peuvent chauffer ces cartes multimédia ?

2.3.2 Des applications

L'affichage de l'incertitude et des temporalités sont deux applications présentées ici compte tenu de leur intérêt suscité dans la littérature, mais aussi leur intérêt pour notre problématique.

2.3.2.1 Le multimédia pour afficher l'incertitude

Les classifications de l'incertitude détaillées dans le Chapitre 2 (§ 3.2.3 p.204) posent le problème de prendre en compte de nombreux paramètres qui, pour certains, possèdent des valeurs très subjectives (ex. fiabilité de l'auteur). Pourtant, la majorité des travaux sur l'incertitude et sa représentation, s'efforcent à la quantifier. Nous présentons quand même ces recherches qui intègrent le multimédia aux cartes car certaines correspondent à nos besoins.

La sonification (Suresh, *in* Skeel *et al.*, 2007) est une solution multimédia intéressante pour connaître l'incertitude. En effet, au passage de la souris sur une zone incertaine, un son peut signaler un danger et interpeller le lecteur sur son origine. Les autres sens humains servent également à visualiser l'incertitude : la carte acoustique, la carte tactile ou la carte vibration (respectivement Lodha, schmidt, Bisantz, *in* Griethe *et alii*, 2006). Ou encore, une voix peut expliquer les incertitudes. Quant à l'exemple d'interface, *The*, il permettrait de faire apparaître les incomplétudes : *The* est une technique de consultation de documents multimédias qui se doit d'être citée de par l'ergonomie qu'elle offre. Cette interface nommée « *The* » a été imaginée par Raskin (2000). « *The* » est une étude non pas en ergonomie et en psychologie cognitive en environnement humain, mais une étude empirique faite par des scientifiques. Il s'agit d'un support multimédia visualisable en ligne spécifiquement adapté à la consultation de documents multiformats. L'affichage de l'information disponible se présente sous la forme d'un grand plateau sur lequel l'utilisateur navigue et où sont affichés des documents classés par thèmes (par exemple par événements, par dates) ou par types de

documents. L'utilisateur les consulte en zoomant au moyen de la roulette de la souris. L'intérêt de *The* est que la consultation d'une multitude de documents se réalise *via* cette seule commande, ce qui laisse les autres commandes libres pour d'autres fonctions (Figure 22).



Figure 22 : Interface de visualisation de l'information multimédia *The* (Raskin, 2000)

Ce type d'affichage est très intuitif et ergonomique. L'utilisateur peut se focaliser directement sur les médias qu'il souhaite lire. Cependant, il peut également être attiré par d'autres qu'il n'aurait jamais visualisé et perdre ainsi du temps ou apprendre encore plus. D'autres part, l'application *The* permet uniquement d'informer à partir de l'affichage des documents sans ouvrir de perspectives vers des possibilités d'analyses particulières. Toutefois, l'association judicieuse de cette application à une carte pourrait peut être faciliter la consultation multimédia d'informations historiques et même faire apparaître des incomplétudes informationnelles (cf. Chapitre 4).

La sonification, et l'application *The* sont alors des techniques d'affichage de l'incertitude de manière multimédia que nous retenons.

Nous remarquons alors que les affichages de l'incertitude nous permettent de distinguer les méthodes « classiques » de représentation cartographique (présentées en section 1), utilisant les variables visuelles statiques, ainsi que les méthodes plus « modernes », telles que la carte cliquable, la carte animée mais aussi multimédia, améliorant la compréhension qualitative de l'incertitude à travers l'affichage d'informations qui peuvent être plus expressives et plus détaillées. Des portes s'ouvrent alors pour l'affichage de l'incertitude de l'IDE.

Si l'élément visuel permet de voir les photographies, les vidéographies, les animations,

les graphiques, les diagrammes, les tableaux, les textes, etc., qu'apportent les autres éléments que sont les éléments acoustiques, tactiles et auditifs ?

2.3.2.2 Cartes sensibles et temporalités

Les cartes sensibles font appel aux sens de l'être humain autres que la vue : l'ouïe, l'odorat et le toucher, toujours dans l'objectif de mieux comprendre ce que l'on connaît mal.

L'élément acoustique apporte du son, de la musique et du langage à la carte (Buziek, 1999). La **cartographie sonore** permet alors d'utiliser deux sens : la vue et l'ouïe. Il existe plusieurs manières d'utiliser le son sur une carte : le son exprime une variable thématique qui renforce une variable visuelle ou donne une nouvelle information : par exemple la carte du bruit de Muller (*in* Antoni 2004). Krygier (*in* Antoni 2004) définit neuf variables acoustiques : la localisation, la force, l'ampleur, la fréquence, le timbre, la durée, le taux de changement, l'ordre, l'attaque/déclin. Les cartes sonores introduisent des attributs quantitatifs (ex. le degré de décibel est proportionnel à une quantité) ou des attributs qualitatifs (ex. la narration et les bruits décrivent qualitativement les attributs, tandis que l'intensité du son décrit une quantité). Le son peut être utilisé pour relever l'attention du lecteur de la carte et ainsi éviter la distraction visuelle. Le son permet d'ajouter des variables qui ne sont pas représentables dans l'espace. C'est également un moyen de repérer des anomalies (ex. lorsque la souris survole un lieu de la carte, un son est déclenché). Un commentaire ou le récit d'un texte narratif peut accompagner la lecture de la carte de manière globale, de même que l'utilisation de la narration pour guider, pointer, ou amplifier un objet de l'outil (Borchert, 1999). Une simple musique d'ambiance peut accompagner la visite d'un site Web (Krygier, 1999). Le même auteur classe les sons en deux catégories : les sons réalistes (la narration, à caractère explicatif et/ou préventif-incitatif), les sons mimétiques (reproduction de sons réels : ex. bruit de voiture), et les sons abstraits (utilisés pour attirer l'attention de l'utilisateur sur des données cartographiées), (Krygier, *in* Caquard, 2001).

Concernant le sens de l'odorat, lors du passage de la souris sur des lieux, la **carte olfactive** peut révéler les nuisances d'une décharge ou les saveurs de la route des vins dans le Bordelais (Antoni, 2004). Quant à la **carte tactile** son premier usage est d'aider les mal voyants. Vasconcellos (*in* Antoni, 2004) établit six variables tactiles : la hauteur, la taille, la valeur, la texture, la forme et l'orientation. La **cartographie sur retour d'effort** se concrétise par une souris ou une manette qui se durcit proportionnellement au fait que le territoire est accessible ou non.

Une application des cartes sensibles est proposée pour représenter les temporalités. En effet, à travers des tests, Slocum (2001) découvre que les personnes apprécient l'animation, car elle donne un sens temporel intuitif à la carte ou au graphique. Cependant, un point faible de l'animation est d'associer le moment réel avec le moment virtuel, c'est-à-dire ce que l'on voit au moment où on le voit. Une solution serait d'introduire des interfaces multimodales, où par exemple le son permettrait de connaître le temps (l'heure, le jour), ce

qui dégagerait pleinement le sens de la vue pour observer les évolutions des événements (Slocum, 2001). Poursuivre ces recherches enrichirait la recherche sur la visualisation cartographique. Mais les chercheurs ont davantage axé leur étude sur la conception de cartes animées (manipulation des cartes : ex. la cybercartographie) et non sur le test de variables auprès des utilisateurs (utilisabilité des cartes).

La cartographie multimédia permet de consulter une multitude d'informations multimédia liées à une carte. Cette technique augmente d'une part la compréhension de l'information, et permet d'autre part la possibilité de consulter encore plus d'information et de l'analyser différemment (cf. Section 3).

Formes cartographiques en ligne Représentations des spécifications	Cartes cliquables	Cartes dynamiques	Cartes multimédia
Superposition d'objets & Nombreuses informations	- Onglets - Cases à cocher	- Animation cartographique + barre de contrôle	
Critères temporels		- Graphiques - Animation cartographique	- Sonorisation
Temporalités métaphoriques		- Légende dynamique	
Relations temporelles			
Incertitude	- Mention « probable » - Etiquette « qualitative »		- Sonorisation - Application « The »
Information multimédia			- Hyperliens vers des informations multimédia

© Aurélie Arnaud, 2009

Tableau 13 : Résultats d'analyse des formes cartographiques en ligne

Les formes cartographiques en ligne apportent un lot de solutions pour la valorisation des spécificités de l'IDE. Le Tableau 13 récapitule les méthodes que nous retenons. Il met également en évidence le manque d'issues pour représenter les relations temporelles.

En plus d'introduire l'interactivité, de permettre l'affichage du mouvement et d'intégrer l'information multimédia, le support numérique (dont Internet) accueille également des outils cartographiques qui utilisent ces technologies. Ces outils évolueraient alors vers une qualification d'« outil de géovisualisation ». Ces derniers faciliteraient ce que nous évoquons depuis le début de cette deuxième section : l'analyse exploratoire et visuelle. Celles-ci s'inscrivent dans un concept émergent : la géovisualisation. De quoi s'agit-il ? Quels sont les apports de ces analyses ? Comment les susciter ?

Section 3. De la carte à la géovisualisation

Les apports des méthodes cartographiques, et de leur évolution dans les environnements interactifs, animés et multimédia que l'on rencontre en ligne, permettent de produire des cartes performantes, au sens où elles véhiculent un grand nombre d'informations de plusieurs dimensions et facilitent la compréhension de l'information. L'assemblage de ces éléments permet alors de prolonger nos recherches sur les apports des formes cartographiques vers le développement de la géovisualisation, ensemble de méthodes favorisant de nouvelles analyses de l'information. La géovisualisation est en partie composée de l'élément cartographique, mais elle s'appuie également sur l'apport d'outils qui intègrent toutes les formes cartographiques que nous avons présentées. Ces outils apparaissent comme le moteur d'une navigation fluide dans l'information grâce à leurs fonctionnalités.

Nos objectifs sont alors de comprendre les fondements de la géovisualisation et de mettre en évidence son apport dans la valorisation de l'IDE. En effet, notre hypothèse est que la géovisualisation permettrait d'améliorer la compréhension des événements issus de risque de part sa capacité d'aide à l'analyse.

La première sous-section présente l'analyse exploratoire des données (EDA : *Exploratory Data Analysis*) qui se base sur l'interactivité et l'animation des interfaces. Ce premier fondement de la géovisualisation conduit, dans une seconde sous-section, à l'étude de l'émergence de cette notion. Enfin, la dernière sous-section montre en quoi la géovisualisation peut constituer un outil pertinent pour l'analyse de l'information à travers l'étude d'« outils de géovisualisation » en ligne. L'étude d'outils, dont des prototypes, qui permettent l'analyse exploratoire, sont présentés dans cette sous-section afin de saisir les potentiels de la géovisualisation.

3.1 Analyse exploratoire de cartes

L'analyse exploratoire est précurseur des notions de visualisation et de géovisualisation. Leur définition est proposée ci-dessous, ainsi que la description d'une de leurs composantes : l'interactivité. L'étude de l'interactivité est essentielle puisqu'elle constitue la base de la géovisualisation.

3.1.1 Une définition d'« analyse exploratoire »

En 1977, dans le domaine de la statistique graphique, Tukey (*in* Andrienko *et al*, 1999) crée le concept d'« analyse exploratoire⁷⁹ de données » et étudie le potentiel des ordinateurs pour élaborer des affichages interactifs de données, et dynamiques (dans le sens « mouvement en temps réel »). Au début des années 90, la carte a été imaginée comme un objet d'aide à la pensée visuelle et à la prise de décision (MacEachren et Kraak, *in*

⁷⁹ Nous définissons l'analyse exploratoire par la « mise en évidence de structures dans la masse de données brutes » (Mathieu *et alii*, 1990, http://www.numdam.org/item?id=RSA_1990__38_1_47_0)

Andrienko *et al*, 1999), où seuls l'interaction et le mouvement pouvaient satisfaire ce besoin. Des outils qui permettent de choisir une variable, de zoomer, d'organiser, et d'effectuer des rotations en 3D, etc. sont alors apparus. Ces derniers sont présents aujourd'hui dans nos applications et nous offrent de nombreuses formes cartographiques et des fonctionnalités de consultation de l'information. L'analyse exploratoire des données nécessite donc une grande interactivité (Andrienko *et al*, 1999). Alors qu'il n'existe pas encore de théorie pour créer et valider des méthodes d'interactivité, Andrienko *et al* (1999) tentent quand même de développer plusieurs techniques de manipulation interactive afin de « renforcer l'expressivité des cartes et de promouvoir l'exploration des données ». Le paragraphe suivant présente ces méthodes.

3.1.2 Méthodes d'interactivité

DiBiase (*in* Peterson, 1994) propose une méthode de visualisation appelée « réexpression » que nous apparenterons à une méthode d'interactivité. En effet, elle est composée de trois types d'analyse : le *brushing* (sélection de valeurs dans un nuage de points), le *reordering* (la réorganisation de l'ordre des scènes selon des attributs différents : ex. l'animation de l'évolution des séismes dans le temps réordonnée en animation selon leur nombre de décès appuie sur la gravité des événements) qui est notre « ordre logique » et le *pacing* (la durée de la scène est proportionnelle à l'attribut : ex. proportionnel au nombre de morts dans les séismes). Ces techniques sont intéressantes car elles permettent de mettre en valeur quelques critères d'évolution : l'ordre et la durée.

Andrienko *et al* (1999) déduisent des techniques d'interactivité⁸⁰ décrites plus haut (§2.1.3.1 - p.290) une première série de méthodes d'interactivité de base :

- la navigation : en utilisant l'interactivité des outils de déplacement dans chaque fenêtre ;
- l'analyse exploratoire : en utilisant les liens entre les fenêtres qui lient les cartes, les graphiques, les informations multi-formats, etc. ;
- l'analyse thématique ;
- l'analyse spatiale ;
- la modification de l'information (copier/coller, etc.) ;
- la personnalisation de la carte (dont la modification d'un ordre d'affichage d'objets) ;
- la mise en page et l'exportation des données sous des formats standards.

Dans le cas de l'analyse exploratoire, quatre méthodes sont mises en évidence : la comparaison dynamique de cartes, les barres dynamiques, la classification interactive et l'isolation dynamique des valeurs qualitatives.

⁸⁰ Rappel : surbrillance au passage de la souris, clic sur objet, sélection dans un menu déroulant, sélection textuelle, sélection par l'ordre, sélection d'onglets, déplacement de curseurs.

3.1.2.1 Comparaison dynamique de cartes

Le principe de la comparaison dynamique est d'afficher plusieurs cartes sur un même sujet mais avec des traitements statistiques différents ou des représentations différentes, afin de les comparer entre elles (Figure 23). La figure ci-dessous montre la possibilité d'afficher simultanément plusieurs représentations, faisant découvrir des relations qui n'auraient pas pu être mises en évidence avec une seule et unique carte choroplèthe. En effet, dans certaines représentations, le groupement visuel⁸¹ ou la division des zones⁸² n'est pas appliqué puisque, d'après les règles de sémiologie présentées dans la première section, la valeur est une variable visuelle sélective⁸³ mais pas associative⁸⁴. Cette difficulté est aggravée sur une seule carte choroplèthe si les objets sont disjoints ou si un degré d'obscurité est utilisé (Dobson, *in* Andrienko *et al*, 1999). En ajoutant la variable couleur dans la comparaison dynamique, on ajoute une variable sélective et associative, ce qui encourage le groupement visuel d'objets. Avec la comparaison dynamique, les difficultés sont alors facilement surmontées. La technique peut s'utiliser sur des cartes choroplèthes qui mettent en valeur une seule variable, comme sur des cartes qui mettent en valeur plusieurs variables. Chaque carte est modifiable grâce à des curseurs (Figure 23).

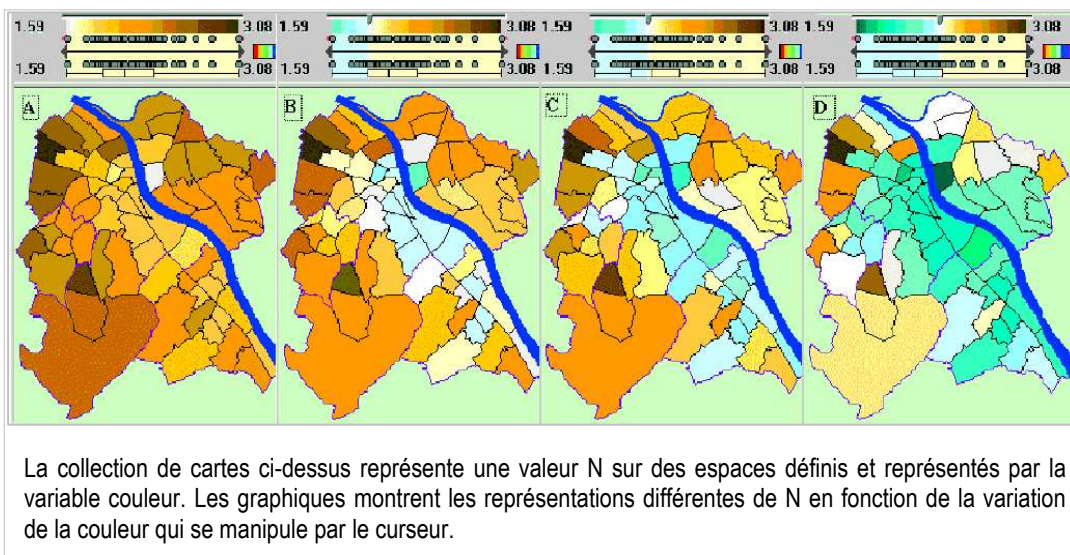


Figure 23 : Affichage d'une comparaison dynamique (Andrienko *et al*, 1999)

3.1.2.2 Barres dynamiques

Les barres sont des signes élémentaires localisés ponctuellement sur la carte. Elles s'adaptent à la représentation de données spatiales ponctuelles. Les barres sont proportionnelles. La couleur permet de renforcer la distinction des attributs ou les valeurs

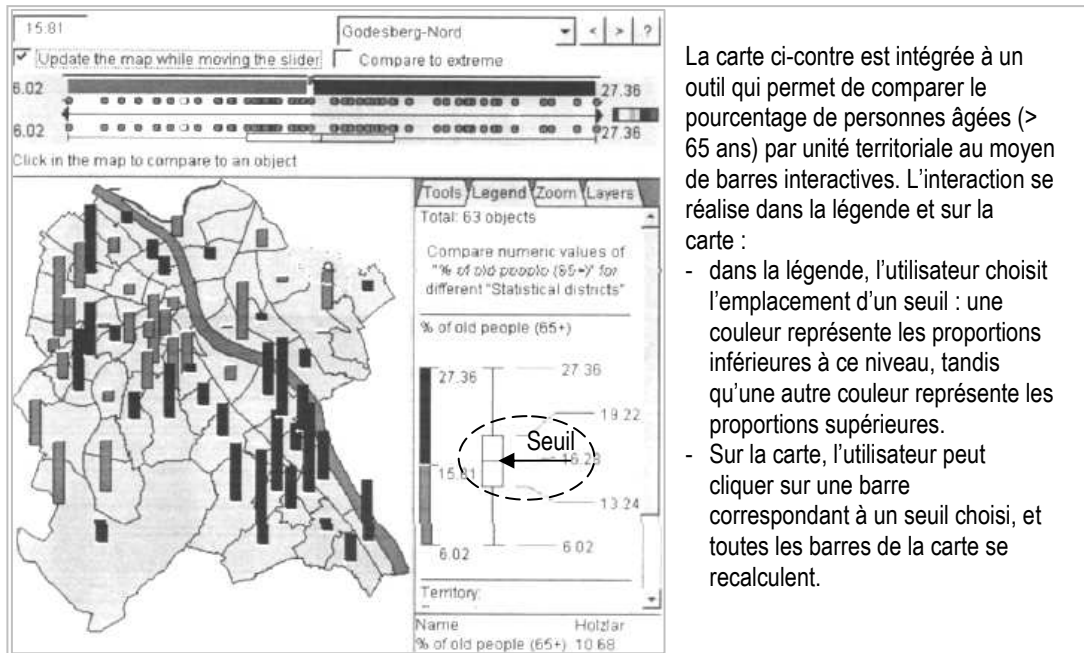
⁸¹ Groupement visuel : les objets voisins d'un même ton ont tendance à être associés à un seul.

⁸² Division des zones : les objets se distinguent les uns des autres.

⁸³ Rappel « variable sélective » : les objets sont perçus différemment les uns des autres, mais le lecteur a une impression globale des phénomènes décrits : reconnaissance, synthèse.

⁸⁴ Rappel « variable associative » : il y a association si les éléments graphiques sont perçus comme similaires.

négatives/positives. Si l'utilisateur clique sur une barre, la carte se met à jour en étant redessinée en fonction de la valeur de la barre par rapport aux valeurs environnantes (Figure 24). Cette méthode d'interaction est intéressante pour rapidement se rendre compte des quantités d'un attribut sur un territoire selon des seuils. Les perceptions des quantités mais aussi de l'association sont alors bien remarquables. Cependant, nous pensons qu'un contexte particulier est nécessaire pour utiliser ces barres : la densité d'informations et l'amplitude des valeurs. La carte peut être vite surchargée et donc peu lisible.



La carte ci-contre est intégrée à un outil qui permet de comparer le pourcentage de personnes âgées (> 65 ans) par unité territoriale au moyen de barres interactives. L'interaction se réalise dans la légende et sur la carte :

- dans la légende, l'utilisateur choisit l'emplacement d'un seuil : une couleur représente les proportions inférieures à ce niveau, tandis qu'une autre couleur représente les proportions supérieures.
- Sur la carte, l'utilisateur peut cliquer sur une barre correspondant à un seuil choisi, et toutes les barres de la carte se recalculent.

Figure 24 : Barres dynamiques du logiciel Descartes (Andrienko et al, 1999)

3.1.2.3 Classification interactive

La classification interactive se réalise sur un graphique. Celui-ci présente une gamme de valeurs divisées automatiquement en deux ou plusieurs intervalles. Le classement dynamique permet, grâce à un ou plusieurs curseurs, de modifier le nombre d'intervalles, la fréquence, la longueur des intervalles (qui peuvent être égaux). Un clic dans un intervalle (ou une classe) en fait apparaître un nouveau. Le rapprochement de deux classes les unit. L'utilisateur peut entrer manuellement les valeurs limites des classes. Il peut également sélectionner des colorations qui s'appliquent aux classes. L'outil de classement dynamique permet aussi d'isoler des valeurs afin d'observer une distribution spatiale sur mesure. En cliquant sur les objets des cartes ou des graphiques, ces derniers se colorent ou restent grisés (similaire au principe des objets « actifs » et « inactifs », étudiés dans la première section, lors de l'étude des contrastes). Une autre méthode permet de classifier : l'utilisateur sélectionne une ou plusieurs variables à étudier, le système va alors calculer les statistiques de la valeur de distribution de ces variables pour chaque classe. L'utilisateur peut alors déterminer si la tendance se maintient lors de modifications du classement ou non. Une dernière méthode consiste à joindre à un graphique présentant un nuage de points, une carte de manière dynamique, afin d'associer à ce graphique une dimension spatiale. Il devient un dispositif interactif pour manipuler la carte. L'isolement visuel est pratiqué en cliquant dans

l'une des cellules du graphique (un carré de couleur, Figure 25) : les objets correspondant à la cellule se colorent tandis que les autres demeurent inactifs, en gris. Cette action est également réalisable en sélectionnant une ligne ou une colonne (Andrienko *et al*, 1999). La perception des quantités et de l'ordre sont ici bien discernables sur le graphique, tandis que la sélection et l'association se repèrent aisément sur la carte.

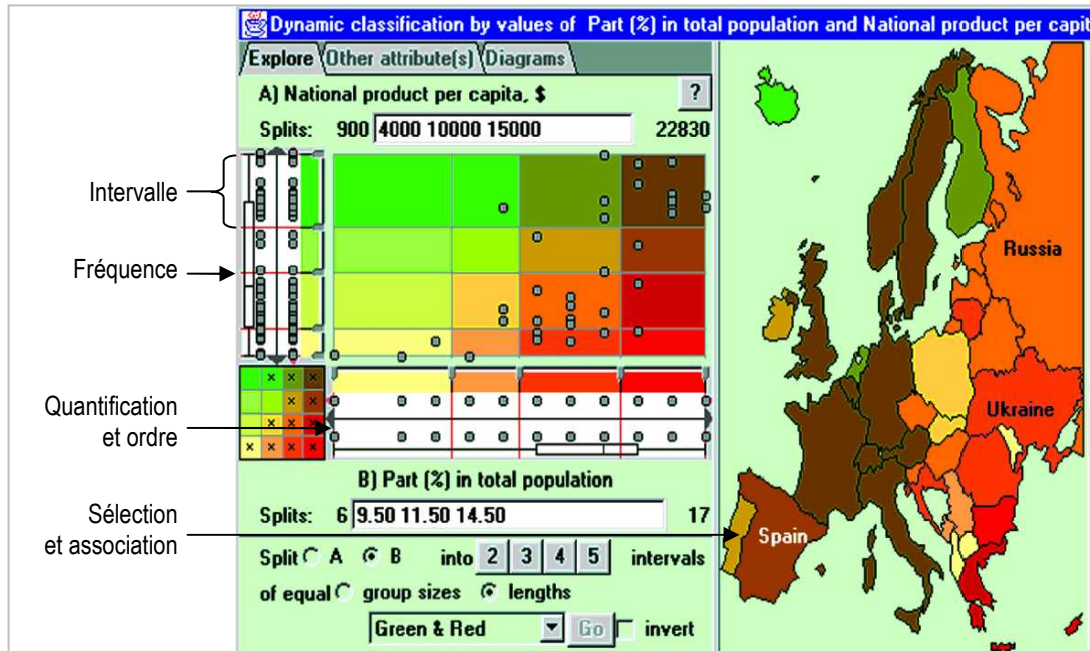


Figure 25 : Vues d'une classification interactive (Andrienko *et al*, 1999)

3.1.2.4 Isolation dynamique des valeurs qualitatives

Cette méthode s'utilise pour les variables qualitatives, représentées par les variables visuelles de la couleur ou de la forme. Elle permet d'isoler une vue en désactivant temporairement d'autres vues de certaines valeurs. Ceci permet de concentrer l'attention de l'utilisateur sur d'autres objets et d'observer plus facilement leur distribution. Lorsque l'utilisateur change la sélection, les changements sont instantanés. Cette méthode est particulièrement utile pour l'analyse des présentations⁸⁵ basées sur la forme, qui est visuellement, selon Bertin (1967), seulement associative et non sélective. De ce fait, après avoir masqué certaines valeurs, le potentiel associatif de la forme ou de la couleur favorise l'analyse de la répartition géographique des valeurs restantes. La suppression de certains symboles de l'écran est nommée « requête dynamique » par Ahlberg (in Andrienko *et al*, 1999), et permet d'étudier la distribution spatiale. La méthode de requête dynamique est souvent utilisée dans la plupart des atlas cartographiques en ligne passés en revue dans le second chapitre et dans la première section de ce chapitre ; (la Figure 8 – p.255 montre des cases à cocher qui permettent de faire apparaître et disparaître des objets).

Ces cartes ont pour but d'aider la « pensée visuelle ». En effet, la valeur ajoutée de l'interactivité est qu'elle permet d'afficher des représentations différentes de l'information et

⁸⁵ Représentation cartographique faisant intervenir la variable de la forme associée à l'affichage.

permet donc plusieurs analyses de cette dernière tout en mettant en évidence des perceptions visuelles. Si le papier impose une vue subjective, l'interactivité tend vers la création de vues interreliées plus objectives. La carte statique demeure contre-productive car peu capable de révéler l'inconnu de manière adaptée aux utilisateurs puisque ces derniers ne peuvent avoir une utilisation « privée » de la carte. Elle ne permet pas non plus l'analyse exploratoire (Andrienko *et al.*, 1999).

Nous retiendrons alors trois éléments de ces méthodes d'interactivité :

- **les graphiques de la méthode de classification interactive puisqu'ils mettent en évidence l'ordre, la quantification mais aussi les fréquences ;**
- **les requêtes dynamiques de la méthode d'isolation dynamique qui font leur preuve par leurs multiples applications en ligne ;**
- **plusieurs cartes dans des onglets distincts (méthode de comparaison dynamique), afin de mettre en évidence plusieurs cartes selon des dates différentes.**

Néanmoins, les deux premières méthodes seront peu exploitées car elles relèvent davantage d'éléments pour construire des cartes par des utilisateurs expérimentés dans le domaine de la cartographie.

Suite à l'émergence de ces techniques, tout un courant de pensée s'est développé autour de la visualisation et de la géovisualisation. Celui-ci utilise l'interactivité pour améliorer l'efficacité de l'analyse des cartes à travers des affichages et des fonctions élaborées.

3.2 *Emergence de la géovisualisation*

Le chemin parcouru entre les notions de visualisation et de géovisualisation est progressif. Au départ, la visualisation est dite « scientifique ». Elle porte principalement sur l'imagerie médicale et la chimie moléculaire. Puis en se préoccupant des données spatiales, la « visualisation scientifique » influence la visualisation cartographique. Enfin, la géovisualisation apparaît.

3.2.1 *De la visualisation...*

La visualisation va au-delà d'un simple affichage de l'information, elle se définit comme une méthode ou une approche qui utilise le pouvoir de la graphique pour résoudre des problèmes (Crampton, 1999). La visualisation favorise également **l'analyse scientifique** en tentant de faire apparaître des contextes et problèmes spatiaux : pour cela, « *elle se base sur les capacités de l'œil et du cerveau à détecter des structures et des anomalies ainsi qu'à se remémorer des informations spatiales* » (Peterson, 1994 ; Goodrich *et al.*, in Caquard, 2007). Les éléments qui fondent la visualisation sont **l'interactivité et l'animation** de manière à stimuler mentalement l'utilisateur pour la découverte de nouveaux modèles, de nouvelles relations et de nouvelles tendances (Ware, 2004 ; Slocum, 2001 ; MacEachren, in Sandro Bimonte, 2007). La visualisation est basée sur la capacité humaine à identifier les tendances : « *elle permet de disposer de différentes vues de mêmes données [...] mettre en évidence des*

anomalies [...] identifier des structures sous-jacentes » (Antoni, 2004). La visualisation va donc au-delà d'un simple affichage de l'information et ceci grâce aux méthodes de représentations dynamiques de l'information.

D'après Ware (2004), la visualisation apporte cinq grands avantages :

- la visualisation permet de comprendre une grande quantité de données. L'information importante est lisible parmi toutes les autres informations ;
- la visualisation permet la perception de propriétés émergentes, non anticipées jusque là. Par exemple la perception d'un schéma peut être la base d'une nouvelle idée, tout comme la perception d'une représentation cartographique ;
- la visualisation fait émerger des problèmes contenus dans les données. Il peut s'agir de lacunes ou de cohérences imparfaites des données entre deux sources ;
- la visualisation facilite la compréhension des petites et des grandes échelles. Ainsi, la juxtaposition d'échelles ou leur vue en zoom animé aide l'utilisateur à se repérer ;
- la visualisation facilite la formulation d'hypothèses.

Dans les années 90, les apports de la visualisation à la carte sont différents des outils cartographiques voire des SIG. En effet, encore en 1994, ces derniers intégraient l'interaction mais pas l'animation (Peterson, 1994). Toutefois, aujourd'hui l'animation est encore peu exploitée (ex. à l'exception des extensions du logiciel Arc View). Lorsqu'un SIG génère des cartes animées, l'utilisateur ne peut pas interagir avec ces dernières. Il n'est donc pas possible de parler de visualisation lors d'affichage d'interfaces SIG.

3.2.2 ... à la géovisualisation

En prenant en compte les aspects cartographiques, la visualisation s'oriente vers une problématique davantage géographique. A la fin des années 80, la « visualisation cartographique » fait son apparition grâce à l'« International Cartographic Association », qui tente de regrouper les scientifiques travaillant sur les méthodes de visualisation (visualisation scientifique) et les cartographes. Par conséquent, le terme de « visualisation géographique » apparaît, défini par MacEachren (*in* Caquard, 1998) comme une forme de visualisation de l'information qui tente de développer et évaluer des méthodes de visualisation pour faciliter l'exploitation, l'analyse, la synthèse et la présentation de l'information géo-référencée. La carte devient plus qu'un outil : il s'agit d'« une partie du processus de réflexion/connaissance » (MacEachren, *in* Caquard, 1998). La visualisation géographique permet de modéliser l'espace encore plus proche de la réalité par l'affichage de vues 3D, l'inclusion d'autres supports d'information et l'interactivité.

La géovisualisation est une extension du mot « visualisation », auquel on reconnaît le pouvoir de la graphique en tant que science. Cauvin *et alii* (2007) la présentent comme le rapprochement de deux domaines complémentaires : la cartographie et le SIG. Elle est née entre 1995 et 2000 à cause du désintérêt des SIG pour les aspects visuels des cartes au profit des traitements mathématiques, d'où l'intérêt de rapprocher ces deux domaines. La

géovisualisation se situe dans le prolongement de la communication cartographique où on ne s'occupe plus de la réception du message mais plutôt de la stimulation des idées en « *interagissant avec les croyances et les connaissances* » (Cauvin *et alii*, 2007), et pour améliorer ce but, la représentation graphique et la représentation cognitive sont des recherches prédominantes. La géovisualisation utilise alors les procédés de l'animation, de l'interactivité, la diversité des médias utilisables ainsi que la multidisciplinarité.

Le terme de « géovisualisation » apparaît réellement au début des années 2000 avec MacEachren (2001) dont l'équipe de recherche tente de construire une théorie de la géovisualisation. En plus des règles cartographiques, la visualisation de données géographiques impose la prise en compte de l'interaction homme-machine et du comportement des objets, ce qui permet de « rechercher l'inconnu ». La construction de la théorie se réalise à travers l'exploration de plusieurs thèmes : la représentation visuelle, l'intégration de la visualisation dans l'ordinateur, les interfaces et les problèmes de convivialité dans le domaine de la cognition. D'ailleurs, Slocum (2001) travaille sur la géovisualisation en se concentrant sur les aspects de la cognition et de l'ergonomie des outils. D'après ce même auteur, les quatre caractéristiques importantes de la géovisualisation sont :

- le degré d'immersion (capacité de l'utilisateur à naviguer dans l'outil) ;
- l'interactivité (manipulation, chemins d'accès) ;
- l'intensité d'information (niveau de détail, échelle) ;
- l'intelligence des objets (les objets agents).

Il parle de « méthodes de géovisualisation » qui, selon lui, doivent prendre en compte des variables cognitives : les « *différences entre les individus ou entre les groupes* ». Ces variables sont : l'expertise (comme relation à l'expérience, aux connaissances et aux savoirs), la culture (traduction de l'information linguistique - un même terme anglais ne signifie pas la même chose en français - et interprétation des symboles), le sexe, l'âge mais aussi le handicap sensoriel. Slocum (2001) propose alors de développer une « ingénierie de l'utilisabilité » dans le but d'améliorer la science, la prise de décision et l'éducation. Enfin, il engage une réflexion sur le dosage de « cartographie – graphique – statistique – fonctionnalités » nécessaire à la compréhension des données géo-spatiales et sur les variations de ce mélange en fonction de la demande. Nous concentrons sur la valorisation des spécificités de l'information, nous ne détaillerons pas ces résultats. Toutefois, **nous retenons les trois premiers facteurs de géovisualisation (le degré d'immersion, l'interactivité et l'intensité d'information) que nous tenterons de développer dans notre proposition.** Cependant, l'intelligence des objets, faisant référence à une problématique plus informatique, ne sera pas prise en compte.

Plus tard, Kraak (2007) explique que la géovisualisation est comme le début d'une vague qui traite les domaines de l'exploration visuelle, de l'analyse d'images, de la synthèse et de

la présentation des données géo-spatiales. Celles-ci sont étudiées à travers l'intégration de méthodes cartographiques, de visualisations d'informations, d'analyses exploratoires des données et de science des SIG (GIScience). Au final, ces traitements doivent fournir des modèles, des théories, des méthodes et des outils pour les domaines (MacEachren, 2001) afin de mieux comprendre ce qui nous entoure : notre territoire (Figure 26). Cauvin *et alii* (2007) précisent que la géovisualisation tente de reproduire notre manière d'interagir avec les objets dans le réel. La perception visuelle, la pensée spatiale et la cartographie cognitive devraient être approfondies en étroite collaboration avec les utilisateurs.

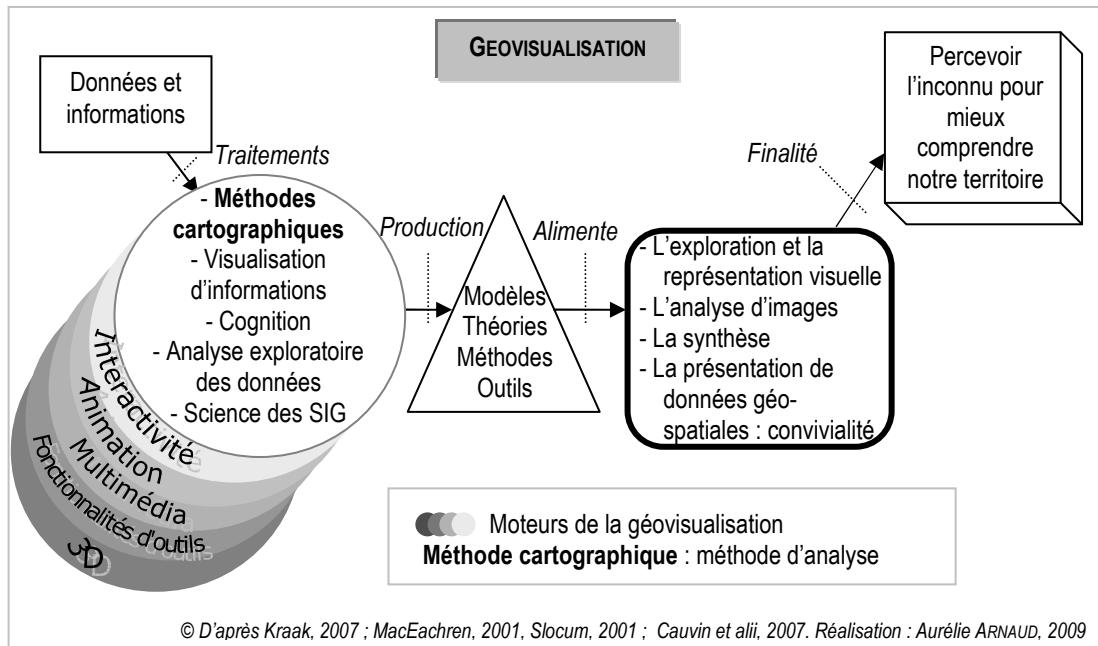


Figure 26 : La géovisualisation

D'après Crampton (1999), il ne s'agit pas d'une technologie mais d'une méthode ou d'une approche. Cependant, la géovisualisation peut être considérée comme une technologie dès lors qu'elle existe à travers des environnements interactifs et animés.

La géovisualisation regroupe alors des « moteurs » (Figure 26) que nous avons étudiés (les méthodes cartographiques, l'interactivité, l'animation et le multimédia) ainsi que d'autres non explorés⁸⁶, afin de faciliter l'apparition de clefs de lecture des problématiques territoriales.

La géovisualisation a donc un intérêt certain dans l'interprétation de l'IDE par les utilisateurs : par exemple l'affichage de l'information superposée et de l'information multidimensionnelle afin d'analyser les phénomènes spatio-temporels-attributaires, les zones de concentrations/diffusions et une multitude d'autres relations, telles que le repérage de données manquantes.

⁸⁶ Les fonctionnalités d'outils cartographiques seront étudiées plus loin, tandis que la visualisation 3D sera juste évoquée comme un affichage intéressant, mais non étudié d'un point de vue théorique et technique : l'étude de son apport nécessite une recherche en soi.

Au sein de ce domaine émergent, les apports de la sémiologie visuelle de Ware (2004), de la visualisation du mouvement d'Andrienko (2007), des méthodes de visualisation (DiBiase, *in* Peterson, 1994) et des cybercartogrammes (Caquard *et al.*, 2007) sont des axes explorés dans le but d'améliorer la géovisualisation. Ceux de la sémiologie et du mouvement ont été développés ; cependant, certains d'entre eux intègrent peu l'aspect de la multidimension qui est pourtant une composante forte de l'information que nous désirons valoriser. Par conséquent, les méthodes de visualisations et les cybercartogrammes ne seront pas étudiés dans le cadre de cette thèse. Toutefois, une attention particulière sera portée à deux techniques de géovisualisation, le cube spatio-temporel (Kraak, 2003 ; Gadalsky et Andrienko, 2004) et le principe d'orthogonalité (Davoine *et alii*, 2001 et 2004a), qui constituent des travaux aboutis et adaptés à notre problématique. En effet, si l'un permet de superposer les figurés dans la troisième dimension (le cube), l'autre juxtapose trois fenêtres (la carte, le graphique temporel, l'information multimédia), permettant d'effectuer de véritables analyses spatio-temporelles-attributaires. De plus, ces méthodes sont intégrées dans des outils cartographiques qui augmentent leur potentiel de susciter l'analyse grâce aux fonctionnalités offertes. Qu'est-ce qu'un outil de géovisualisation ? Qu'apportent-elles à la géovisualisation ?

3.3 Outils de géovisualisation en ligne

Les outils de géovisualisation sont capables d'intégrer toutes les formes de cartographie et peuvent se baser sur des règles de sémiologie graphique. Ils permettent également l'analyse grâce aux fonctionnalités offertes. Tout support numérique classique (ex. CD-Rom) permet alors la géovisualisation ; mais comparé à un support Internet, elle sera limitée en information contenue et diffusion à un large public. La géovisualisation est possible en ligne puisque Internet est le support d'environnements interactif, animé et d'information multimédia, mais aussi le support d'outils de géovisualisation. Ce postulat est pressenti dès 1999 avec MacEachren : au vu des affichages de l'information possible en ligne, l'analyse de l'information peut se réaliser dans une logique plus « exploratoire » (MacEachren, *in* Peterson, 1999). L'environnement interactif apporte en plus aux outils de géovisualisation la possibilité d'hyperlier des liens vers une infinité d'informations multimédias, mais aussi un accès universel à des cartes et des outils permettant des mises à jour à distance par plusieurs utilisateurs. Par conséquent, nous utiliserons des exemples en ligne pour illustrer l'étude des outils de géovisualisation.

La sous-section suivante explique ce que sont ces outils de géovisualisation et tente alors d'extraire les atouts de ces avancées en ligne.

3.3.1 Les outils en ligne

Les outils de géovisualisation offrent de nombreuses fonctionnalités : la recherche d'informations, la personnalisation des cartes, l'exploration de l'information et la navigation. Nous construisons notre propos suivant en nous aidant de l'analyse des atlas cartographiques en ligne qui ont été présentés dans la première section, atlas qui deviennent de véritables outils de géovisualisation.

3.3.1.1 Fonctionnalités de recherche

L'objectif de cette fonctionnalité est de rechercher des objets sur une carte et leur information associée. Cette recherche s'effectue de plusieurs manières qui s'appuient sur des méthodes d'interaction décrites plus haut : en sélectionnant un choix dans un menu déroulant, en exécutant un simple clic sur un objet de la carte, ce qui a pour effet d'afficher d'autres informations. Cette recherche d'informations est également réalisable à travers des requêtes spatiales (ex. Grenoble), attributaires (ex. en inscrivant des dates ou des mots dans des cases de sélection spatiale), temporelles (ex. > 1950) ou spatio-temporelles⁸⁷. Ces requêtes disponibles en ligne sont peu diversifiées, comparées à celles offertes dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG), de même, les opérateurs demeurent peu répandus (ex. calculs de distances). Plus précisément, les requêtes attributaires des SIG interrogent les couches d'informations avec des opérateurs spatiaux qui permettent d'interroger⁸⁸ des objets à travers des *Overlay* (intersect, union-fusion, contient, dans) et des calculs⁸⁹. Si en ligne, il est possible d'afficher l'information des requêtes temporelles selon une date (ex. les événements de 1950), une période (ex. entre 2000 et 2007) et « Avant / Egal / Après (AEA) une date », il est plus rare de rencontrer les requêtes suivantes (autant dans les outils en ligne que dans les SIG) : « en même temps que », « X jour(s), mois, année(s) AEA », une durée, un ordre chronologique, des évolutions et une fréquence.

Les atlas cartographiques en ligne offrent la possibilité d'exécuter quelques-unes de ces requêtes. Par exemple, l'utilisateur peut positionner la carte sur la commune où il désire afficher l'information en entrant le nom de cette dernière, ou choisir une commune dans un menu déroulant (requête attributaire). Il peut également exécuter des requêtes temporelles en choisissant les dates dont il veut afficher les événements (ex. Sisfrance). Les requêtes semblent donc limitées. Concernant les requêtes attributaires, elles servent essentiellement à rechercher des lieux, plus rarement des événements. Concernant l'affichage du temps, ces atlas offrent la possibilité d'exécuter des requêtes temporelles par date, « Avant / Egal / Après (AEA) une date » et par période.

3.3.1.2 Fonctionnalités de personnalisation des cartes

La personnalisation de la carte a pour objectif d'offrir à l'utilisateur la possibilité de réaliser des cartes adaptées à ses besoins en activant des couches d'informations géographiques, en modifiant un nombre de classes représentées, en choisissant une méthode de discrétisation, en choisissant une palette de couleurs, etc. (définition de Caquard, *in* Apparicio *et al*, 2006).

⁸⁷ Les requêtes spatio-temporelles combinent les requêtes spatiales et temporelles.

⁸⁸ Les opérateurs spatiaux permettent également de manipuler, créer, modifier ou supprimer des objets.

⁸⁹ Calculs : les calculs sont numériques (mesures) ou spatiaux (barycentres, *buffer* : zone tampon). Les opérations sont mathématiques, comme la somme, la différence (soustraction), la multiplication, la division, min/max, logiques (l'égalité, supérieur à, inférieur à), booléens (et, ou, pas) ou spatiaux (assembler, découper, supprimer l'intérieur, etc.)

Les atlas contiennent certaines de ces fonctionnalités : l'activation de couches d'informations en cochant des cases dans des menus déroulants et en modulant les transparences. Cette fonctionnalité est rendue possible grâce à l'intégration de légendes interactives. Les utilisateurs de l'atlas peuvent alors paramétrer les cartes en fonction de leurs différents profils et besoins (Togorson *et al*, in Apparicio *et al*, 2006). Ces fonctionnalités sont toutefois limitées, l'utilisateur possède en effet un choix de personnalisation de sa carte réduit au niveau des représentations elles-mêmes (les règles visuelles ne sont pas modifiables). De ce fait, la superposition de certaines couches peut encombrer la lisibilité de la carte.

3.3.1.3 Fonctionnalités d'exploration de l'information

La fonction d'exploration a pour objectif d'explorer les données contenues dans la base. L'exploration peut se réaliser selon différentes thématiques (spatiale, temporelle, attributive) par la sélection. Elle offre à l'utilisateur la possibilité de réaliser des analyses grâce à des liens dynamiques entre des graphiques et objets spatialisés (tels que nous les avons décrits lors de l'étude de l'interactivité) mais également grâce à d'autres moyens : l'animation, le multimédia.

Dans le cas des atlas, des clics sur les objets des cartes donnent accès, par un système d'hyperliens, à d'autres pages Web contenant d'autres informations multimédias (Laurini *et al*, Kraak *et al*, in Apparicio *et al*, 2006). Nous avons vu dans le deuxième chapitre que ces documents multimédias s'affichaient à l'aide d'info-bulles ou de la démultiplication de fenêtres cartographiques (ex. Google-Maps).

3.3.1.4 Fonctionnalités de navigation

Les fonctions de navigation ont pour objectif d'aider l'utilisateur à se déplacer sur la carte. Des outils spécifiques permettent alors de ce déplacer sur la carte (outils de zoom).

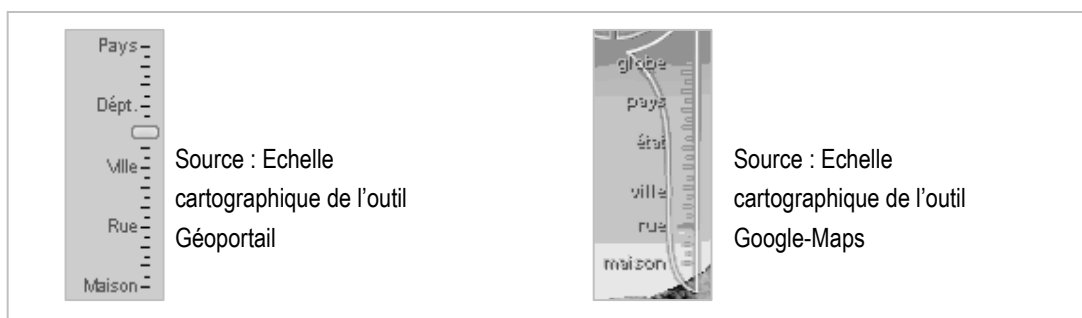


Figure 27 : Exemple de zoom pour agrandir ou rétrécir une vue de la carte

Pratiquement tous les atlas possèdent ces fonctionnalités de navigation. Certains, plus aboutis permettent d'orienter la carte autrement que nord-sud. D'autres permettent de naviguer dans un espace 3D avec un degré d'inclinaison personnalisable (la troisième dimension représente l'altitude dans la plupart des cas). L'affichage du zoom a également une ergonomie souvent aboutie. Cette fonction s'active au moyen de la molette de la souris

ou en cliquant sur le curseur d'une barre verticale qui indique les échelles spatiales, ce qui s'avère utile pour les décideurs (Figure 27).

Ces outils en ligne offrent une grande ergonomie, une couverture complète des territoires par les fonds de carte grâce à la haute résolution des images satellites, une facilité de mise à jour, un enregistrement et une publication des cartes aisés. Cependant, certaines fonctionnalités restent très peu exploitées, telles que les méthodes d'interaction (ex. la création de plusieurs cartes visualisables grâce à des onglets), l'utilisation de variables de mouvement, l'affichage de l'intégralité des temporalités des objets et l'intégration d'informations multimédias telles que le son.

Les technologies Web permettent de représenter ces nombreux attributs sur une même carte en quelques « clics ». L'utilisateur élabore alors sa carte en choisissant les éléments selon ses besoins (ex. menus déroulants, cases à cocher). Ces utilisateurs sont ainsi appelés « mapper » par Monmonnier (*in* Caquard, 2001). Ils peuvent également questionner les attributs des objets des cartes à l'aide de fonctionnalités permettant de réaliser de nouvelles cartes. Cependant, comme évoqué précédemment, cette facilité de rapidité de réalisation de cartes en ligne a pour effet de rapidement surcharger les cartes, les rendant illisibles.

D'une part, ces fonctionnalités permises au sein d'un environnement interactif, enrichies par l'animation et le multimédia, offrent à la géovisualisation de nouveaux affichages de l'information, puisque l'analyse exploratoire est favorisée. Nous les utiliserons alors dans notre proposition d'outil dans le quatrième chapitre. D'autre part, les technologies Web augmentent l'accès à la géovisualisation, mais aussi, elles améliorent sa performance à travers la possibilité d'hyperlier aux cartes une infinité d'informations. Toutefois, notre hypothèse est qu'il existe des fonctionnalités particulières qui permettraient un affichage alternatif des spécificités de l'IDE, notamment les objets superposés et les nombreuses informations multimédias afin d'améliorer leur analyse.

3.3.2 Vers de nouvelles méthodes d'interactivité

Deux méthodes d'interactivité alternative sont retenues, compte tenu de leur intérêt pour représenter l'IDE d'une part, et de leur capacité à susciter son analyse d'autre part.

Le principe d'orthogonalité qui améliore la navigation spatio-temporelle-attributaire, et le cube spatio-temporel qui permet un affichage plus clair des informations superposées, sont étudiés ci-dessous.

3.3.2.1 Principe d'orthogonalité

Les prototypes SIDIRA (Système d'Information en ligne permettant la Diffusion de l'Information sur les Risques d'Avalanches : Davoine *et alii*, 2001 et 2004a) et SPHERE⁹⁰ (Systematic, Palaeoflood and Historical Data for the Improvement of Flood Risk Estimation : Davoine *et alii*, 2001 et 2004, Coeur *et alii*, 2003) sont respectivement des outils cartographiques en ligne appliqués aux événements issus du risque d'avalanche et d'inondation. Ceux-ci offrent une interactivité particulière puisqu'ils permettent de naviguer sur trois dimensions de manière synchrone au moyen de fenêtres interactives et reliées par des hyperliens (Figure 28) :

- l'espace, au moyen d'une carte (fenêtre cartographique);
- le temps, à travers un graphique temporel (fenêtre temporelle) ;
- les thématiques et les documents, à travers une fenêtre contenant l'information multimédia (fenêtre documentaire).

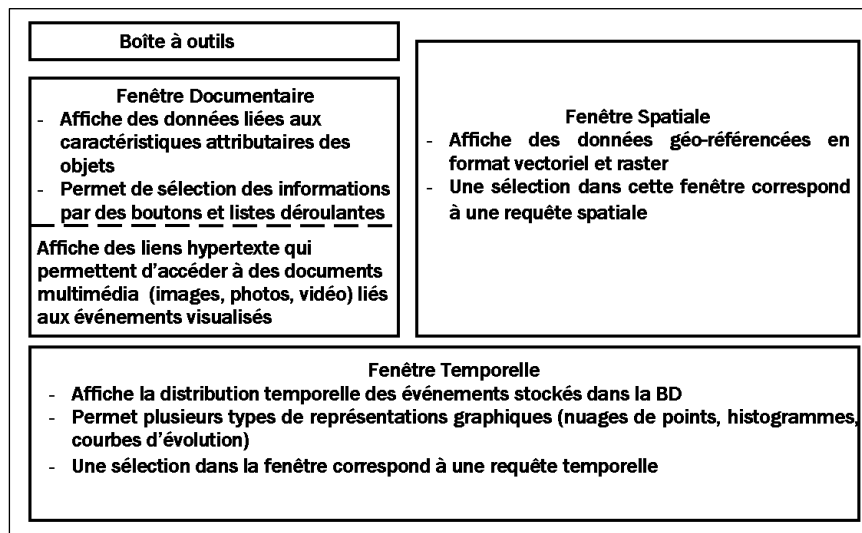


Figure 28 : Interactivité entre trois dimensions (Davoine *et alii*, 2001 et 2004a)

Ce qui est dans une fenêtre correspond à ce qu'il y a dans l'autre. L'utilisateur consulte l'information à partir de la dimension qu'il souhaite, ce qui lui permet d'alimenter ses connaissances à son rythme, selon ses connaissances déjà acquises.

Les fonctionnalités de ces prototypes sont multiples (Tableau 14).

⁹⁰ Au fil du temps, les projets SIDIRA (Davoine *et alii*, 2001 et 2004a), SPHERE (Davoine *et alii*, 2001 et 2004, Coeur *et alii*, 2003) ont permis de créer des interfaces de consultation de l'IDE et proposent donc un premier pas dans la démarche pour sa véritable valorisation.

	SIDIRA	SPHERE
Fenêtre spatiale	Affiche les limites des hameaux et les zones d'avalanches des CLPA sur un fond de carte IGN Top25 couleur.	Affiche la répartition des inondations par communes, par bassins ou sous-bassins sur des cartes choroplèthes.
Fenêtre temporelle	Affiche sur un diagramme le nombre d'avalanches (ordonnées) en fonction du temps (abscisse) depuis 1900.	Affiche les dates des inondations de 1200 à 2000 par des points positionnés sur un graphique en fonction des dommages causés et débits des inondations (classe 1, 2, 3).
Fenêtre documentaire	Affiche les attributs à l'aide d'onglets et de tableaux de données.	Affiche les documents historiques scannés et les analyses de l'historien ; des liens hypertextes permettent d'accéder aux sources documentaires.

Tableau 14 : Information représentée dans les fenêtres des prototypes SPHERE et SIDIRA

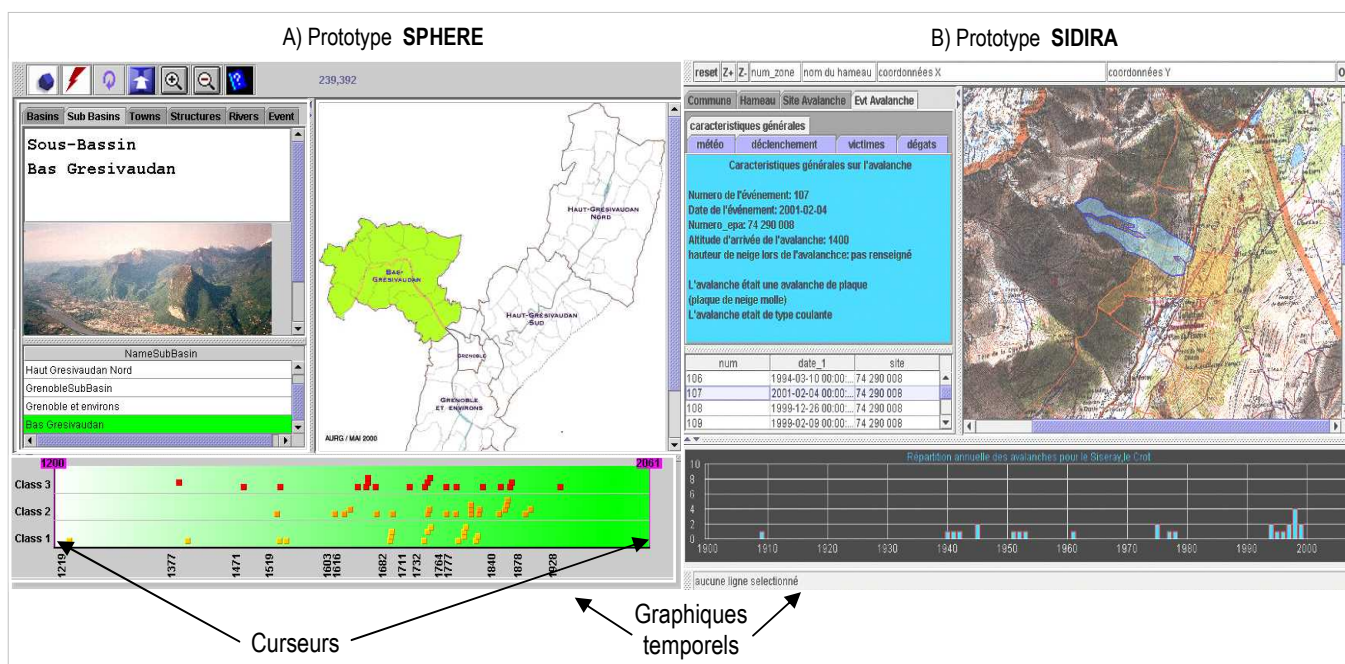


Figure 29 : Principe d'orthogonalité des applications SIDIRA et SPHERE (Davoine et alii, 2001 et 2004 ; Coeur et alii, 2003)

Un clic sur la carte présente simultanément les documents disponibles et positionne un curseur sur le graphique temporel (SIDIRA affiche un histogramme, tandis que SPHERE présente un graphique en nuage de points). Cette technique relève de la méthode de classification interactive. Un clic sur le graphique temporel met en surbrillance les événements sur la carte telle la technique d'isolation dynamique. D'autres fonctionnalités permettent d'accéder à des informations thématiques au moyen de clics dans un onglet, ou de positionner la carte selon la sélection dans un menu déroulant. Les prototypes SPHERE et SIDIRA offrent également la possibilité de réaliser des requêtes temporelles élaborées en choisissant une période dans un graphique temporel. L'affichage de ce graphique est important car il permet de se rendre compte de la fréquence des événements afin de mieux choisir une période à cartographier au moyen de curseurs en faisant jouer la granularité temporelle (Figure 29A). Plusieurs temporalités sont ainsi mises en évidence : la période (pas de temps ou espacement chronologique), la fréquence, la durée, le moment d'occurrence et l'ordre. Les requêtes thématiques s'exécutent au moyen de menus déroulants et au moyen de la consultation d'onglets thématiques (ex. dans SIDIRA : onglets météo, dégâts, etc. :

Figure 29B) permettant de consulter de nombreuses informations attributaires.

Ces outils cartographiques innovants apportent de nombreux éléments pour représenter les spécificités de l'IDE. **Le principe d'orthogonalité permet l'affichage simultané et synchrone du temps, de l'espace et des thématiques ; l'utilisation de la méthode de classification interactive à travers les graphiques chronologiques représente de nombreuses temporalités ; la méthode d'isolation dynamique au moyen de la sélection d'objets à partir de graphiques permet le repérage aisé d'objets ; l'affichage d'onglets thématiques et la présentation d'information multimédia favorisent la consultation de nombreuses informations.** Par conséquent, ces atouts constituent des points forts qui alimentent la géovisualisation.

3.3.2.2 Cube spatio-temporel

Le cube spatio-temporel (Space-Time Cube) est un concept repris dans plusieurs recherches en géovisualisation. Il est né à la fin des années soixante avec Hägerstrand (*in* Kraak, 2003) adepte de la time-géographie : il étudiait les comportements des hommes dans leur vie quotidienne, dans l'espace et dans le temps. Cependant, à l'époque, les technologies ne permettaient pas une visualisation de ce modèle. L'affichage d'un environnement interactif n'était pas évident et les recherches ont été sporadiques. Toutefois, dans le début des années 2000, Kraak (2003) reprend cette idée pour l'intégrer à une démarche de géovisualisation, en se servant des méthodes de construction des systèmes d'information et des technologies du Web. La carte est, dans ce cadre, considérée comme une interface de données géo-spatiales qui permet d'accéder à l'information et à des fonctionnalités d'exploration. La visualisation du cube « *améliore alors les connaissances et les compréhensions spatio-temporelles des données générées par les comportements humains* » (Kraak, 2003).

Le cube spatio-temporel peut désormais afficher des données issues d'une base de données⁹¹. Ce cube est interactif, grâce à la manipulation de trois dimensions (x, y et le temps, où l'utilisateur choisit l'échelle temporelle et peut même afficher des repères temporels) : l'utilisateur peut le visualiser dans toutes ses positions, ce qui offre différentes vues en perspective. Il peut également passer le curseur le long des axes pour ajouter des repères visuels et sélectionner des périodes temporelles ou des emplacements spatiaux. Les visualisations sont aussi dynamiques (au sens hyperliées) : les fonctions sont liées à l'environnement du cube (les axes), aux données affichées dans le cube et aux fenêtres. Dans l'interface, l'utilisateur a affiché quatre fenêtres : une fenêtre 2D affiche la carte avec le trajet, une fenêtre affiche le cube spatio-temporel dans sa globalité, une fenêtre affiche les attributs disponibles et utilisés, et enfin, une fenêtre de travail affiche un zoom du cube. Des fonctions comme le calcul de distances, le survol, la durée sont disponibles. La visualisation d'un MNT permet également d'appréhender le relief. Pour le mouvement d'une surface (ex. extension d'une urbanisation), le cube spatio-temporel peut afficher des cadres superposés

⁹¹ Ces données peuvent être, par exemple, les points d'un GPS représentant le parcours d'une personne.

comme des transparents. Afin d'accéder à des informations complémentaires, des graphiques, des tableaux, des vidéos, peuvent s'afficher dans des fenêtres, en plus de celles existantes (Figure 30).

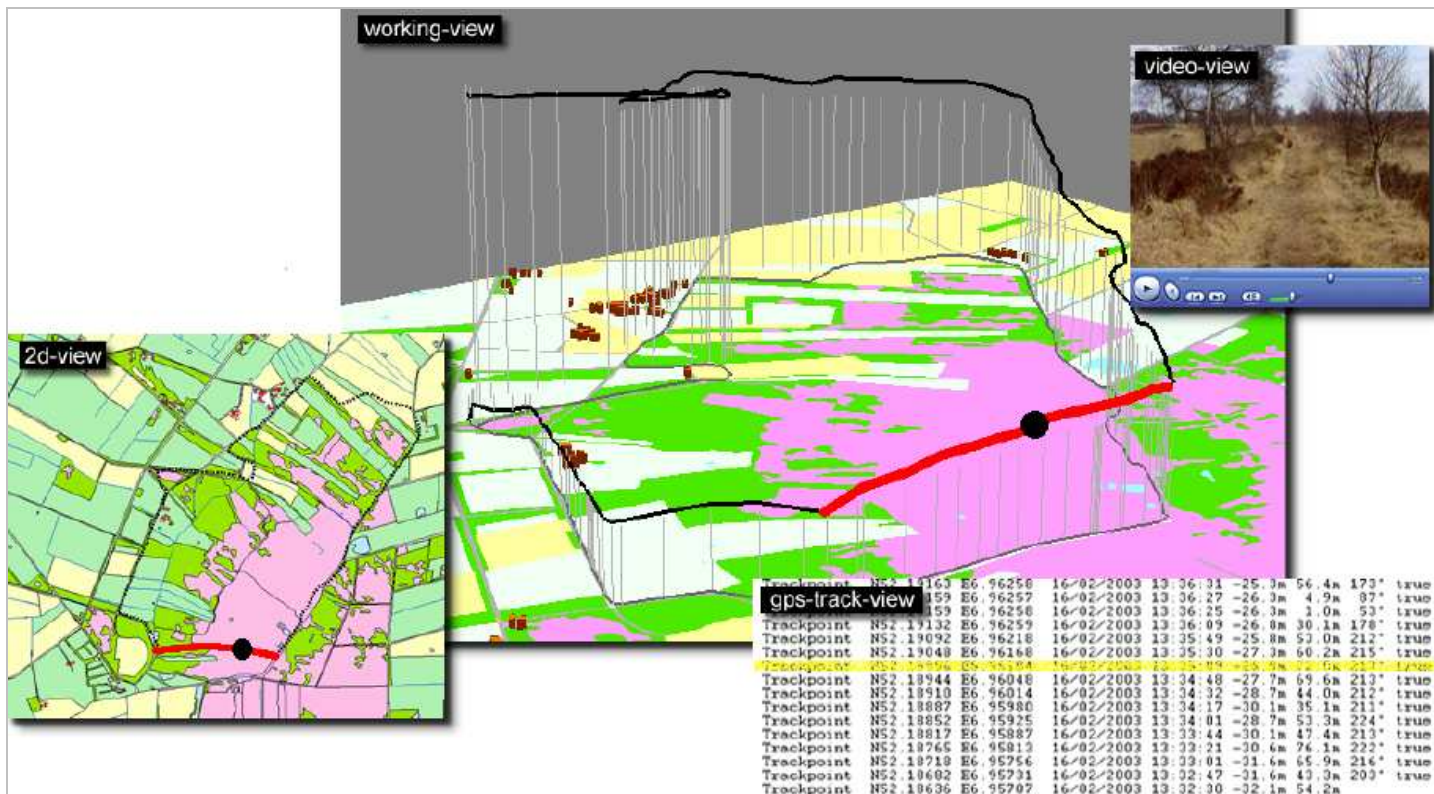


Figure 30 : Cube spatio-temporel : représentation de parcours d'un individu (Kraak, 2003)

Gatalsky *et* Andrienko (2004) appliquent le cube spatio-temporel à la visualisation d'événements et notamment d'événements issus de risque : des tremblements de terre et des accidents de la route. La problématique de Gatalsky est ici de visualiser un grand nombre d'événements tout en conservant leur compréhension lors de la lecture, afin de favoriser l'analyse. Le but est de mettre en évidence des « grappes d'événements ».

Le cube permet alors de visualiser les trajectoires et donc le mouvement des objets dans le temps, mais surtout, il permet d'apprécier la vitesse (les lignes verticales montrent des stagnations spatiales : $v=0$). La visualisation des événements sous forme ponctuelle applique les variables visuelles de la taille et de la couleur en fonction d'un attribut quantitatif (ex. intensité, nombre d'accidents). Cette représentation 3D permet de repérer des grappes : lorsque le cube spatio-temporel fait apparaître des chaînes verticales d'événements, il s'agit d'un groupe d'événements qui ont eu lieu au même endroit à peu de temps d'intervalle. Cette visualisation évite alors les cas de chevauchement des objets ponctuels (événements au même endroit mais à des dates différentes). Des hyperliens dans le cube permettent d'afficher des graphiques. Une carte 2D dynamique, aide, en parallèle, à l'analyse (Figure 31). Une sélection sur une des cartes sélectionne automatiquement les mêmes objets sur une autre carte.

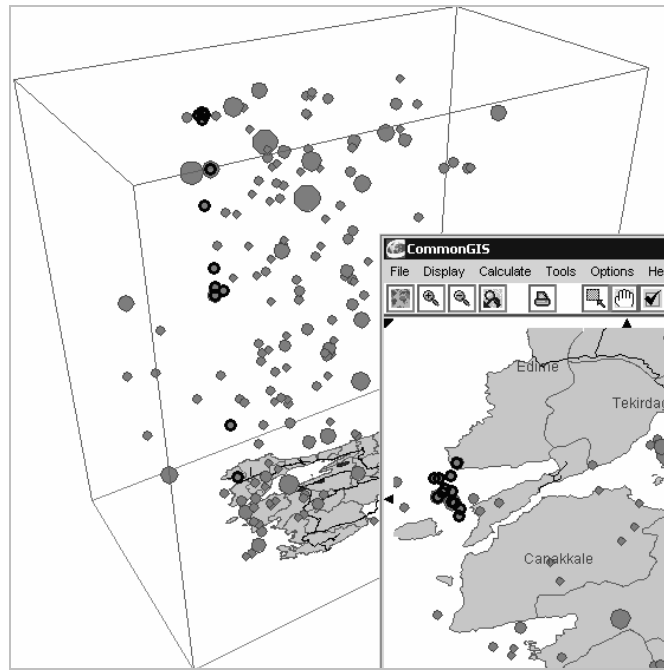


Figure 31 : Cube spatio-temporel pour visualiser les séismes (Gatalsky et alii, 2004)

Gatalsky *et alii* (2004) ont appliqué cette visualisation au cas des tremblements de terre qui est une thématique comportant un grand nombre d'événements instantanés (10550 événements) avec une représentation ponctuelle sur une période temporelle moyenne (de 1976 à 1999). Les chercheurs ont alors créé un cube où l'axe temporel descend ou monte (ce qui donne une impression de neige qui tombe). Le sismologue repère alors des grappes d'événements sismiques (points sélectionnés sur la Figure 31). Il peut ainsi, avec les outils de survol et la carte 2D, sélectionner les séismes pour ensuite les étudier de manière plus détaillée (analyse des attributs). Toutefois, ce travail reste très minutieux et demande une très grande concentration. Andrienko *et alii* (2007b) ajoutent au cube des fonctionnalités tels que des filtres qui sélectionnent des objets en fonction de leur durée de déplacement, selon les jours de la semaine ou les heures de la journée. Des fonctions permettent également d'identifier les objets qui ont la même forme ou qui sont dans un espace particulier. D'autres fonctions temporelles permettent d'identifier les objets qui ont des points communs (mise en marche, terminaison) ou qui sont synchrones en partie ou entièrement. Cet outil innovant intègre alors, en plus des critères temporels, quelques relations temporelles d'Allen (1983).

Les travaux de Banos et Chardonnel (2007) appliquent cette méthode aux trajets quotidiens de personnes. Leur « aquarium » (cube spatio-temporel) révèle alors des « poches » (grappes d'événements) qui montrent les lieux de convergence des personnes sur un territoire à certaines heures de la journée.

Ces outils intégrant un cube spatio-temporel apportent une grande avancée au niveau de l'affichage tridimensionnel et de la réalisation ergonomique des requêtes. L'analyse possible grâce à ces cubes révèle des résultats concluants. Ces constats impactent alors sur l'aisance d'interprétation, d'analyse, de manipulation de l'outil et de la manipulation de l'information par les utilisateurs. La géovisualisation est alors favorisée.

Cette représentation 3D intéresse notre problématique puisqu'il est maintenant possible d'observer et analyser un très grand nombre d'objets ponctuels en évitant leur superposition, mais aussi de sélectionner des objets selon leurs critères temporels et leurs relations temporelles.

La géovisualisation possède plusieurs possibilités capables d'améliorer la valorisation de l'IDE. D'une part au moyen des représentations graphiques et cartographiques, d'autre part en stimulant l'analyse spatio-temporelle-thématique (Tableau 15). Néanmoins, le Tableau 15 met en évidence que les recherches sur la géovisualisation se consacrent peu, pour l'instant, à l'analyse de l'incertitude et aux temporalités métaphoriques.

Géovisualisation Spécificités	Méthodes d'interactivité	Fonctionnalités d'outils de géovisualisation	Nouvelles méthodes d'interactivité
Objets superposés	- Isolation dynamique (cases à cocher dans la légende) - Comparaison dynamique (onglets)	Fonctionnalité de personnalisation des cartes	- Cube spatio-temporel
Critères temporels	Classification interactive		
Temporalités métaphoriques			
Relations temporelles			Requêtes temporelles du cube spatio- temporel
Incertitude			
Nombreuses informations			- Cube spatio-temporel - Principe d'orthogonalité: une fenêtre est réservée
Information multimédia			- Principe d'orthogonalité : une fenêtre est réservée
Géovisualisation Analyse exploratoire	Méthodes interactives	Fonctionnalités d'outils de géovisualisation	Nouvelles méthodes interactives
Analyse spatio- temporelle- thématique		- Fonctionnalité de recherche - Fonctionnalité d'exploration - Fonctionnalité de navigation	- Principe d'orthogonalité - Cube spatio-temporel

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 15 : Apports de la géovisualisation

Conclusion du Chapitre 3

Les règles de représentation cartographique apportent à la présentation des objets de l'IDE des formes, des couleurs, des contrastes et des densités. Les technologies Web, tout en favorisant la géovisualisation, permettent un affichage plus aisé des attributs temporels, de l'incertitude, de l'information multimédia et de nombreux attributs simultanément dont l'information superposée ; l'adaptation des cartes, des données et des informations aux utilisateurs ; la possibilité de visualiser l'information dans un but d'analyse spatiale et exploratoire ; mais également la mise à jour de l'information par plusieurs utilisateurs et une large diffusion de celles-ci. Ces méthodes et techniques permettent alors de satisfaire une

nouvelle demande : la navigation à travers une information multi-dimension, hétérogène et dispersée de manière claire mais aussi ergonomique.

Le tableau ci-dessous récapitule les apports des règles cartographiques, des formes cartographiques en ligne et de la géovisualisation afin de valoriser les spécificités de l'information (Tableau 16). Celui-ci met en évidence un potentiel de valorisation important que nous allons exploiter dans le dernier chapitre.

Potentiels Spécificités à valoriser	Règles cartographiques	Géovisualisation	
		Outils de géovisualisation en ligne	Méthodes de géovisualisation
Facteurs de lisibilité	- Sélection/Généralisation - Sémiologie graphique - Contrastes - Approche cognitive	- Environnement interactif - Environnement animé - Environnement multimédia	- Méthodes d'interactivité - Fonctionnalités d'outils en ligne
Superposition d'objets		- Onglets - Cases à cocher - Animation cartographique + barre de contrôle	- Isolation dynamique (cases à cocher dans la légende) - Comparaison dynamique (onglets) - Cube spatio-temporel : affichage 3D des couches d'information
Temporalités	- Variables visuelles statiques de mouvement - Collection de cartes	- Graphiques - Animation cartographique - Légende dynamique - Sonorisation	- Classification interactive - Cube spatio-temporel
Incertitude	- Variables visuelles statiques de l'incertitude	- Mention « probable » - Etiquette « qualitative » - Sonorisation - Application « The »	
Nombreuses informations	- Signe élémentaire en forme de graphiques - Sélection/généralisation - Contrastes chaud/froid, quantité/qualité, teinte - Symboles évocateurs	- Onglets - Cases à cocher - Animation cartographique + barre de contrôle	- Principe d'orthogonalité : fenêtre réservée aux attributs - Isolation dynamique (cases à cocher dans la légende) - Comparaison dynamique (onglets)
Information multimédia		- Hyperliens vers des informations multimédia	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 16 : Tableau récapitulatif des potentiels de valorisation de l'IDE

Comment adapter ces potentiels particulièrement à la représentation et à l'analyse de l'IDE ? En effet, ces méthodes et techniques offrent de nouvelles perspectives de présentation et d'affichage de l'information. Le chapitre suivant propose alors une réflexion sur la création d'un outil de géovisualisation en ligne, capable de restituer l'intégralité des spécifications de l'IDE afin d'aider les acteurs à l'analyse, dans le but de développement de territoires à risque.

Chapitre 4

De la cartographie de l'IDE à la
conception d'un outil de
géovisualisation

Application à la couronne grenobloise

Chapitre 4

De la cartographie de l'IDE à la conception d'un outil de géovisualisation

L'existence de nombreuses méthodes et techniques présentant un réel potentiel de valorisation de l'Information Dédicée aux Événements (IDE) viennent d'être mises en évidence. Toutefois, l'application de celles-ci est parfois peu évidente pour représenter graphiquement ou simplement afficher l'information. En effet, certains aspects des spécificités de l'information tels que les critères temporels ou les objets superposés présentent des difficultés pour apparaître à l'écran de manière compréhensible. Néanmoins, l'exploitation des potentiels de la géovisualisation à travers les fondements cartographiques basés sur des règles graphiques ne permettrait-elle pas, d'une part, de valoriser l'ensemble des spécificités de l'IDE, d'autre part, de satisfaire l'intégralité de la demande des acteurs en terme d'outils d'aide à l'accès et à la compréhension de l'information, ainsi que l'ensemble de leurs besoins en terme d'IDE ? Quelle méthodologie choisir pour valoriser l'IDE dans un outil de géovisualisation ?

L'objectif global de ce chapitre est de proposer des fonctionnalités et une méthode de cartographie utilisant la géovisualisation afin de palier au mieux les contraintes de l'information, puis de l'expérimenter sur la couronne grenobloise. Le premier objectif est alors de s'appropriier des techniques de géovisualisation découvertes dans le Chapitre 3 en les appliquant à notre problématique à travers la proposition d'affichages interactifs et dynamiques intégrant l'information multimédia, mais également des fonctionnalités de consultation d'IDE innovantes afin de mieux répondre aux besoins des acteurs. Le deuxième objectif est de proposer une méthode de représentation cartographique afin de favoriser particulièrement la valorisation des spécificités de l'IDE. Le troisième objectif est de tester la pertinence des fonctionnalités de l'outil et de la méthode cartographique en les implémentant dans un environnement informatique permettant la génération de systèmes d'information ; mais également de les valider au moyen des données et informations récoltées sur la couronne grenobloise.

La première section présentera les fondements méthodologiques conçus pour élaborer nos propositions. Une seconde section mènera à la présentation des fonctionnalités d'un outil de géovisualisation. La section suivante proposera une méthode cartographique qui s'intègre à l'outil de géovisualisation. Pour cela, nous proposons une charte graphique afin de représenter les objets de notre problématique, ainsi que des extensions particulières pour représenter cartographiquement les spécificités de l'information. Une dernière section tente alors de valider nos propositions en deux temps : d'une part en implémentant celles-ci dans un générateur de systèmes d'information (GenGHIS) ; d'autre part, en expérimentant la méthode cartographique dans un Système d'Information dédié aux Risques Naturels (SIRN), en l'appliquant à la valorisation de l'IDE sur la couronne grenobloise à travers la conception d'un Système d'Information dédié à l'Histoire des Événements issus de risque Naturels (SIHREN) : Figure 4.

Cette méthode sera à son tour validée :

- à travers une application au risque naturel dans un Système d'Information dédiée aux Risques Naturels (SIRN)
- en l'adaptant à l'IDE et aux besoins des acteurs de la couronne grenobloise en terme d'actions mais aussi d'alimentation de leurs connaissances à travers la création de SIHREN.

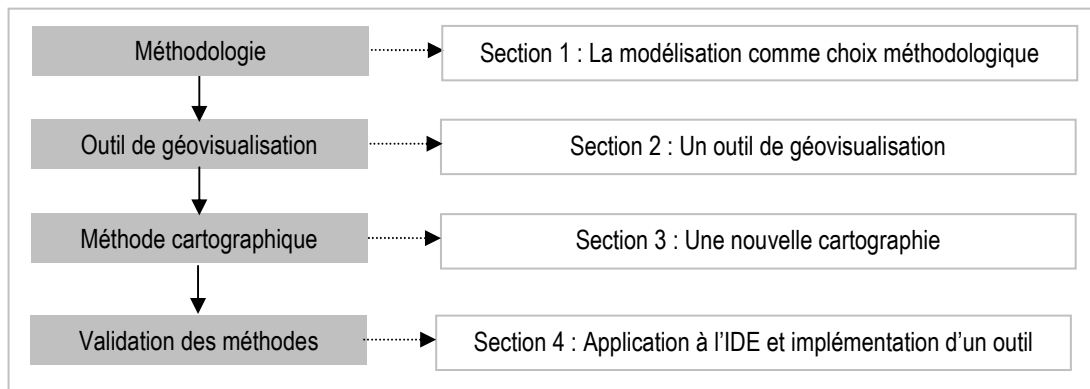


Figure 1 : Organisation du Chapitre 4

Section 1. Eléments méthodologiques

Nous présentons dans un premier temps la démarche méthodologique utilisée pour atteindre les objectifs fixés. Cette démarche repose sur deux principaux points concernant :

- l'environnement informatique utilisé pour l'opérationnalisation de nos propositions (GenGHIS) ;
- l'approche retenue pour la modélisation de notre domaine d'étude ;
- la démarche utilisée pour la conception de l'outil.

Notre objectif est alors de proposer une démarche de modélisation dont le langage se limite à quelques signes très intuitifs (tels que la flèche) dans un premier temps, puis qui se complexifie au fur et à mesure de la lecture des modèles en intégrant des éléments de modélisation répondant à nos besoins.

La première sous-section justifie le choix de GenGHIS comme plateforme de génération d'outils de géovisualisation, puis explique nos propositions permettant de l'améliorer. Afin de comprendre les propositions, une deuxième sous-section présente la diversité des approches méthodologiques et notre contribution à modéliser de nouveaux éléments. La dernière sous-section développe la démarche méthodologique pour concevoir un outil de géovisualisation tel que SIHREN.

1.1 De GenGHIS à nos propositions pour un SIHREN

Comprendre l'ensemble de nos propositions nécessite de présenter GenGHIS : un générateur d'interface permettant la visualisation et l'interrogation de l'information spatio-temporelle, thématique et multimédia. Ensuite, nous décrirons nos propositions qui viennent directement alimenter GenGHIS.

1.1.1 Présentation de GenGHIS

GenGHIS est une plateforme développée au sein du Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) par l'équipe STEAMER (Moisuc *et alii*, 2005). Elle permet de générer des Systèmes d'Information Spatio-Temporelle (SIST) intégrant des interfaces basées sur des techniques et des méthodes de géovisualisation.

Les spécifications de GenGhis sont décrites dans (Davoine, 2006 et Moisuc, 2006). Nous en rappelons ici les principales caractéristiques.

Le choix de GenGHIS se légitime à travers trois atouts contenus dans les SIST qu'il génère, d'autant plus que ces avantages semblent désertier les outils affichés *via* le Web ou encore dans les systèmes d'information géographique couramment employés (ex. MapInfo). En effet, les SIST générés par GenGHIS ont une interface graphique permettant de visualiser de façon dynamique et simultanée les dimensions temporelle, spatiale, thématique et

multimédia de l'information à travers :

1. une entrée chronologique par événement sous forme d'une représentation graphique ;
2. une représentation cartographique permettant une consultation selon différents niveaux d'observation ;
3. l'affichage de documents de nombreux formats ;
4. la génération de SIST visualisables via le Web.

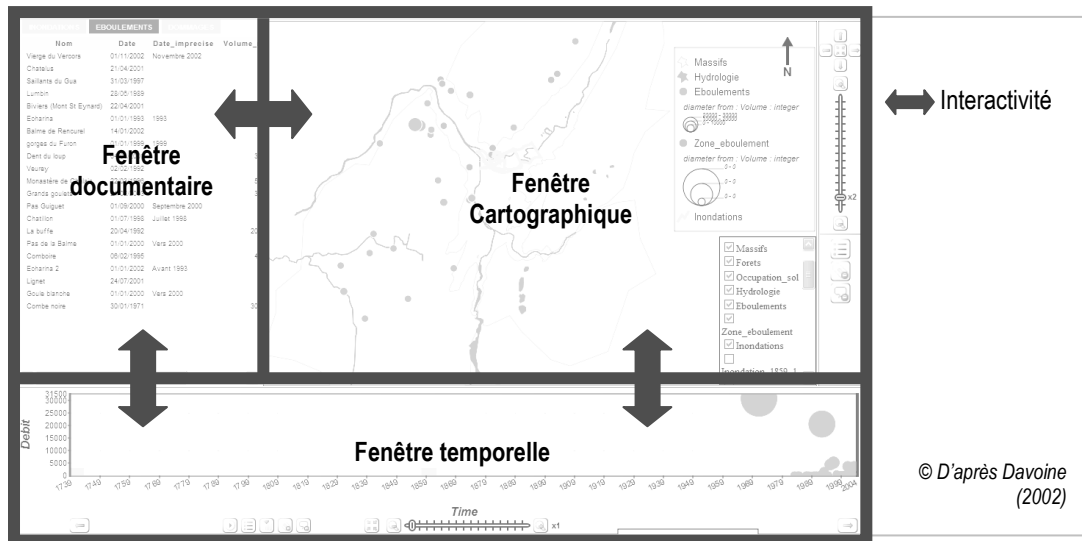


Figure 2 : Interactivité des fenêtres des SI générés par GenGHIS

GenGHIS repose sur le principe d'orthogonalité utilisé par SPHERE et SIDIRA (cf. Chapitre 3 : Section 3) et décrits dans Davoine (2002) et illustré par la Figure 2 :

« GenGHIS permet de spécifier des présentations rendant compte à la fois des aspects spatiaux des objets représentés, mais également de leurs aspects temporels et attributaires à travers trois fenêtres (cartographique, temporelle et documentaire). Les objets des cartes, des graphiques et des tableaux présents dans les fenêtres sont interactifs. L'utilisateur peut, à partir d'interactions effectuées sur l'une d'entre elles, visualiser les résultats sur les deux autres : la sélection d'une entité géographique dans la fenêtre spatiale entraîne l'affichage, dans la fenêtre temporelle, d'un graphique sur lequel sont portés chronologiquement et en fonction de leur intensité les événements qui ont affecté cette unité spatiale. Selon la même logique, la sélection sur le graphique de la fenêtre temporelle d'un événement provoque, dans la fenêtre documentaire, l'affichage d'un texte correspondant à l'analyse phénoménologique effectuée au moyen des documents historiques indiqués dans cette même fenêtre. Chacun de ces documents correspond à un hyperlien permettant de les visualiser. De manière similaire, la sélection dans la fenêtre documentaire d'une entité spatiale particulière permet d'afficher sur la carte sa localisation géographique et sur le graphique les événements qui se sont produits au cours d'une période donnée. L'interrogation spatiale peut s'effectuer selon différents maillages géographiques. »

Les applications résultantes permettent de visualiser des données spatio-temporelles, attributaires et documentaires, stockées dans une base de connaissances. L'environnement de conception de SIST (GenGHIS) est composé de différents modules indépendants : un module de données et un module de présentation (Figure 3).

Le module de données a pour objectif de permettre la modélisation et la conception de la Base de Connaissances (BC), qui sous-tend le SIST à réaliser l'instanciation de celle-ci. La conception de la BC repose sur l'utilisation d'un langage de modélisation de connaissances, AROM¹ qui facilite la description des concepts du domaine et les relations existantes entre eux. Le peuplement de la BC s'effectue au moyen d'un composant spécifique permettant ainsi l'acquisition de données à partir de sources externes (un fichier Excel, .mif ou encore des formats d'images .pdf par exemple).

Le module de présentation permet à l'utilisateur de concevoir sa propre interface de visualisation en spécifiant les différentes fenêtres nécessaires pour la visualisation des objets contenus dans la BC et en appliquant une sémiologie graphique à ces objets.

Une fois le modèle de données et le modèle de présentation réalisés, un composant permet de générer les interfaces dans un format de présentation visualisable *via* le Web.

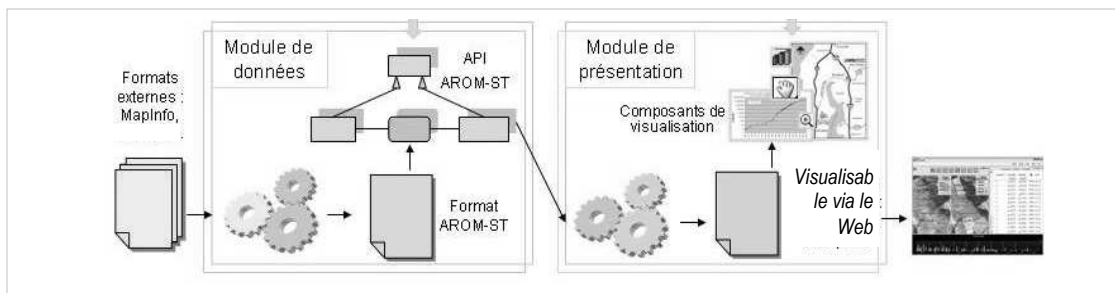


Figure 3 : Architecture générale de GenGHIS (Davoine, 2002)

1.1.2 Nos propositions

Nos propositions ont pour objectif d'alimenter GenGHIS à travers quatre aspects :

1. GenGHIS a la capacité d'utiliser davantage les potentialités de géovisualisation. Une interface de consultation permettant de réaliser de nouvelles fonctionnalités sont donc proposées afin de favoriser la compréhension des informations et leur analyse. Par exemple, ces fonctionnalités supplémentaires rendront plus conviviale la fenêtre documentaire. Ainsi, l'utilisateur pourra consulter la richesse de l'information multimédia mais également la variété d'autres informations telles que thématiques, les incertitudes ou encore les sources ;
2. Nous proposons la création d'un modèle « de risque » adapté à notre problématique, Ce modèle structure les connaissances sur les notions qui gravitent autour de la nôtre de territoire à risque. Ils vont également permettre d'alimenter une BC pour GenGHIS ;
3. Le module de représentation de GenGHIS n'intègre pas de règles graphiques. Nous proposons alors une méthode cartographique basée sur des règles de sémiologie graphique. Des modèles permettront sa compréhension afin que le concepteur de SIST puisse l'appliquer et l'intégrer facilement dans le module de présentation. Cette méthode s'applique :

¹ AROM est détaillé dans le paragraphe suivant

- aux spécificités de l'information (les objets superposés, les évolutions, dont les temporalités, les incertitudes, et l'information multimédia) ;
- à la représentation des objets liés au risque naturel, génériques à tout SIRN, et plus précisément aux entités de SIHREN intégrant l'IDE ;
- à notre problématique : nous proposons une démarche de conceptualisation d'un SIRHEN répondant à notre problématique, à savoir la valorisation de l'IDE dans un objectif de créer et de gérer des territoires à risque. Nous allons créer deux niveaux de SIHREN sur la couronne grenobloise : un expert et un non expert en fonction de la connaissance des acteurs dans le domaine du risque.

Ces propositions seront modélisées en utilisant des éléments de langages de modélisation couramment employés. Nous en proposerons une utilisation particulière mais aussi de nouveaux pictogrammes afin de modéliser l'ensemble des éléments et des relations dont nous disposons.

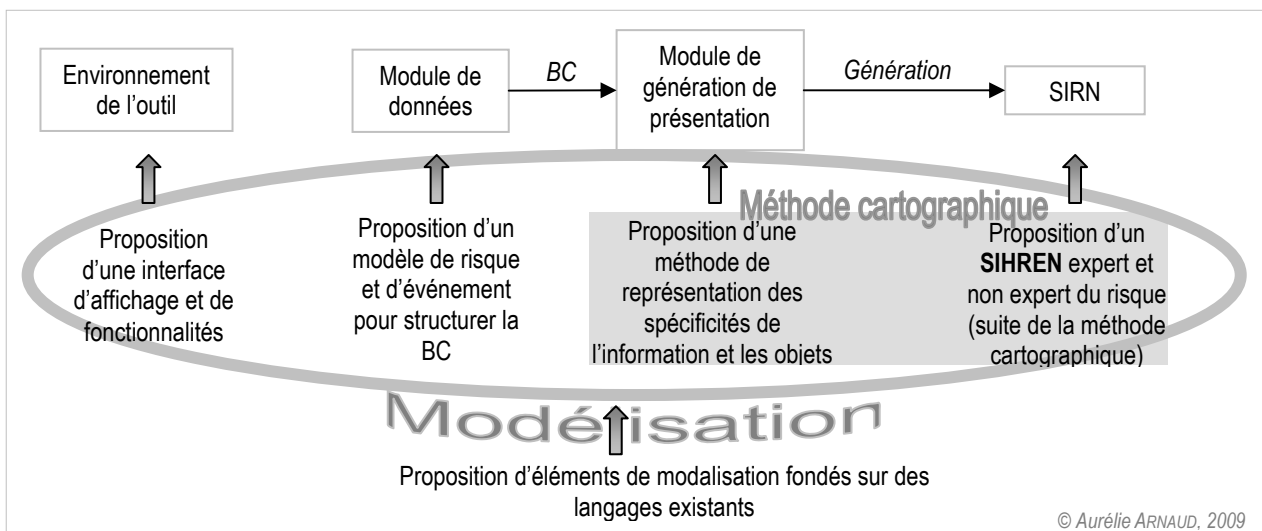


Figure 4 : Propositions

1.2 Diversité des approches méthodologiques

Notre base méthodologique est la modélisation puisqu'elle permet d'une part de comprendre le monde réel, d'autre part, d'appréhender des notions, des concepts et des méthodes. Le langage de modélisation *Unified Modeling Language* - UML (Booch *et alii*, 2003) apporte des éléments de base. Cependant d'autres langages ajoutent des substances permettant de prendre en compte les dimensions spatiale et temporelle de l'information, et donc d'augmenter la représentation du monde réel. C'est le cas, par exemple, des approches modélisatrice de MADS (Vangenot *et alii*, 2002 ; Spaccapietra *et alii*, 2007) et *Perceptory* (Bédard *et alii*, 2004 ; Bédard, 2002) ; Par ailleurs, la conception de BC sous GenGHIS repose sur l'utilisation du langage de modélisation AROM, qui présente certaines spécificités, mais qui a l'avantage de proposer un formalisme « à la UML ».

Toutefois, si ces approches modélisatrices présentent chacune des spécificités, il n'en

reste pas moins qu'elles sont complémentaires. C'est la raison pour laquelle, dans un souci de rendu graphique reflétant la réalité de notre problématique, nous avons choisis d'utiliser des éléments de chaque type de modélisation afin de créer nos propres critères de modélisation. Nous proposons également de compléter cette approche en nous appuyant sur l'utilisation du principe de pictogramme (proposé dans MADS ou Perceptory) pour modéliser certains aspects liés à la représentation cartographique et à la géovisualisation.

1.2.1 Eléments de modélisation

Les modèles ont pour objectif de représenter la réalité afin de mieux la comprendre. Les éléments de la réalité sont modélisés en un ensemble d'entités (ou d'« objets ») - matérielles (ex. des traces) ou virtuelles (le temps) - de relations et de fonctions. Les langages UML et AROM vont servir à construire un langage hybride adapté à notre problématique.

1.2.1.1 Langage de modélisation UML

UML (Boock *et alii*, 2003 ; INRIA, 1999a ; INRIA, 1999b) est un des langages de modélisation et de communication standardisé sur lequel nous nous appuyerons. En effet, il permet de spécifier, visualiser, implémenter et documenter les systèmes d'information (Napoli, 2003 ; Rumbaugh, *in* Napoli, 2003). Il aide les scientifiques à modéliser en formalisant leurs connaissances. Ce langage est souvent utilisé dans le développement de SI pour les risques naturels (Napoli, 2003). La création de diagrammes permet de représenter tous les aspects du système à modéliser. Ceux-ci peuvent se créer grâce à des logiciels libres (ex. Poséidon)².

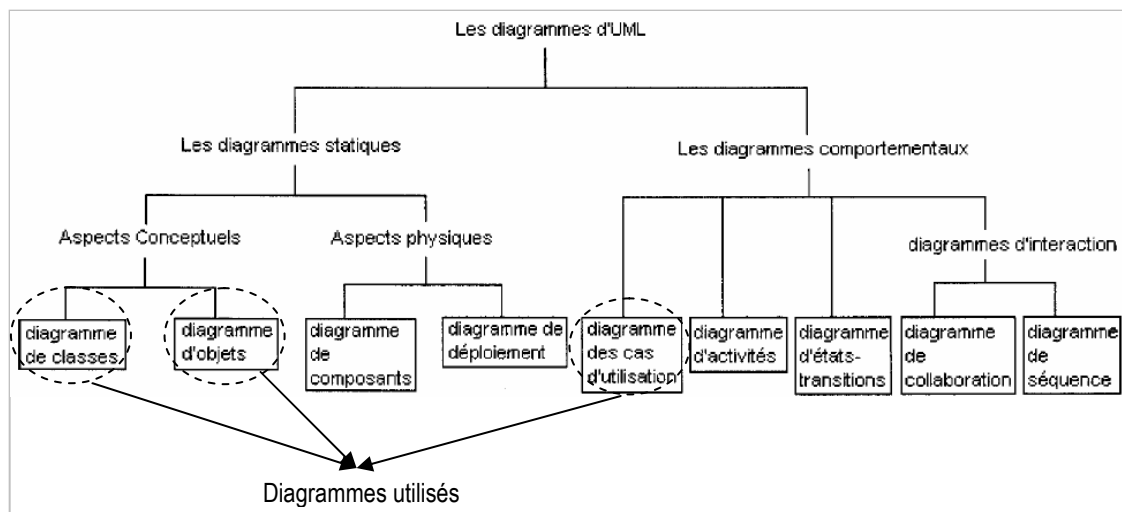


Figure 5 : Les diagrammes UML (Proulx *et alii*, 2002)

Un diagramme est la représentation graphique d'un ensemble d'éléments que l'on représente en général par un graphe. Celui-ci représente une projection dans un système.

²Sites de téléchargement de l'outil : <http://www.gentleware.com/index.php?id=downloadcenter>, http://download.gentleware.biz/PoseidonCE_3_2_1_Installer.exe

UML comporte neuf types de diagrammes capables de modéliser des vues statiques (définition des objets) et des vues dynamiques (modélisent les utilisateurs et leur interaction avec le système), Figure 5. Nous utiliserons le diagramme de classes, le diagramme d'objets et le diagramme de cas d'utilisation. En effet, compte tenu de nos propositions en terme de modélisation de connaissances liées au territoire à risque mais aussi liées aux règles cartographiques, ce sont les diagrammes d'objets qui répondent le mieux à nos besoins. Les diagrammes de classes détailleront ces objets dans le cas des notions liées au risque et aux événements. Le choix du « diagramme de cas d'utilisation » est particulièrement adapté à la description des besoins d'utilisateur de SI, c'est pourquoi nous l'avons choisi.

Le diagramme d'objets décrit des classes³ et leurs relations (grâce à des cardinalités, Figure 6 et Tableau 1) qui composent un système. Il en donne une vue statique à partir de cas réels.

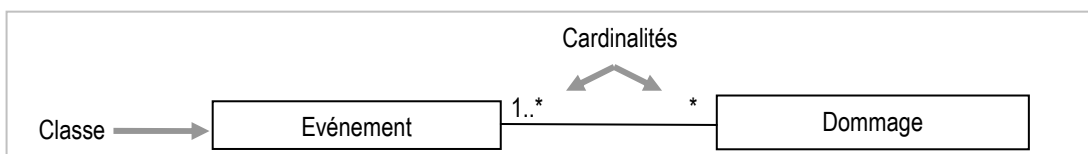


Figure 6 : Diagramme d'objets UML

Le diagramme de classes décrit un environnement au moyen de classes développées. Celles-ci sont composées de deux compartiments. L'un dédié au nom de l'objet, l'autre aux attributs caractérisés par des opérateurs (entier, booléen, chaîne de caractère ou flottant). Des cardinalités caractérisent les relations entre les classes (Figure 7).

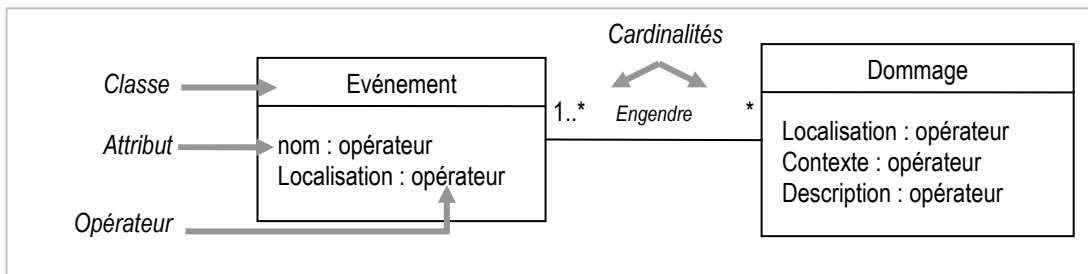


Figure 7 : Diagramme de classe UML

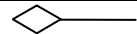

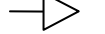
Entre les classes, nous utiliserons les cardinalités classiques qui fixent le nombre d'occurrences possibles ou nombre d'instances qui participent à une relation : « zéro à plusieurs », « un à plusieurs », « un et un seul ». Nous déduisons une cardinalité supplémentaire « obligatoirement plusieurs », dont nous aurons besoin lors de la création de nos modèles. Les types de relations qui qualifient celles-ci sont (Tableau 1) :

- l'agrégation qui traduit une relation forte entre deux classes (ex. père/fils, « est composé de »). L'une ne peut pas exister sans l'autre (si la classe positionnée du coté du losange disparaît, l'autre disparaît également). Par exemple, s'il n'existe pas d'acteurs sur un territoire, aucune action ne peut se réaliser ;

³ « Une classe est une abstraction du monde réel qui regroupe un ensemble d'objets ayant des caractéristiques et des comportements communs » (in Davoine, 2001).

- la *composition* est similaire à l'*agrégation* à condition d'impliquer plus de deux objets ;
- la généralisation ou la spécialisation indique une hiérarchie entre deux classes (super-classe/sous-classe). La sous-classe hérite alors des attributs de la super-classe. Elle hérite également des autres relations.

Cardinalités	Définitions
* ou 0,n	Zéro à plusieurs
1..* ou 1,n	Un à plusieurs
rien ou 1,1	Un et un seul
Nombre..* ou n	Obligatoirement plusieurs (cardinalité créée)

Types de relations	Description des relations
	Agrégation : relation forte
	Composition : association reliant plus de deux classes
	Héritage : les sous-classes héritent des attributs des classes

Source : Boock et alii (2003)

Tableau 1 : Cardinalités et types de relations en UML choisies

Ce choix se justifie par le fait que ce langage semble représenter les cardinalités et les types de relations clés de notre problématique (Chapitre 1 : Figure 9 – p.95).

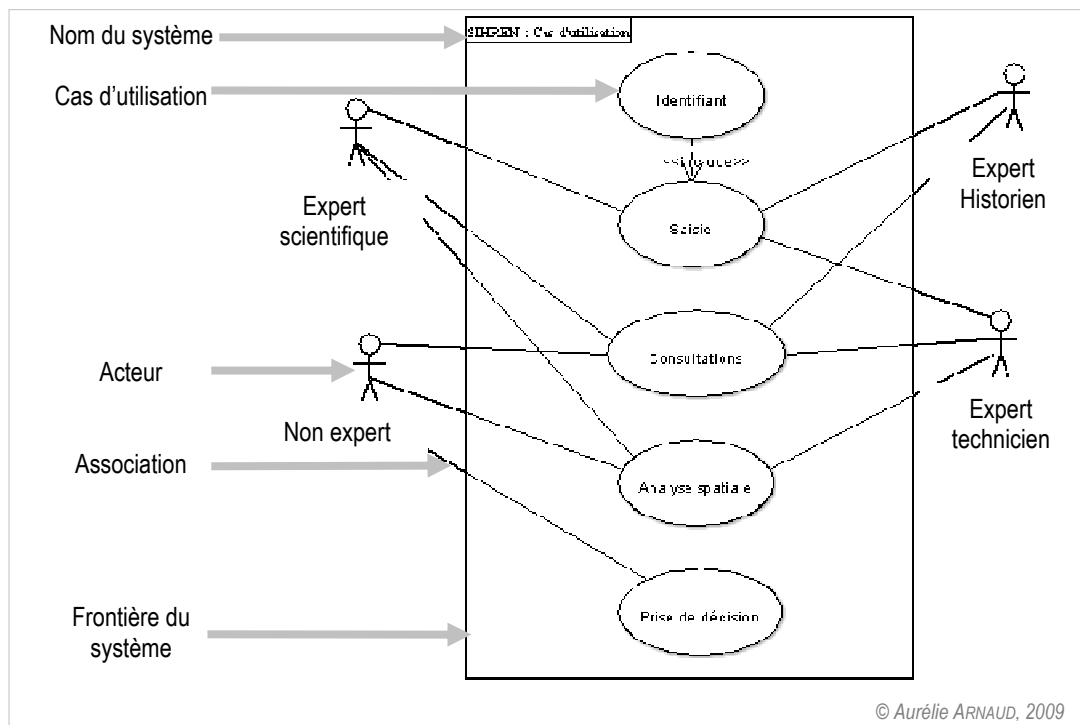


Figure 8 : Diagramme de cas d'utilisation UML

Le diagramme de cas d'utilisation permet de recueillir, d'analyser et d'organiser les besoins, mais aussi, de recenser les grandes fonctionnalités d'un système (Boock *et alii*, 2003). Ce type de diagramme comportemental montre l'ensemble des cas d'utilisation et l'ensemble des acteurs ainsi que leurs relations. Il se réalise au moyen d'un acteur, de cas

d'utilisation, d'associations entre l'acteur et le cas d'utilisation mais également du nom du système et sa frontière (Figure 8).

La Figure 8 montre que les experts historiens saisissent des données issues de leur recherche en archives. Ils consultent également l'information contenue dans le système afin de l'analyser et de la comparer avec d'autres informations issues d'autres sources. Les experts scientifiques saisissent des données et des informations issues de mesures par observation ou provenant de capteurs. Ceux-ci peuvent consulter de l'information pour, par exemple, vérifier la cohésion d'un ensemble de données sur un événement. Ils peuvent également se servir du système d'information pour réaliser des analyses spatiales. Les experts techniciens saisissent leurs données de terrain, les consultent pour vérifier leur cohérence. Ils peuvent également réaliser des analyses spatiales en croisant des données. Les non experts (ex. des décideurs, des scientifiques, des techniciens) consultent les données sur les événements et réalisent quelques cas simples d'analyse spatiale. Le cas d'utilisation « prise de décision » permet d'accéder à des scénarios de projets de développement, ou à la possibilité de créer ses propres scénarios.

1.2.1.2 Langage de modélisation AROM

Un autre langage de modélisation que nous allons utiliser est AROM (Page *et alii*, 2001) qui est, en plus de ses avantages, utilisé pour créer les Bases de Connaissances (BC⁴) du GenGHIS afin d'acquérir des connaissances⁵ et permettre à l'utilisateur la recherche automatisée d'informations dans le SI.

AROM est un système de représentation de connaissances par objet qui comporte son propre langage de modélisation se basant sur des classes (comme celles d'UML) et des associations qui constituent son noyau modélisateur. Ce langage diffère d'UML puisque les associations sont exprimées en classes d'association, permettant de mieux intégrer les contraintes des utilisateurs (Figure 9) : par exemple « affecte », « compose », « appartient », « héberge », « possède ».

⁴ La valeur ajoutée d'une BC par rapport à une BD est qu'elle est capable de gérer tous les objets, dont ceux issus d'informations multi-dimensions et hétérogènes. Une BC gère également les attributs temporels. De plus l'ontologie permet d'intégrer des liens « intelligents » (ou de la connaissance, ou des contraintes) entre les tables (ex. « inclus dans », « appartient », la taille, la forme, la distance, la densité, etc), liés au contexte de chaque objet (Casenave & alii, 2004 ; Benslimane & alii, 2003 ; Cullot & alii, 2003 et 2003 ; Etcheverry, 2005). Une BC augmente alors les capacités de recherches et de représentations de l'information. De plus, tout support de stockage peut être lié à celle-ci (images, textes, cartes, etc.).

⁵ D'après Napoli (2003), les modes d'acquisition de ces connaissances sont la pratique du métier de l'expert par le cogniticien (celui qui va modéliser les connaissances), l'observation (du cogniticien) de l'expert dans sa fonction (pour recueillir les connaissances, des interviews d'experts, des questions du cogniticien à l'expert), des tests et des simulations de connaissances soumis à l'expert, la bibliographie étudiée par le cogniticien ; ce dernier, expert du domaine, déduit les connaissances des données utilisées par l'expert.

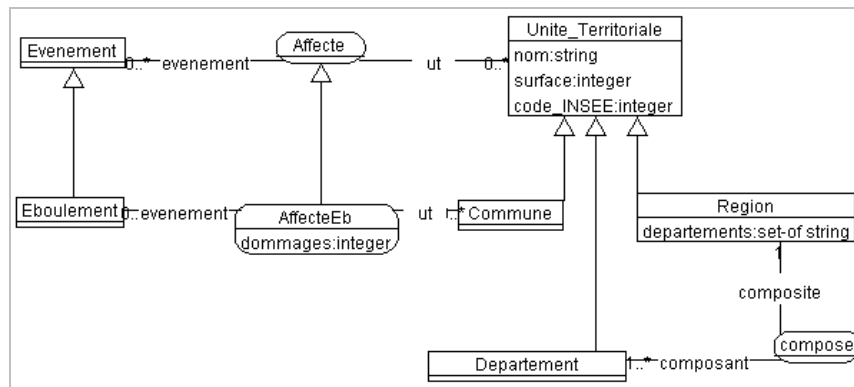


Figure 9 : Modélisation sous AROM (Moisuc, 2007)




De plus AROM possède une extension spatio-temporelle « ST » qui permet d'intégrer une description temporelle des objets : un événement ponctuel (ex. une date), de durée définie (ex. une période temporelle), ou encore un temps illimité (on connaît la date de création de l'objet mais pas de sa fin). Toutefois, le moment et la durée sont les seules temporalités prises en compte. Tous ces objets, que le temps soit défini ou non, restent dans la base.

1.2.2 Éléments de modélisation spatio-temporelle

La représentation des aspects spatio-temporels de l'information peut utiliser des pictogrammes qui apparaissent dans les digrammes d'objets et même de classes. MADS (*Modélisation d'Applications à Données Spatio-temporelles* : Vangenot et alii, 2002 ; Spaccapietra et alii, 2007) et *Perceptory* (Bédard et alii, 2004 ; Bédard, 2002) en proposent, pour par exemple représenter le signe élémentaire de chaque objet cartographié. Ces méthodes de représentation demeurent convaincantes de part leurs aspects innovants tels que la gestion des relations temporelles et des transitions d'un même objet d'un contexte à un autre (par exemple l'aspect dynamique de la réalité), ainsi que la prise en compte de l'univers 3D et la possibilité d'appliquer les pictogrammes au niveau des attributs (les deux dernières qualités relèvent de *Perceptory*). Afin de représenter ces aspects lors de la modélisation, les pictogrammes indiquent la spatialité (§ 1.2.2.1) mais aussi la temporalité (§ 1.2.2.2) des objets. Dans le cas de généralisation, la sous-classe hérite des pictogrammes de la classe. Ces pictogrammes sont ajoutés dans la zone du nom de la classe afin d'indiquer l'existence d'une représentation cartographique particulière.

Toutefois, malgré la diversité des pictogrammes, il est peu évident de se rendre compte des spécificités de l'information (dimensions temporelles et les évolutions) et des représentations cartographiques rencontrées (la superposition d'objets, l'évolution des objets et les formes cartographiques). Notre objectif est alors d'élargir la collection de pictogrammes (§ 1.2.3.2.3). En effet, notre hypothèse est que leur utilisation faciliterait la compréhension de la méthode cartographique que nous allons proposer.

1.2.2.1 Modélisation des aspects spatiaux

MADS permet de modéliser cet aspect sous les formes suivantes : le point  (dimension 0), la ligne  (dimension 1) et la surface  (dimension 2).

Les éléments se représentent de manière différente selon l'échelle cartographique employée. MADS permet alors de prendre en compte les géométries des objets variables d'une échelle cartographique à l'autre, permettant d'intégrer leur généralisation cartographique. Cette modélisation est possible en ajoutant une cardinalité aux pictogrammes présentés (Tableau 2).





















1	 Borne d'incendie	<u>Géométrie simple</u> : L'ensemble des bornes d'incendie sont cartographiées par un seul objet géométrique ponctuel.
2	 0,1 Bâtiment	<u>Géométrie simple facultative</u> : Certaines de occurrences de bâtiment ne sont pas cartographiées.
3	 1,N Réseau routier	<u>Géométrie simple agrégée</u> : un réseau routier est composé de 1,N segments linéaires.
4	  Verger	<u>Géométrie alternative</u> : les vergers sont soit représentés par un point ou bien par une surface.
5	  0,1 Verger	<u>Géométrie alternative facultative</u> : les vergers sont soit: non représentés, représentés par un point ou bien par une surface.
6	  Aéroport	<u>Géométrie complexe</u> : les aéroports sont représentés par une agrégation de lignes et points.
7	  0,1 Aéroport	<u>Géométrie complexe facultative</u> : les aéroports sont soit: non cartographiés ou cartographiés par un agrégat de lignes et de points.
8	  0,1 Piscine	<u>Géométrie multiple</u> : l'ensemble des piscines publiques sont cartographiées à grande échelle par un polygone et seulement les principales sont représentées par une point à petite échelle.
9	 1,N  Verger	<u>Géométrie multiple</u> : chaque verger est représenté par un ensemble de points à grande échelle et par un polygone à petite échelle.
10	 Verger	<u>Géométrie compliquée</u> : les vergers sont soit: non représentés, représentés par plusieurs points ou bien par une surface.

Tableau 2 : Exemples d'utilisation de la cardinalité de pictogrammes spatiaux (Proulx et alii, 2002)

L'application de ces pictogrammes est simple lorsqu'il s'agit d'intégrer les signes élémentaires de représentation cartographique des objets. L'ajout de cardinalité complique toutefois la lecture du modèle, d'autant plus si le lecteur est néophyte en langage de modélisation.

1.2.2.2 Modélisation des aspects temporels

Il existe peu de moyens pour représenter le mouvement dans les modèles de représentation. Les seuls qui apparaissent sont ceux concernant le temps. Ils demeurent toutefois restreints : seuls les critères temporels du moment d'occurrence (le point temporel) , de la durée (l'intervalle temporel)  mais aussi de la fréquence ,  sont utilisés dans la modélisation MADS. Celle-ci prévoit également le cycle de vie des objets (prévu, actif, suspendu, mort) stocké dans la base de données : il intègre l'attribution des

pictogrammes selon l'inscription de l'élément dans un temps simple (instant ou intervalle) ou complexe (ensemble d'instant ou d'intervalles) équivalant au critère temporel de la fréquence, Figure 10.

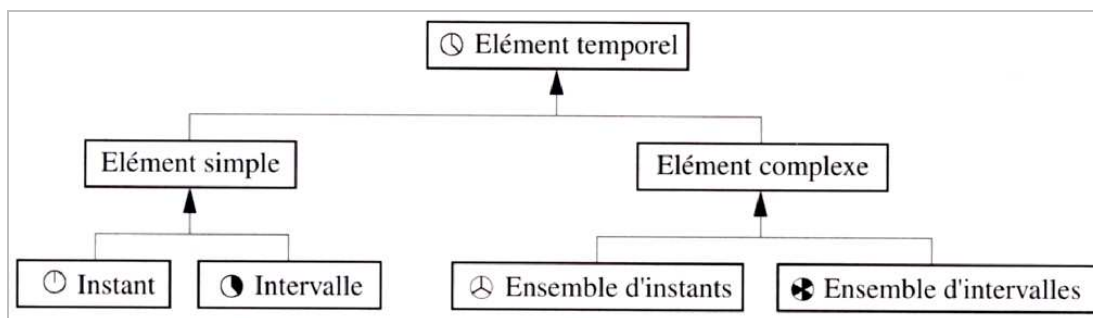


Figure 10 : Hiérarchie des types abstraits de données temporels (Vangenot et alii, 2002)

MADS prévoit également des associations à contraintes permettant de modéliser les synchronisations en intégrant les opérateurs d'Allen (1983), comme « contenu dans » $\overline{\text{H}}$, la transition d'un même objet en fonction du contexte ($\text{G}\curvearrowright$: un lac qui devient une rivière suite à la rupture d'un barrage) et même le changement total de vocation de l'entité ($\text{T}\curvearrowright$: une zone agricole qui devient constructible). Les relations temporelles sont alors affichables.

Nous utiliserons ces pictogrammes. Cependant, ils mettent peu en évidence l'ensemble des temporalités étudiées dans les chapitres précédents.

1.2.3 Démarche retenue

Afin de comprendre nos propositions et faciliter leur intégration dans GenGHIS, nous expliquons notre utilisation des langages de modélisation courants (§ 1.2.3.1) et présenterons des pictogrammes pour modéliser certaines spécificités de l'information (§ 1.2.3.2.1 et 1.2.3.2.2), et les types de représentation cartographique de cette dernière (§ 1.2.3.2.3).

1.2.3.1 Utilisation des langages de modélisation courants

Buts de la modélisation	Nos objectifs	Modélisation	Moyens
Comprendre les fonctionnements et les comportements	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre la position de l'outil de géovisualisation par rapport à la cartographie - Comprendre la méthode de cartographie - Comprendre l'information sur le risque et les événements 	<ul style="list-style-type: none"> - Modèle concernant la géovisualisation - Modèle de la méthode cartographique - Modèle du risque - Modèle de l'événement 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrammes d'objets hybrides - Diagrammes de classes hybrides - Diagrammes de classes ou objets et d'association hybrides
	<ul style="list-style-type: none"> - Répondre à la demande des acteurs en terme de consultation de l'IDE - Répondre aux besoins des acteurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Modèle de la demande - Modèle des besoins 	Diagrammes de cas d'utilisation
Structurer la BC de GenGHIS	Valorisation des spécificités de l'IDE	Modèle détaillé des spécificités de l'IDE	Diagramme d'objets et d'associations hybrides
		Modèle de l'IDE	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 3 : Apport de la modélisation à nos objectifs

Les modèles qui nous permettront de créer la BC de GenGHIS s'inspirent à la fois d'UML et d'AROM. L'utilisation de ces divers langages va s'adapter aux buts de chacun de nos modèles permettant de répondre à nos objectifs de valorisation de l'IDE et de satisfaction des besoins des acteurs (Tableau 3).

Un des buts de la modélisation est d'aider à comprendre des fonctionnements et des comportements. Ainsi, les modèles génériques des notions de risque et d'événement, les modèles de la méthode cartographique et ceux relatifs aux besoins des acteurs, se créeront à partir de diagrammes d'objets et de cas d'utilisation.

Les diagrammes d'objets se baseront sur le langage UML. Nous conservons les classes et les cardinalités (en ajoutant la cardinalité « n..* ») et les types de relation présentés dans le Tableau 1. Cependant, nous ajoutons l'orientation des relations entre les objets (utilisée dans MADS), afin de bien comprendre son sens. La qualification des relations est représentée comme les classes d'associations de type AROM afin de compléter la composition de cette dernière, en y indiquant les attributs s'il y a lieu (Figure 10 : une ou plusieurs méthodes cartographiques s'appliquent, grâce à des éléments à cartographier, sur aucune ou plusieurs formes cartographiques). Un objet peut contenir un autre objet afin d'éviter l'indication d'une relation supplémentaire « compose » ou « contient » (Figure 10 : les variables statiques, de mouvement et d'incertitudes composent l'ensemble des variables visuelles).

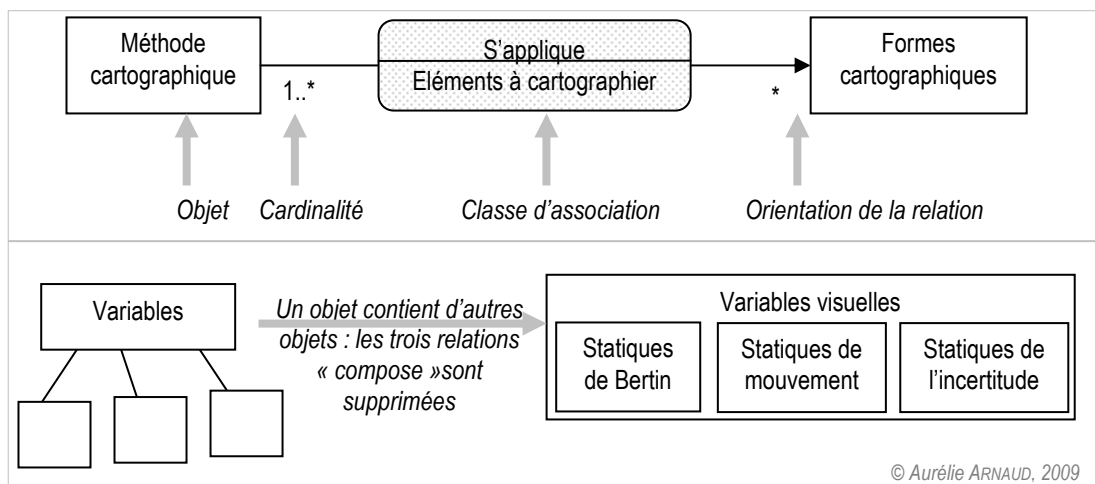


Figure 11 : Le diagramme d'objets utilisant UML, AROM et MADS

Le diagramme de cas d'utilisation se base sur le langage UML à la différence qu'une utilisation générique peut contenir d'autres utilisations plus spécifiques afin de supprimer la relation « include » ce qui réduira la taille des schémas et augmentera la compréhension globale du diagramme.

Un autre but de la modélisation est de structurer la Base de Connaissances (BC) de GenGHIS. Pour cela, des diagrammes de classes et d'associations détaillant les modèles génériques de risque et d'événement seront créés en se basant sur UML (les classes), AROM (les classes d'associations) et MADS (l'orientation des relations). Par exemple, dans la Figure 12, un ou plusieurs acteurs réalisent aucune ou plusieurs actions à une date précise mais aussi sur une durée indiquée.

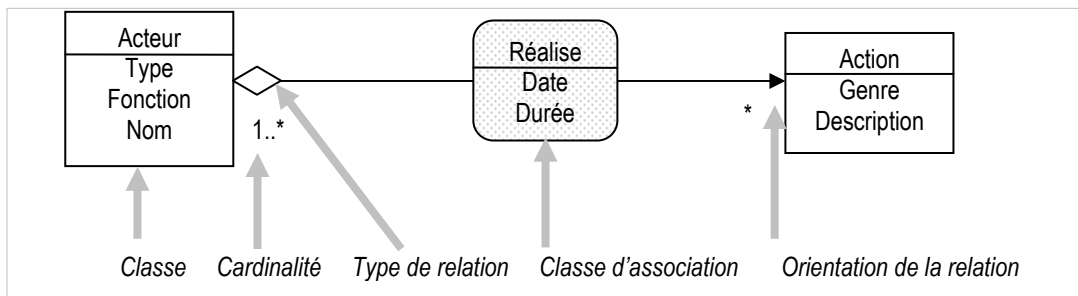



Figure 12 : Le diagramme de classes utilisant UML, AROM et MADS

La création des modèles des sections suivantes utilisera ce langage de modélisation. Elle utilisera également de nouvelles collections de pictogrammes.

1.2.3.2 Une approche par les pictogrammes

Des pictogrammes vont permettre d'indiquer si des objets sont superposés, leur type d'évolution mais aussi la forme cartographique employable pour représenter les objets.

1.2.3.2.1 Pictogrammes pour modéliser les objets superposés

Lors de processus de généralisations, des objets peuvent se chevaucher et même se cacher. Or peu de méthode de modélisation permet à ce jour de l'indiquer. En effet, un problème récurrent dans la représentation de certains objets appartenant à une même classe est la superposition, d'autant plus lorsqu'il s'agit d'éléments similaires à des dates différentes (ex. les inondations). Or aucune notification ne signale ce risque. Nous créons alors un pictogramme « superposition » dans l'esprit de la modélisation MADS :  permet désormais d'intégrer cette spécificité des objets aux modèles afin d'indiquer qu'une représentation cartographique adaptée est nécessaire.

L'ajout du pictogramme de la superposition d'objets vient enrichir la modélisation de la dimension spatiale.













1.2.3.2.2 Pictogrammes pour modéliser l'évolution des objets

Concernant les évolutions des objets et des informations contenues dans les classes, les pictogrammes temporels proposés par MADS et *Perceptory* peuvent être étendus. En effet, compte tenu des recherches des Chapitres 2 et 3, nous distinguons trois types d'évolutions :

- l'évolution temporelle qui comprend les critères temporels (dont certaines variables dynamiques) ;
- l'évolution spatiale caractérisée par les objets en mouvement dans l'espace 2D (x ; y) ou 3D (x ; y ; altitude) ;
- l'évolution thématique déterminée par des objets dont la thématique change dans un espace et un temps similaire (cas de la synchronisation et de l'ordre thématique).

La modélisation de ces évolutions composées des critères temporels (l'ordre chronologique, la vitesse, la période de retour, l'espacement temporel), des critères de

mouvements (la synchronisation, l'ordre logique, le déplacement, la vitesse) mais également des temporalités métaphoriques (linéaires, cycliques), a donc besoin d'une extension des pictogrammes afin d'indiquer les représentations graphiques et cartographiques particulières. Des pictogrammes d'évolutions sont ainsi créés (Tableau 4).

	Types d'évolutions		Pictogrammes d'évolutions
Critères temporels = évolutions temporelles	Existant en MADS et Perceptory	Moment d'occurrence	
		Durée	
		fréquence	
		Période de retour	
		Vitesse ⁶	
		Espacement temporel	
		Ordre chronologique	
Critères de mouvement = évolutions spatiales et /ou thématique		Ordre thématique	
		Synchronisation	
		Déplacement	
Temporalités métaphoriques		Cycle	
		linéaire	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 4 : Pictogrammes d'objets qui évoluent

La synchronisation est un critère qui se positionne, lors de la création d'un modèle, à plusieurs endroits :

- dans une classe, le pictogramme « synchronisation » signifie que cette classe est issue d'une conjonction de temporalités telles que nous les avons analysées dans le premier chapitre (exemple : Figure 21 – p.367).
- dans une classe d'association (exemple : Figure 19 – p.365), ou au niveau de la relation d'héritage (exemple : Figure 21 – p.367), il indique un intérêt à visualiser la synchronisation entre plusieurs objets.

La proposition de pictogrammes d'évolution permet de modéliser les évolutions des éléments à cartographier, ce qui est nécessaire pour la réalisation de requêtes temporelles.

1.2.3.2.3 Modélisation des formes cartographiques

En utilisant la représentation modélisatrice du pictogramme, il sera possible de préciser les formes cartographiques à associer aux objets. Ceux-ci s'appliqueront lors de la modélisation de la représentation des entités du SIRN et plus précisément des SIHREN (Section 3 : Tableau 16 – p.421 et Tableau 18 – p.423).

La création des pictogrammes s'est réalisée en utilisant une forme de base qui représente une carte (un polygone) puis un point qui représente un objet pouvant être mobile (duplication du point en faisant varier sa valeur). Des carrés noirs représentent des boutons, témoins d'un environnement interactif. La flèche indique une possibilité d'interagir sur le

⁶ Le terme « vitesse » est préférable à « rapidité d'exécution » ou « taux de changement », vocabulaire peu employé mais aussi moins évocateur dans le langage des cartographes français.

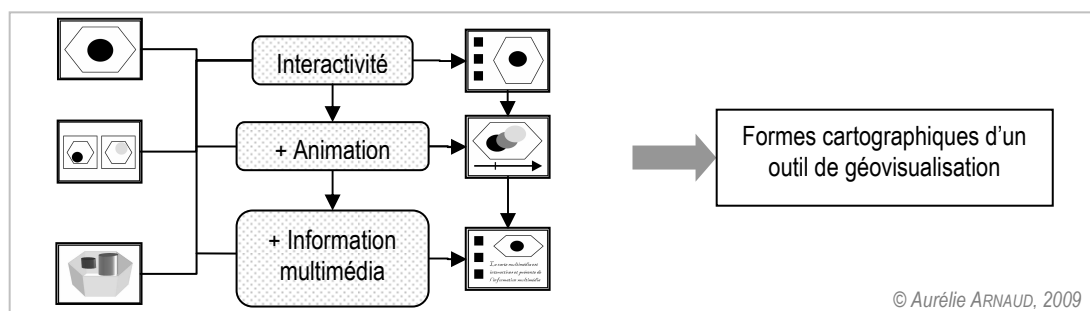
temps et la carte. Un texte témoigne de l'inclusion d'informations multimédias. Des formes 3D représentent une carte 3D⁷ (Tableau 5). Chacun de ces pictogrammes indique la possibilité de découvrir certaines spécificités de l'information (cf. Chapitre 3 : Section 3 – p.317).

Pictogrammes	Formes cartographiques	Consultation de spécificités
	Carte statique 2D	Information spatialisée ciblée
	Collection de cartes statiques	Information spatio-temporelle
	Carte 3D statique : ex. <i>cube spatio-temporel</i>	Information spatio-thématique (dont temporelle)
	Carte animée non interactive	Information spatio-temporelle
	Carte statique 2D ou 3D mais interactive	Navigation dans encore plus d'information (dont la méta-information)
	Carte dynamique	Information spatio-temporelle
	Carte multimédia	Navigation dans l'information multimédia localisée

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 5: Formes cartographiques

La carte statique, la collection de cartes et la carte 3D constituent les formes de base qui s'accompagnent d'environnement interactif mais aussi animé afin de composer des cartes interactives et des cartes dynamiques. Enfin, l'introduction de l'information multimédia en fait des cartes multimédias (Figure 13).



© Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 13 : Pictogrammes des formes cartographiques d'un outil de géovisualisation

La carte animée n'apparaît pas puisqu'elle constitue un intermédiaire dans la construction de cartes dynamiques. Elle est présente dans l'interface de visualisation du SIRN, mais se consulte systématiquement à travers un environnement interactif, donc sous la forme d'une carte dynamique.

1.3 Cheminement vers un SIHREN

La démarche méthodologique empruntée détient comme point de départ la demande des acteurs en terme d'outil de géovisualisation, pour ensuite s'achever sur la conception d'un

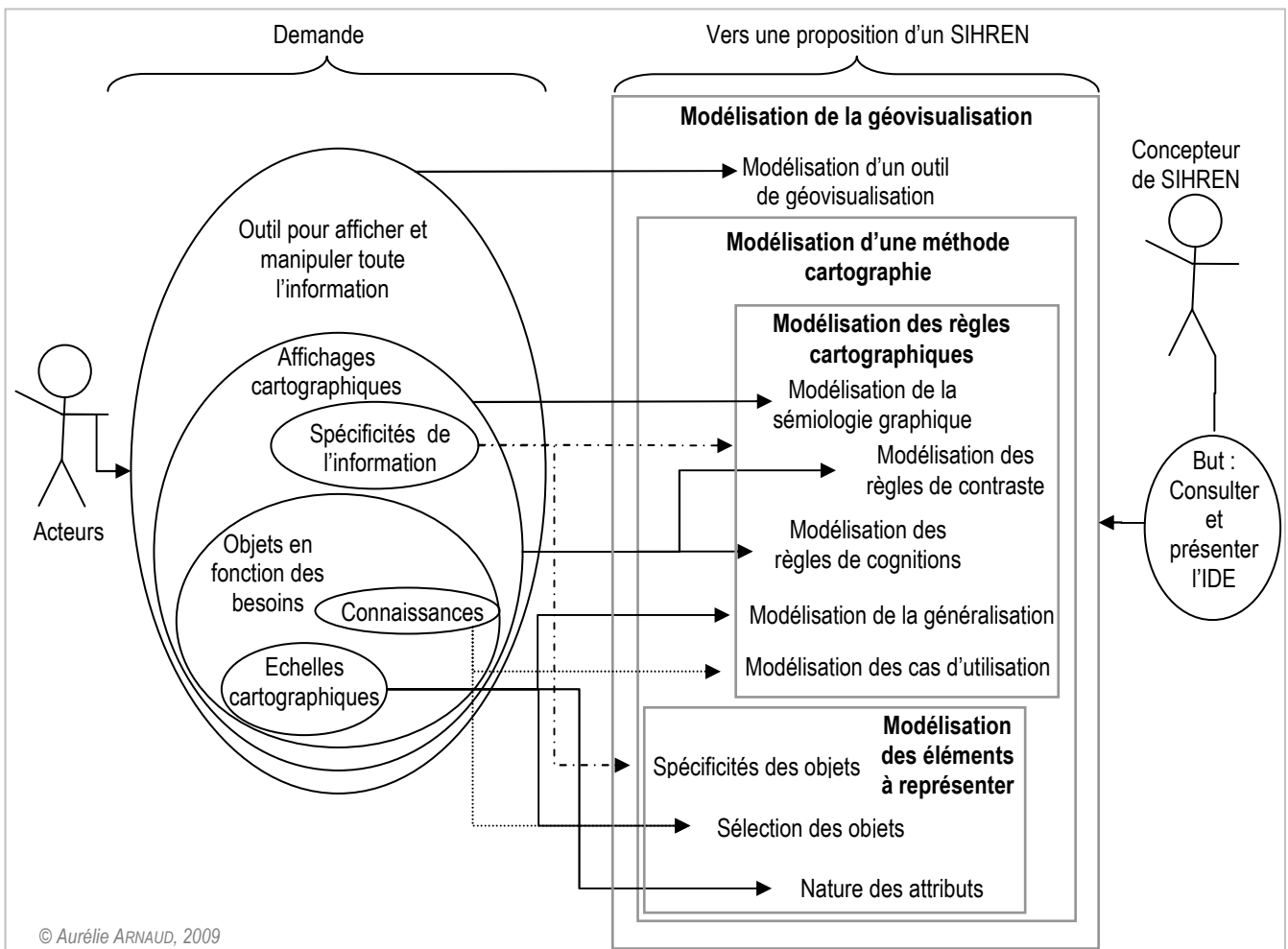
⁷ Nous avons nommé « carte 3D » les cartes spatio-temporelles ou spatio-thématiques inspirées du cube en trois dimensions de Kraak et Gatalsky (2003 ; cf. Chapitre 3, p.334) qui montre simultanément l'espace et le temps. Nous y reviendrons en détail dans la section suivante.

SIHREN adapté à leurs besoins de gestion de territoires à risque. De quoi est constituée la demande en terme d'outil de géovisualisation (§ 1.3.1) ? Où se positionne ce dernier dans un contexte de géovisualisation dont le but est de mieux comprendre les territoires (§ 1.3.2) ?

1.3.1 La demande des acteurs en terme d'outil

L'utilisation des techniques de géovisualisation et la méthode cartographique que nous proposons sont issues de la demande d'acteurs de la couronne grenobloise. L'identification de celle-ci a été révélée une première fois en 2002 (Arnaud, 2002), puis régulièrement actualisée grâce à des observations, des discussions et la lecture d'articles scientifiques (Annexe 7).

Cette demande se traduit en terme d'outil d'affichage et de manipulation de l'IDE dont des affichages cartographiques. Plus précisément, les acteurs désirent observer l'affichage des spécificités de l'information (définies dans le Chapitre 2) mais également l'affichage de certains objets (définies dans le Chapitre 1 et 2) en fonction des besoins liés à la gestion de territoires à risque intégrant des visualisations adaptées aux échelles cartographiques mais aussi aux niveaux de connaissances en terme de risque (Figure 14 : partie « demande »).



© Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 14 : Demande en terme de consultation de l'information

La compréhension des moyens de satisfaction de la demande va se réaliser à travers la création de modèles (Figure 14 : partie « proposition ») qui nous aiderons à cheminer jusqu'à un SIHREN (cf. Section 4 – p.415). La méthode proposée prend en compte notre objectif de valoriser l'information à travers un outil capable de la rendre consultable grâce à des présentations adaptées. Pour cela, un premier modèle de géovisualisation permet de situer le positionnement de l'outil de géovisualisation (qui permettra la consultation) et de la méthode cartographique (qui permettra d'élaborer les présentations) dans son environnement technologique et problématique : la compréhension des événements sur un territoire. La modélisation de l'outil de géovisualisation (à terme le SIHREN généré par le GenGHIS) présente les formes cartographiques et leurs interrelations ainsi que la position des fonctionnalités qui permettent de consulter l'information (Section 2 – p.361). Ensuite, la modélisation de la méthode de cartographie permet aux concepteurs des SIRN de comprendre puis d'appliquer tous les paramètres en terme de sémiologie graphique qu'il est nécessaire de prendre en compte pour représenter les spécificités et thématiques⁸ liées à l'IDE (Section 3 – p.387 et Section 4 – p.415).

Les modèles annoncés vont être créés grâce aux études du Chapitre 1 (choix des objets à représenter et ontologie de l'événement), du Chapitre 2 (besoins d'alimenter des connaissances et spécificités de l'information) et du Chapitre 3 (potentiels des règles cartographiques et de la géovisualisation). Ceux-ci permettent d'intégrer de nombreuses données et informations (de premier comme de deuxième ordre, même non disponibles actuellement) dans la base de connaissances GenGHIS. L'outil sera alors capable de s'adapter aux évolutions de la demande et de l'information susceptible d'être récoltées demain.

1.3.2 Situation environnementale de l'outil : la géovisualisation

Ce paragraphe permet de resituer la position de l'outil de géovisualisation dans la notion globale de géovisualisation exposée dans le Chapitre 3 (Figure 26, p.325) afin de bien appréhender l'intégration de notre démarche dans une problématique générale de compréhension des territoires.

L'outil de géovisualisation que nous cherchons à élaborer est immergé dans un environnement technologique : interactivité, animation et intégration de l'information multimédia. Celui-ci s'applique à l'outil de géovisualisation mais aussi à la méthode cartographique. Cette dernière s'appliquera aux objets définis dans les modèles du risque et de l'événement qui organisent la BC. La Figure 15 met bien en évidence que la conception du SIHREN généré par GenGHIS se compose de fonctionnalités (§ 2.3), de l'organisation de la BC de GenGHIS et d'une méthode cartographique (Section 3). Nous rappelons que ces trois éléments sont le cœur de notre proposition.

⁸ L'information thématique sera parfois nommée « information classique » en opposition à l'information spécifique (l'incertitude, le temps, ...).

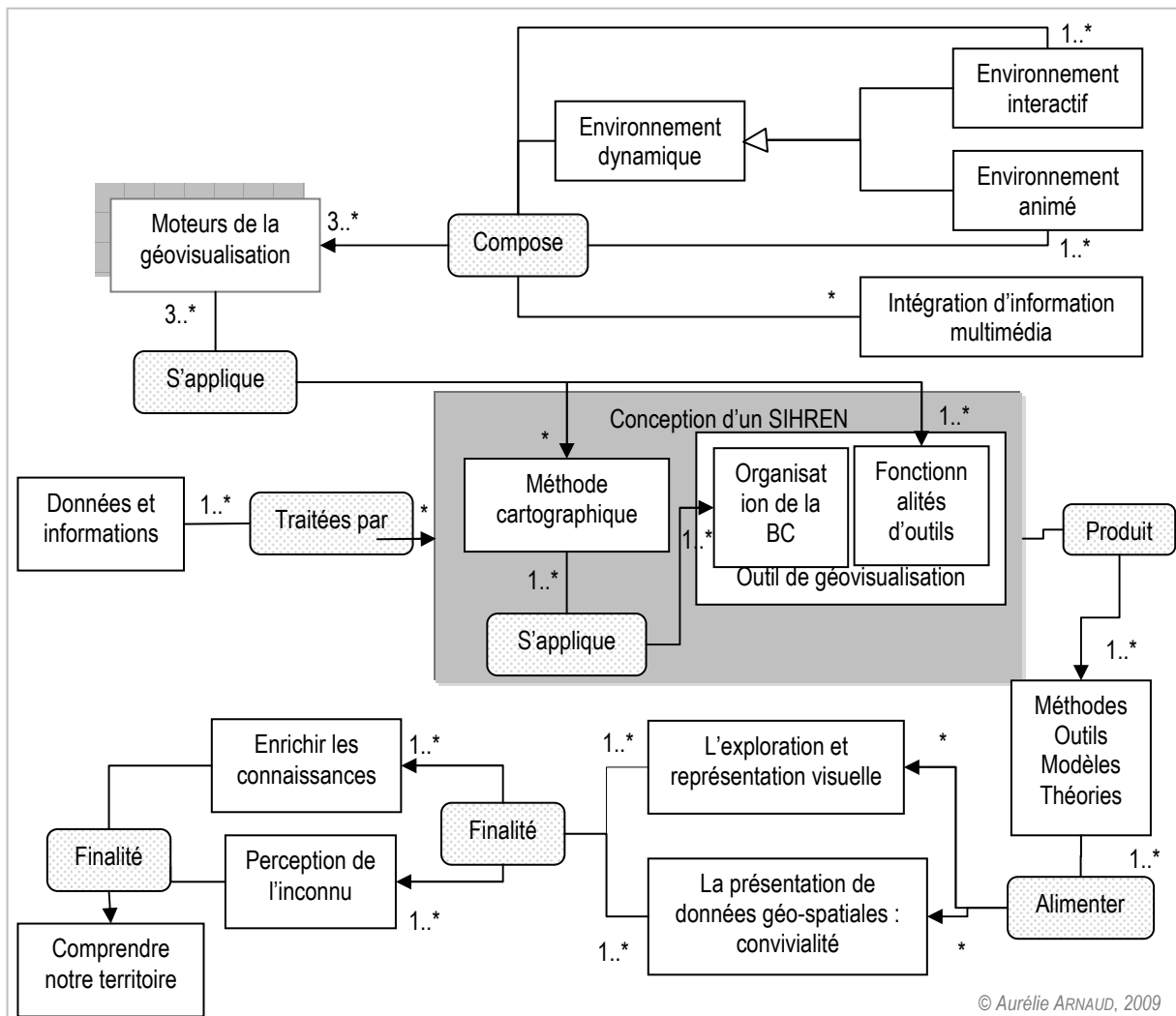


Figure 15 : Géovisualisation dans son contexte technologique

Cette présentation de la méthodologie empruntée (les modèles hybrides et les éléments de modélisation spatio-temporels) va maintenant ouvrir l'accès à une proposition de fonctionnalités d'un outil de géovisualisation permettant de consulter l'information, ainsi qu'une méthode de cartographie capable d'améliorer la compréhension de celle-ci.

Section 2. Vers l'outil de géovisualisation SIHREN

Afin de glisser vers la conception d'un outil de géovisualisation de type SIRN un questionnement se doit d'être éclairci : de quoi est composé un outil de géovisualisation ? Quels aspects doivent être développés en priorité pour valoriser l'IDE ?

Le premier objectif de cette section est tout d'abord d'organiser l'information pour faciliter sa consultation. Pour cela, il sera nécessaire de proposer une interface qui permette la réalisation de fonctionnalités. Ces aspects paraissent comme la première phase urgente à développer : la consultation (les fonctionnalités). Nous nous attarderons sur le second aspect important : l'affichage de l'information spatiale (la cartographie), dans la Section 3. Nous rappelons que la consultation et l'affichage de l'information jouent un rôle central dans la valorisation de l'IDE, mais également dans l'analyses de l'information (cf. le bilan des fonctionnalités réalisables dans SIHREN : Section 4).

Une première sous-section propose une structuration de l'information dédiée au risque et aux événements. Une seconde sous-section décrit l'interface graphique de visualisation générique aux SI générés par GenGHIS, à partir de laquelle les utilisateurs accéderont à l'IDE grâce à la réalisation de fonctionnalités adaptées, proposées dans une troisième sous-section.

2.1 Structurer une BC pour GenGHIS : du SIRN au SIHREN

L'information récoltée et décrite dans le Chapitre 2 nécessite d'être structurée pour ensuite intégrer la BC utilisée par GenGHIS. Cette phase de conception de SI implique la création de modèles concernant l'information que nous traitons tout en considérant notre problématique de départ : la valorisation de l'Information Dédicée aux Événements (IDE) pour la gestion de territoires à risque.

L'objectif général de cette première sous-section est de structurer la BC. Pour cela, il est nécessaire de modéliser l'information dédiée au risque. L'implémentation des modèles dans la BC de GenGHIS fondera une base de conception de SIRN. Afin de valoriser l'IDE d'autres modèles doivent également être créés. Leur intégration dans la BC, en prolongement des modèles sur l'information du risque, formera une extension qui fondera une base de conception de SIHREN (Figure 16).

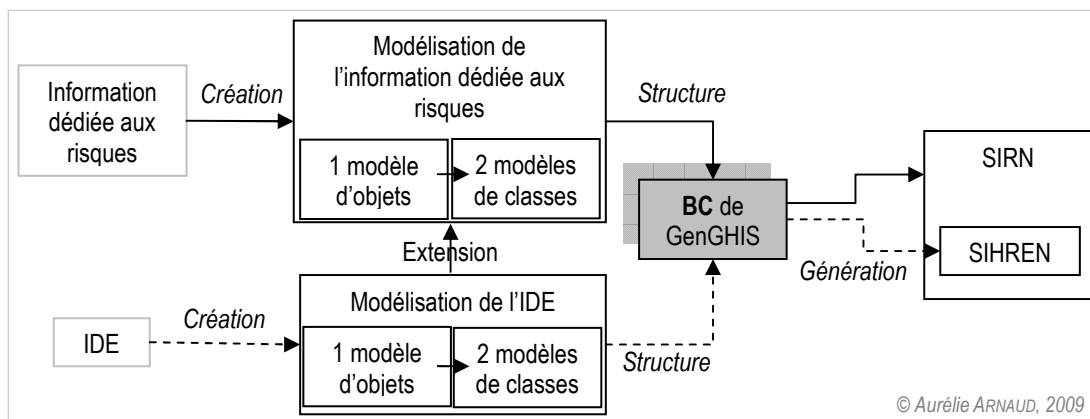


Figure 16 : De l'information aux SI générés par GenGHIS

Les modèles objets de la Figure 16 sont des diagrammes présentant une modélisation générale des informations dédiées au risque et aux événements. Des diagrammes de classes les détailleront ensuite. Ils feront apparaître les critères d'évolution des objets contenus dans celles-ci grâce à des pictogrammes apparaissant dans la classe, devant les attributs ou au niveau d'une classe d'association. Les classes et les listes d'attributs ne sont pas exhaustives. Il sera possible d'en ajouter selon les thématiques et problématiques traitées.

Les modèles sur l'information dédiée au risque sont créés dans le paragraphe § 2.1.1. Les modèles de l'IDE qui se raccordent à ces derniers sont ensuite présentés dans le paragraphe §2.1.2.

2.1.1 Modélisation de l'information dédiée au risque pour SIRN

La modélisation de l'information dédiée au risque et plus précisément aux risque naturel, se construit à partir des définitions précises proposées dans le premier chapitre : la définition de risque (p. 45), de vulnérabilité (p. 57) mais également celle de l'élément exposé (p. 56). La Figure 17 montre que l'information sur le risque est composée de l'information sur les aléas. Celle-ci contient de l'information sur les espaces physiques (ex. la géologie, la végétation), mais aussi sur les vulnérabilités d'éléments exposés. Celles-ci ne peuvent pas exister sans la présence d'un ou plusieurs aléas. Elles n'ont pas non plus lieu d'être sans leur support : l'élément exposé. L'information sur les éléments exposés décrit un ou plusieurs enjeux (un degré d'indispensabilité) déterminés chacun d'eux en fonction d'un contexte de risque (ex. un contexte de gestion de risque : prévision/prévention ou un contexte d'alerte).

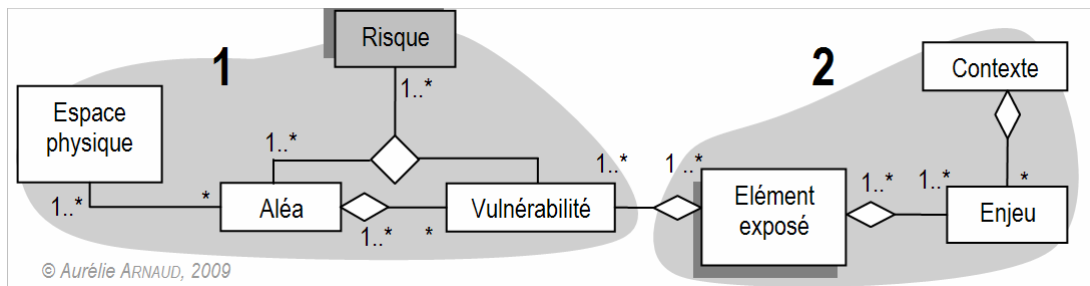


Figure 17 : Information dédiée au risque

Les paragraphes qui suivent détaillent le modèle ci-dessus : la partie 1 du modèle est

présentée dans la Figure 18 et la partie 2 consacrée à l'élément exposé dans la Figure 19.

2.1.1.1 De l'information dédiée au risque...

La modélisation de l'information dédiée au risque se base sur les définitions du premier chapitre qui présente le risque, l'aléa et la vulnérabilité (Figure 18).

Les classes apparaissant en gris sont celles liées au modèle global intégrant l'information sur les événements (Figure 20 – p.366).

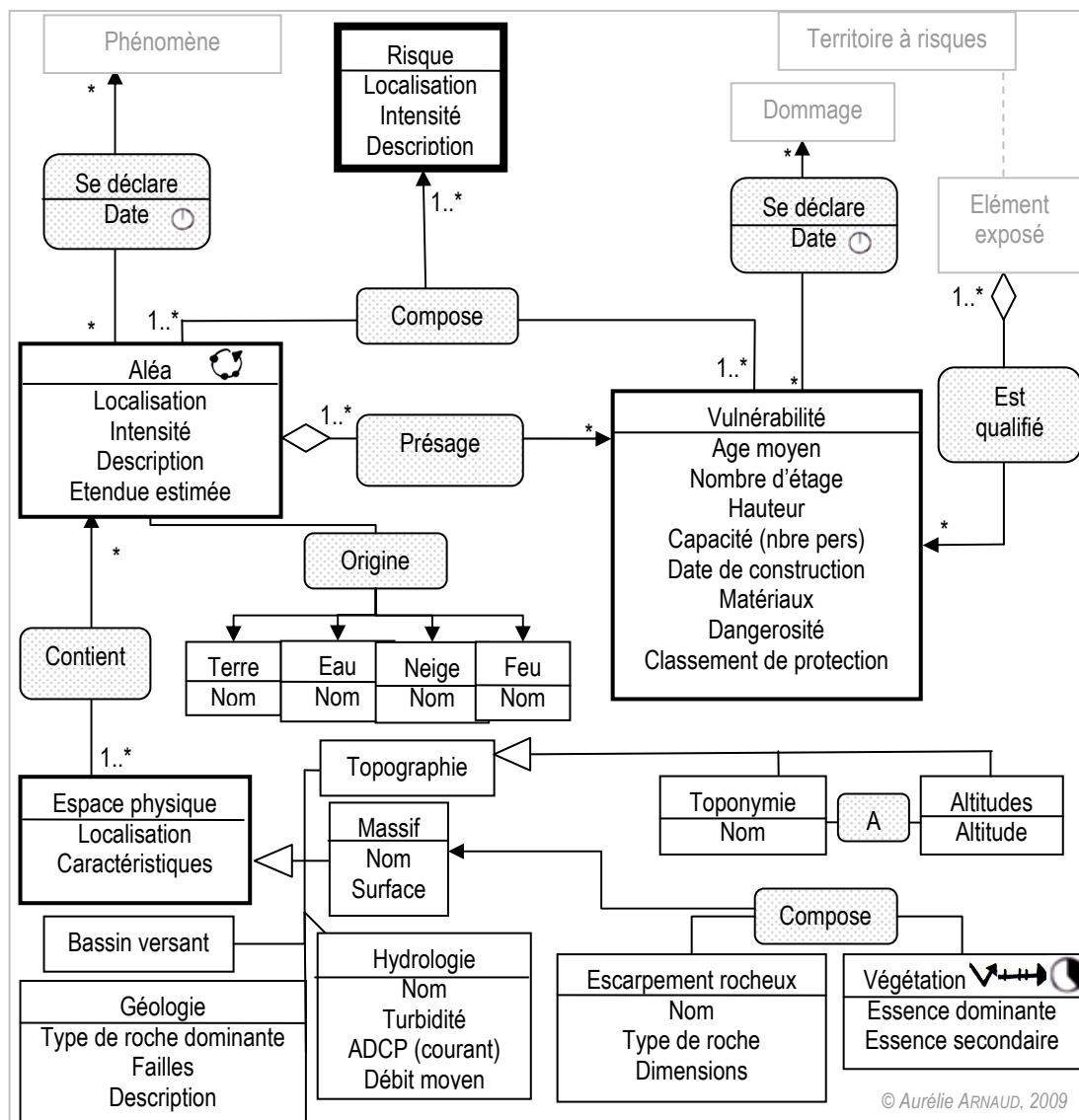


Figure 18 : Modélisation détaillée de l'information dédiée au risque

La classe « risque » contient l'information relative à la « localisation » de ce risque, son « intensité » si elle a été définie et sa « description » contenant l'information sur les origines de ce risque (ex. une inondation, une construction exposée), et les fondements de la définition de son intensité (ils peuvent varier en fonction d'un groupe de chercheurs).

Dans la classe « vulnérabilité », les attributs concernent l'information sur les entités relatives aux éléments exposés (corporel ou physique : Figure 18 et 19). L'attribut « âge

moyen » se rapporte à un élément exposé corporel, tandis que les autres (le nombre d'étages, la hauteur, la capacité, la date de construction les matériaux et la dangerosité) sont des informations relatives à un élément exposé physique. La « dangerosité » correspond à un classement particulier, par exemple « Seveso » pour un site industriel. Le « classement de protection » peut correspondre à une ZNIEFF⁹.

L'information sur l'aléa est renseignée en premier lieu par son origine. Dans notre cas, les chutes de blocs sont d'origine « terre » et les inondations d'origine « eau ». Ses attributs sont la localisation de l'aléa, son intensité, sa description (comprenant par exemple des informations sur la définition de son intensité, ou encore récapitulant les classes la composant) et son étendue estimée. L'« aléa » est également qualifié par des informations sur son « espace physique ». Chaque élément de l'espace est localisé et décrit (ex. informations générales sur le climat). Les classes qui renseignent l'espace physique sont ici choisies en fonction des événements éboulements et inondations ici étudiés. L'information sur la topographie, le massif, l'hydrologie, le bassin versant et la géologie renseigne cet espace physique. Toutes ces informations sont localisées, et l'acteur peut choisir de travailler sur un de ces découpages spatiaux. Quant à la classe « toponymie », elle permet de nommer des sommets, des vallées et des sites remarquables (ex. une forêt) qui en sont des sous-classes, afin de faciliter les recherches par noms de lieux.

Le prochain modèle s'intéresse particulièrement à l'élément exposé doté d'une ou plusieurs vulnérabilités.

2.1.1.2 ...à l'information sur les éléments exposés

La Figure 19 présente les objets qui composent l'élément exposé : les éléments exposés physiques et corporels, les dommages et le contexte qui affecte l'élément exposé à travers un niveau d'enjeu.

La classe « élément exposé physique » est renseignée par la localisation de celui-ci, son adresse (ex. 38240, Meylan), son nom (ex. Caserne des pompiers), son type (ex. bâti, réseau de communication), sa fonction (ex. secours en cas de dommages) et son emprise au sol.

L'élément exposé physique se subdivise en quatre sous-classes : le bâti, les espaces libres, les réseaux de communication et les véhicules. Cette classification a été déterminée en fonction des temporalités des objets. Le bâti, les espaces libres de constructions et les réseaux de communication sont statiques à l'échelle généalogique, tandis que les véhicules sont en mouvement constant à l'échelle journalière (tout comme les éléments exposés corporels). Les espaces libres sont composés par exemple d'espaces verts et de parkings. Ceux-ci sont isolés du bâti à cause de leur fonction de stockage hydrologique dans le cadre, par exemple, d'inondations (les espaces verts essentiellement), mais également leur fonction d'accueil de population en cas d'urgence (ex. l'aménagement de refuges en cas de séismes dévastateurs). Les réseaux de communication sont également distingués du bâti puisqu'ils

⁹ Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique.

détiennent une importance stratégique centrale dans tous les contextes de risque (le flux de personnes, des secours, d'électricité, etc.).

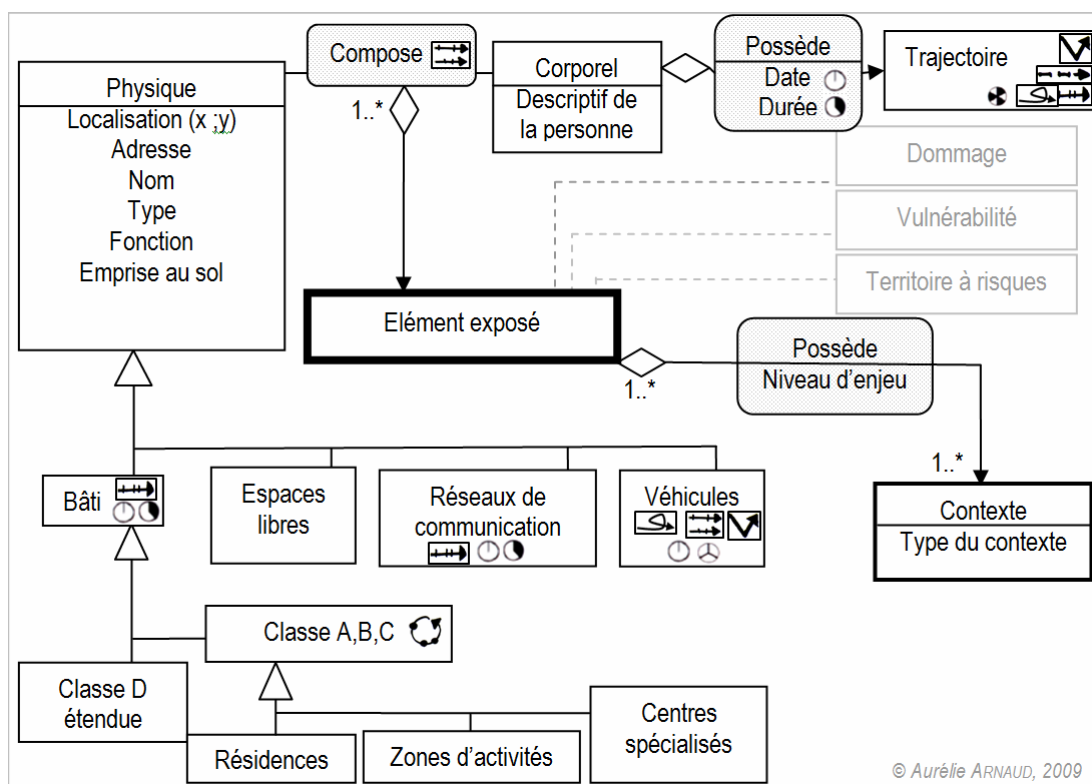


Figure 19 : Modélisation détaillée de l'information sur les éléments exposés

Le bâti¹⁰ est encore divisé en sous-classes dont le choix se doit également d'une explication. En France il existe plusieurs classifications des bâtiments. Les classes A,B,C,D prennent en compte la capacité d'accueil des bâtiments (catégories 1,2,3 et 4 : Annexe 8) mais également la longueur du séjour, la hauteur du bâtiment, la production industrielle et l'enjeux dans un contexte de gestion de risque (Annexe 8). Par exemple, la classe D comprend les bâtiments dont l'enjeu dans un contexte de risque, tel que nous l'avons défini dans le Chapitre 1, est fort : bâtiments liés à la sécurité civile, aux secours, à la défense, à la santé, etc. (Annexe 8). Cependant, il semble intéressant, compte tenu de la demande des acteurs, d'ajouter à cette classification un paramètre temporel et une contrainte d'évacuation selon la mobilité des personnes (jeunes enfants, personnes handicapées, etc.).

Afin de traduire ces paramètres dans le modèle, nous isolons les bâtiments de classe D à cause de leur importance centrale dans un système de gestion du risque. Cette classe contient les éléments édictés par l'arrêté du 29 mai 1997 (Annexe 8) ; mais elle est étendue aux ouvrages dont la destruction engendrerait des événements en chaîne (ex. la destruction d'ouvrages de protection, la rupture d'un barrage hydraulique, une faille d'une centrale atomique, une faille d'un réservoir contenant des produits dangereux ou inflammables tels qu'en possèdent les stations services), ou des blocages majeurs (ex. la rupture d'un pont qui

¹⁰ L'appellation bâti à la place de « bâtiment » est volontaire afin d'inclure les monuments ayant un intérêt patrimonial particulier mais qui ne sont pas de bâtiment (ex. œuvres d'art, statues, fontaines).

permet la circulation des secours, la rupture d'une ligne à haute tension). D'autre part, le bâti hors « classe D étendue » se divise en trois sous-classes qui dépendent de trois temporalités de concentration humaine cyclique. Les résidences possèdent une forte concentration la nuit tandis que les zones d'activités (les commerces, les entreprises, les bâtiments scolaires, les administrations) sont fréquentés le jour, et les centres spécialisés (les maisons de retraites, les maisons de repos, les prisons, les hôpitaux psychiatriques etc.) sont habitées nuit et jour. Ces centres présentent une fragilité dans le cas d'une évacuation d'urgence, c'est pourquoi nous les isolons.

Les éléments exposés corporels peuvent contenir de l'information sur les trajectoires effectuées à un moment donné dans un contexte de risque. Cette classe permet d'intégrer les travaux de la *time geography* sur les comportements de personnes et leur représentation cartographique.

2.1.2 Modélisation de l'IDE pour SIHREN

La modélisation de l'IDE (Figure 20) est une extension du modèle d'information dédiée au risque (Figure 17). Elle se greffe sur ce dernier en intégrant également la notion de territoire à risque. Elle s'appuie sur les définitions et les schémas du premier chapitre : la définition d'événement issu de risque (Figure 9 - p.95) mais également celle de territoire à risque (Figure 7 - p.65).

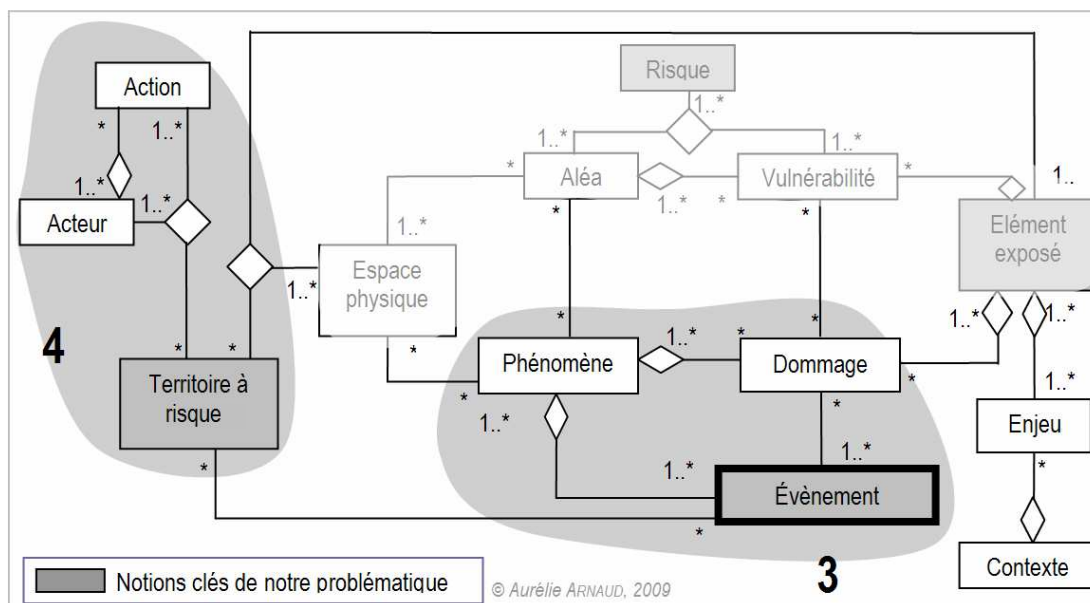


Figure 20 : L'IDE (extension du modèle d'information dédiée au risque)

L'évènement, objet central de notre problématique se compose d'au moins un phénomène et d'un ou plusieurs dommages provoqués par la déclaration d'un risque dans la réalité (cf. Chapitre 1). Le territoire à risque est, quant à lui, composé simultanément d'au moins un espace physique et d'un élément exposé, tous deux supports du risque ; mais également d'aucun ou de plusieurs évènements. Afin d'assurer une gestion correcte du territoire, un ou plusieurs acteurs réalisent une à de nombreuses actions. C'est cet acteur qui va utiliser le SIHREN que nous sommes en train de concevoir.

L'information qui alimente ces deux dernières notions clés de notre recherche (événement et territoire à risque) est alors modélisée en détail : l'information dédiée à l'événement dans la partie 3 de la Figure 20, et l'information des territoires à risque dans la partie 4 de la Figure 20.

2.1.2.1 De l'information dédiée aux événements...

L'IDE est composée de l'information sur les dommages causés par un phénomène à une certaine date, et de l'information sur celui-ci (Figure 21).

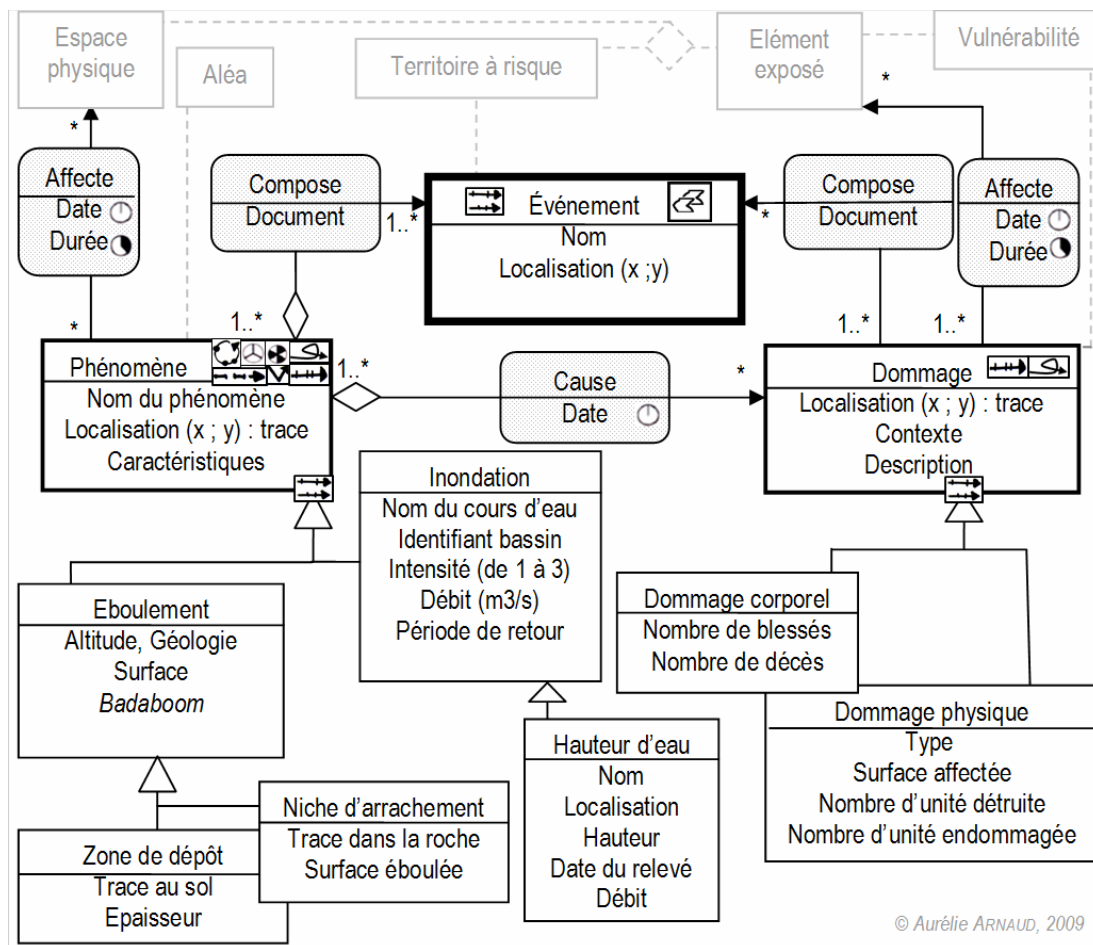


Figure 21 : Modélisation détaillée de l'IDE

Le Chapitre 1 montrait qu'un événement était issu d'une conjonction de temporalités entre l'espace physique et les éléments exposés (Chapitre 1 : Figure 12, p.103). Cette relation est traduite par un pictogramme « synchronisation » au niveau de la classe « dommage » qui en est la résultante.

La classe « événement » est qualifiée par un nom (ex. l'avalanche de Montroc) et une localisation (coordonnées géographiques). Ce même signe au niveau de la classe de « phénomène » et de « dommage » indique des fluctuations de conjonctions temporelles entre les classes héritées (ex. apparition des inondations en même temps puis des éboulements).

La classe « phénomène » affecte un espace physique à une date et une durée plus ou moins précise. Les attributs sont le nom du phénomène, sa localisation, ses caractéristiques (des renseignements non récurrents qui ne nécessitent pas la création d'une classe mais qui doivent être mentionnés). Dans notre cas, les éboulements et les inondations sont les thématiques des informations récoltées. En effet, leur choix est fonction de l'information récoltée auprès des scientifiques géologues (Freysine *et al*, 2006) et de l'historien spécialiste des inondations (Cœur, 2003), partenaires du projet SIHREN. La classe « éboulement » hérite de la niche d'arrachement (trace dans la roche et surface éboulée) mais également d'une zone de dépôt (trace de l'éboulement sur le sol et épaisseur). L'attribut *Badaboom* indique une liaison aux données de ce logiciel appartenant au laboratoire de géologie (LGIT, anciennement IRIGM : cf. introduction) et contenant de nombreuses informations et données sur les éboulements de la couronne grenobloise. La classe inondation hérite des hauteurs d'eau relevées en certains points lors de crues et de décrues. De nombreux attributs temporels sont modélisés dans la classe « phénomène ». En effet, nous avons découvert leur diversité dans le premier et deuxième chapitre. Nous détaillons cet aspect lors de leur cartographie dans SIHREN.

Cette classe « dommage » qui affecte les éléments exposés, hérite de deux types de dommages, corporel et physique, choisis selon les définitions analysées dans le premier chapitre.

2.1.2.2 ...à l'information sur les territoires à risque

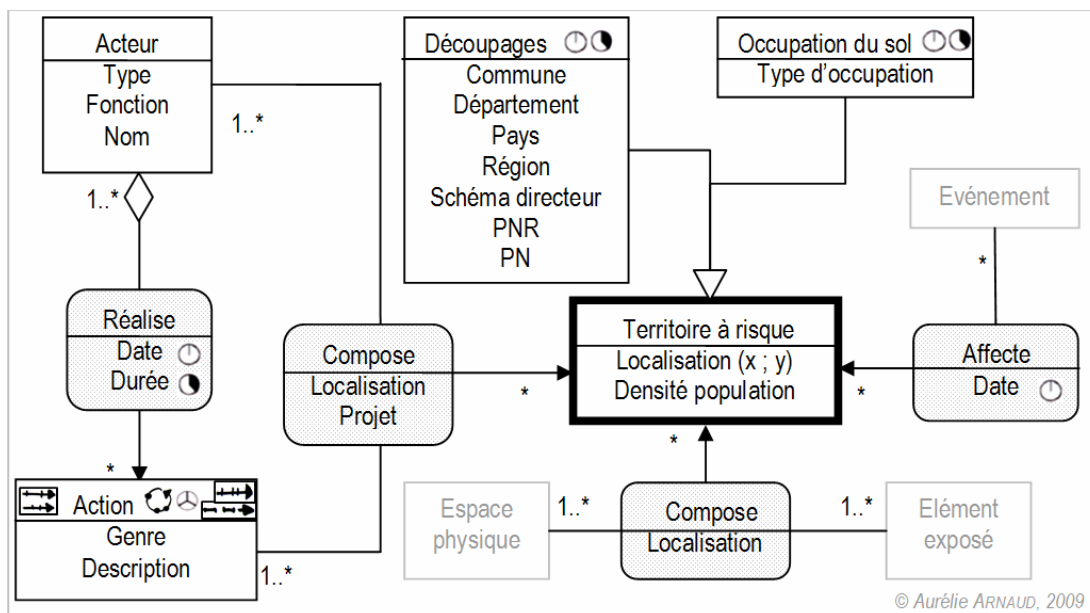


Figure 22 : Modélisation détaillée de l'information de territoires à risque »

La création du modèle détaillé de territoire à risque (Figure 22) est issue de la définition élaborée dans le premier chapitre. Cette modélisatrice ajoute ici les mécanismes de son développement, c'est-à-dire les acteurs qui réalisent des actions.

Les territoires à risque, qualifiés de coordonnées géographiques et d'une densité de

population, héritent d'un ou plusieurs découpages territoriaux et d'occupations du sol. Ils sont issus d'une synchronisation de plusieurs actions territoriales.

La modélisation de l'information est prête à être implémentée dans la BC de GenGHIS afin de générer des SIRD et des SIHREN. Cependant, il est nécessaire de mener une réflexion sur une interface de visualisation qui va permettre de l'afficher.

2.2 Interface de visualisation générique aux SI de GenGHIS

Afin d'afficher et consulter l'information qui alimente la BC, les SI générés par GenGHIS reposent sur une interface à trois fenêtres permettant de réaliser des fonctions diversifiées (spatiales, temporelles et attributaires, mais aussi combinées entre elles) permises par le principe d'orthogonalité de GenGHIS expliqué dans la Section 1, et une cartographie adaptée aux besoins.

La modélisation des modes d'utilisation d'un outil de géovisualisation (Figure 23) est déduite d'une demande formulée par les acteurs (Annexe 7 et enquêtes : Arnaud, 2003).

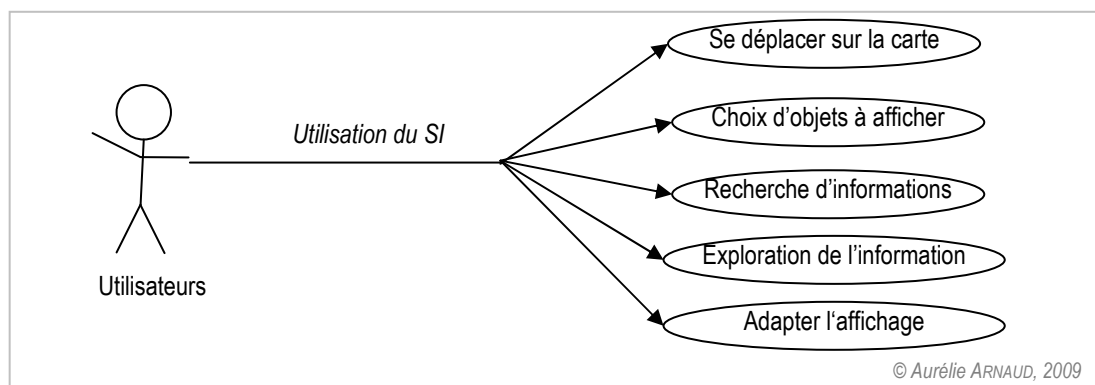


Figure 23 : Demande en terme d'utilisation d'un outil de géovisualisation

La réponse à cette demande (Figure 23) s'effectue en plusieurs temps :

1. premièrement, en proposant un affichage générique de systèmes d'information à travers une interface permettant de positionner les grandes attentes des utilisateurs, à savoir l'affichage des spécificités de l'information mais aussi l'affichage d'objets en fonction d'échelles cartographiques et de leurs connaissances (Figure 24) ;
2. deuxièmement, en développant des fonctionnalités adaptées à la demande (cf. sous-section suivante).

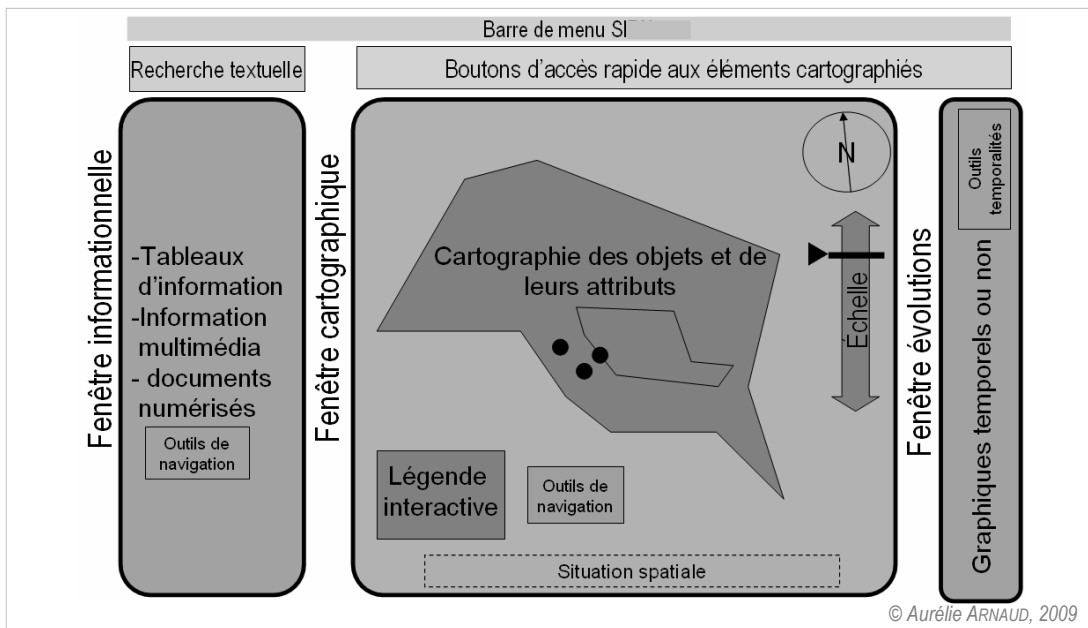


Figure 24 : Interface d'affichage des outils de géovisualisation générés par GenGHIS

L'interface ci-dessus s'inspire du principe d'orthogonalité (Cf. Section 1) présent dans les prototypes SPHERE et SIDIRA (cf. Chapitre 3 : Section 3 – p.317). Elle utilise également toutes les techniques et méthodes d'interactivité développées dans le troisième chapitre et récapitulées dans la Figure 13 – p.355. Les Systèmes d'information sont composés de trois fenêtres interactives : la fenêtre informationnelle réservée à l'affichage de l'information multimédia, la fenêtre cartographique qui contient la/les carte(s), et la fenêtre évolutions présentant des graphiques temporels ou non-temporels, plus ou moins complexes.

Par rapport aux prototypes existants, les SI générés par GenGHIS apportent un certain nombre d'améliorations que nous étendons à notre tour afin de mieux exploiter les potentialités de la géovisualisation :

- la « fenêtre documentaire » conserve l'affichage de l'information de premier ordre (tableaux d'informations et de données) et de deuxième ordre (documents multi-formats). Cet affichage est étendu à la méta-information. Quatre onglets permettent alors de visualiser des tableaux de données et d'informations, les documents multi-formats, l'incertitude des éléments et de leurs attributs, mais aussi l'information d'identification. L'affichage de cette information multimédia est davantage interactive : à partir de cette dernière, l'utilisateur peut afficher des cartes multimédias. Il est également possible de consulter les documents relatifs à un lieu ou un nom recherché en fonction d'un média ou un format de document. Le nom de « **fenêtre informationnelle** » paraît alors plus approprié puisque qu'elle comporte bien plus que des documents ;
- la « fenêtre spatiale » est étendue à la représentation de phénomènes de manière animée mais également en trois dimensions afin de mettre en valeur l'aspect spatio-temporel des éléments cartographiés en affichant des cartes animées et 3D. Cette dernière forme cartographique s'active à partir d'un outil situé dans cette même fenêtre. Celle-ci est accompagnée d'une légende interactive permettant de

choisir des couches d'informations à afficher. Des onglets cartographiques et des outils de navigation (déplacement sur la carte, zoom sélectif et enregistrement d'une vue qui s'affiche dans un onglet) sont ajoutés. L'intégration du nord ainsi que l'échelle à curseur semblent également indispensables. Cette fenêtre contenant des cartes est à présent qualifiée de « **fenêtre cartographique** » car elle montre bien plus que des espaces, elle affiche systématiquement des objets géo-référencés même si le fond de carte est une orthophotographie ;

- la « fenêtre temporelle » est étendue à la représentation graphique d'évolutions de phénomènes non temporels. Cette fenêtre se nomme alors désormais « **fenêtre évolutions** ». Celle-ci permet donc de rendre compte de tous les phénomènes évolutifs, non seulement dans le temps mais aussi par rapport à d'autres aspects comme le territoire (ex. des volumes de roches éboulées pour les communes sélectionnées). L'animation des graphiques de cette dernière est synchronisée avec l'animation cartographique composant de véritables cartes dynamiques. L'affichage des évolutions temporelles se réalise à travers les outils d'animation intégrés aux « outils temporalités » qui proposent des fonctionnalités avancées d'affichage des temporalités de l'information ;
- Hormis ces trois fenêtres, d'autres outils sont intégrés : un outil de recherche textuelle, des boutons d'accès direct à des thématiques spécifiques et cartographiées, enfin, une barre de menus qui permet de gérer certains aspects usuels classiques (enregistrements de vues, retour à une vue précédente, gestion de l'affichage des barres d'outils, etc.).

Cette grande utilisation de la géovisualisation va permettre de réaliser des fonctionnalités spatiales, temporelles et attributaires détaillées dans la sous-section suivante. Celles-ci correspondent à la demande des utilisateurs. Elles seront évaluées dans la dernière section.

L'interface que nous venons de découvrir peut être générique à la génération de tout SI par GenGHIS, en revanche, les fonctionnalités qui suivent sont particulières à la création d'un SIHREN, se focalisant sur la valorisation de l'IDE.

2.3 Fonctionnalités d'un SIHREN

Les fonctionnalités d'un SIHREN sont directement issues de la demande des acteurs de la couronne grenobloise en termes d'utilisation d'un outil de géovisualisation (Figure 25). Il est alors possible d'exécuter celles-ci à partir de l'interface d'affichage de l'outil généré par GenGHIS et proposée dans la Figure 24 de la sous-section précédente.

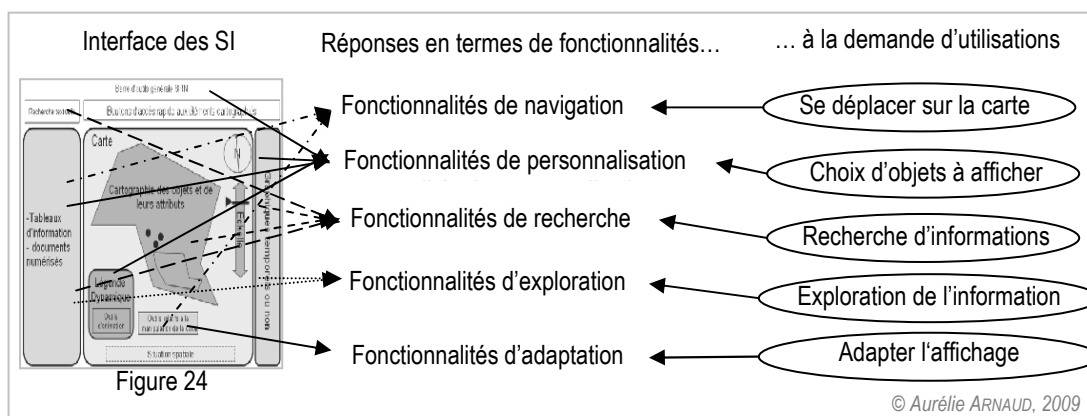


Figure 25 : De l'interface des SI aux fonctionnalités de SIHREN

La typologie des fonctionnalités est celle utilisée dans le chapitre précédent puisqu'elle classe de manière logique les fonctions dont les utilisateurs ont besoin : la navigation, la personnalisation, la recherche et l'exploration. Toutefois, nous ajoutons la fonctionnalité d'adaptation. Le tableau ci-dessous détaille les fonctionnalités adaptées à la consultation de l'IDE, et donc à intégrer dans un SIHREN.

Fenêtres Fonctionnalités	Détails des fonctionnalités			
	Fenêtre informationnelle	Fenêtre cartographique	Fenêtre évolutions	Autres outils
Navigation	▶ Outils de déplacement	▶ Outils de déplacements Imagette de situation ▶ Orientation ▶ Coordonnées géographiques ▶ Loupe à grande échelle ¹¹		
Personnalisation	▶ Tableau interactif (trie des valeurs)	▶ Légende interactive ▶ Légende déplaçable	▶ Choix du type de graphique	▶ Barre de menu ▶ Adaptation de la taille des fenêtres
Recherche	▶ Choix format/média/type de documents ▶ Consultation de la méta-information	▶ Outils de repérage ▶ Cartes multimédias	▶ Outils temporalités	▶ Boutons d'accès directs aux thématiques ▶ Outil de recherche textuelle
Exploration	▶ Duplication de la fenêtre	▶ Sonorisation ▶ Carte modulable ▶ Bouton d'affichage de la carte 3D	▶ Outils temporalités dont contrôle de l'animation ▶ Graphiques interactifs	
Adaptation		▶ Légende adaptative ▶ Eviter de surcharger la carte	▶ Limitation du choix de graphiques	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 6 : Fonctionnalités de SIHREN

Seules les fonctionnalités innovantes, pas encore implémentées dans GenGHIS sont développées (surlignées en gris). Les fonctionnalités d'adaptation ne seront pas présentées

¹¹ Fonctionnalité proposée par Buziek (1999) : Une loupe permet d'observer un objet à grande échelle tout en gardant une vision globale de la carte.

ici car elles nécessitent une réflexion plus approfondie, autant dans le domaine de la cartographie, de la géomatique que de l'informatique. Toutefois nous discuterons de leur intérêt en conclusion.

2.3.1 Fonctionnalités de personnalisation

Les fonctionnalités de personnalisation permettent à l'utilisateur du SIRD de choisir des affichages en fonction de ses besoins. Dans la fenêtre informationnelle, onglet « information », l'utilisateur a accès à une méthode de classification interactive en ordonnant les lignes et les colonnes des tableaux d'information (Moisuc *et alii*, 2005). L'utilisateur peut également organiser l'information dans la fenêtre cartographique (§ 1.2.1.1) et la fenêtre évolution (1.2.1.2) comme il le souhaite.

2.3.1.1 Légende interactive du SIRD

La légende interactive a trois fonctions. La fonction classique qui permet de cocher des cases en fonction des couches d'informations que l'utilisateur désire afficher. Cependant, cette fonction est étendue afin d'éclaircir le choix de l'information cartographiée. Les couches sont organisées en deux parties :

- 1- les fonds de cartes dont la transparence est modifiable ;
- 2- les éléments classés dont il est possible d'ajouter un attribut (ou variable) à représenter¹². Une représentation par défaut est choisie en fonction de la méthode cartographique que nous présenterons plus loin. Les représentations sous forme de carte choroplèthe ont la possibilité d'être transparentes, favorisant ainsi la méthode interactive de l'isolation dynamique. Les représentations cartographiques par défaut sont modifiables. Enfin, lorsque la fonction « carte animée » ou « carte 3D » est activée, la légende propose également de choisir un paramètre d'évolution (ex. des dates).

Cette fonctionnalité permet alors de réaliser aisément des analyses thématiques¹³.

¹² La sélection d'un élément (ex. événement) fait apparaître un menu déroulant qui propose de sélectionner un attribut (ex. volumes)

¹³ La légende affiche en gras les fonds de carte, les objets et les attributs représentés sur la carte. Les choix objets/attributs s'affichent sous forme d'arborescence puisque les utilisateurs sont familiarisés avec ce mode de navigation correspondant aux applications d'un ordinateur classique

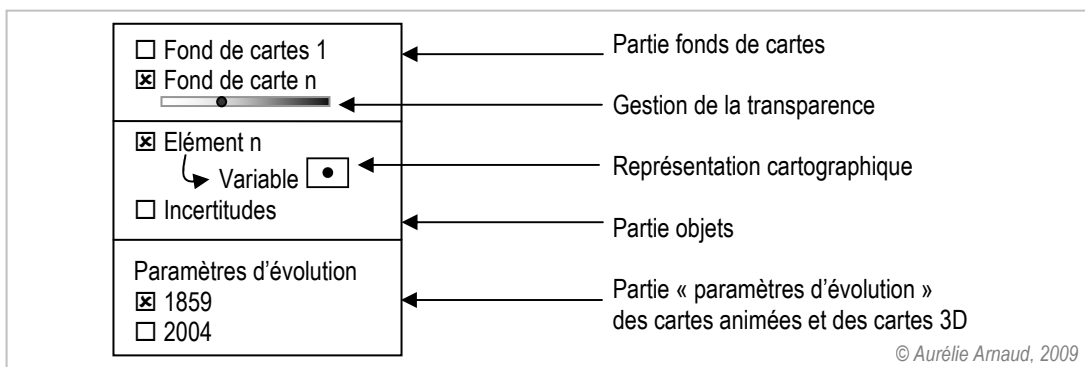


Figure 26 : Légende interactive du SIHREN

Concernant plus particulièrement les fonds de cartes, ils peuvent être très variés (carte topographique, carte géologique, Plan de Prévention des Risques, etc.). Il s'agit même parfois d'anciennes cartes calées sur un maillage actuel. Le jeu de transparence aide alors l'utilisateur à réaliser des concordances spatiales. Même si cette technique est vivement critiquée, jugée aléatoire, elle constitue pourtant une source d'information pour l'aide à la décision, mais nous n'exploiterons pas davantage cette technique au risque de s'éloigner de notre problématique.

2.3.1.2 Choix du type de graphique

La fenêtre évolution propose par défaut une représentation chronologique des phénomènes sur une frise (carrés ou rectangles selon la durée). Toutefois, une barre d'outils propose des icônes représentant plusieurs types de graphiques : des graphiques en nuage de points, des histogrammes et des courbes. Ces graphiques impliquent alors un axe supplémentaire dont la nature est choisie par l'utilisateur. Il est également possible de changer l'axe temporel en une autre variable non temporelle. Ces graphiques seront détaillés lors de l'étude des fonctionnalités d'exploration. Plus simplement, une barre des dates peut également être affichée, où seules les années qui contiennent de l'information sur un objet présélectionné apparaissent afin d'éviter une surcharge visuelle. Les années ont la possibilité de se colorer en fonction d'un attribut d'objet. Il est aussi envisageable de faire apparaître uniquement les années correspondant à une valeur d'attribut (ex. les années où les inondations ont atteint une « intensité 3 »).

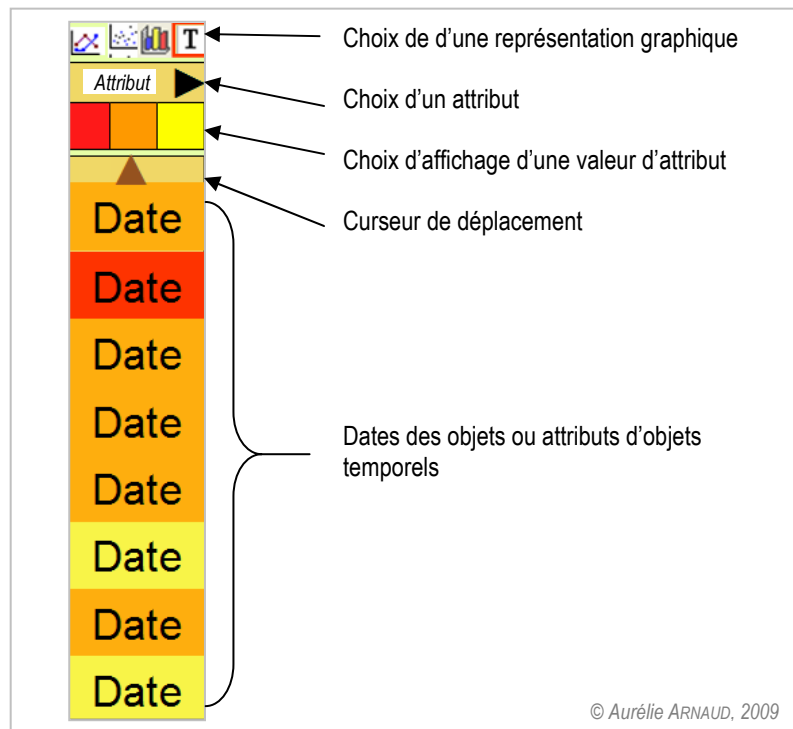


Figure 27 : Barre de dates

Ces fonctionnalités de la fenêtre évolution permettent alors à l'utilisateur de choisir la représentation la plus pertinente pour son analyse.

2.3.2 Fonctionnalités de recherche

Les fonctionnalités de recherche sont diverses. L'une, très utile et largement répandue dans les outils de géovisualisation en ligne (ex. Géoportail, GoogleEarth), est la recherche textuelle où l'utilisateur saisit le nom d'une commune, d'un sommet ou d'un événement, et la carte se centre d'elle-même sur la localisation sélectionnée. Cette fonctionnalité est étendue : désormais, l'utilisateur a la possibilité de choisir un type de document à afficher, un média, ou encore un format. D'autres fonctions permettent le repérage et l'accès rapide à des thématiques, la consultation de méta-informations, mais également la recherche de l'information en fonction de temporalités.

2.3.2.1 Choix du type/format/média des documents

Le SIRN indique dans la fenêtre informationnelle, à l'aide de pictogrammes ou d'infobulles¹⁴, le média (radiophonie, télévision, presse, etc.), le format de chaque document (.pdf, .jpg, etc.) mais aussi le type de document (photographie, vidéographie, son, etc.) afin que l'utilisateur puisse sélectionner la nature de l'information à afficher ou à écouter. Celui-ci peut également sélectionner tous les documents d'un même média, format ou type de document. Ces pictogrammes peuvent être cartographiés directement sur la carte en fonction de l'objet qu'ils informent ou en fonction de leur lieu de stockage physique. Leur

¹⁴ Dans le langage informatique, cette fenêtre de message est nommée *popup*

clignotement permettra de ne pas altérer la représentation cartographique courante.

2.3.2.2 Consultation d'une méta-information : l'incertitude

Quelques fonctionnalités permettent de consulter les méta-informations. La proposition se base sur l'étude détaillée du Chapitre 2 (§ 3.2.2 et 3.2.3.). Les méta-informations d'identification sont consultables à l'aide d'un onglet dans la fenêtre informationnelle. Celui-ci affiche les titres des documents ou de l'information actifs dans le SIHREN, ainsi que leurs sources, les auteurs, les dates de production, les dates de saisie, les dates de mise à jour et les lieux de stockage physique.

L'incertitude demeure quant à elle plus subtile à consulter. En effet, peu de méthodes de qualification permettent d'aboutir à une visualisation satisfaisante. De plus, ces recherches sont pour la plupart subjectives, traversant de multiples processus d'interprétation. De ce fait, nous ne cherchons pas ici à mesurer l'incertitude, mais bien à afficher l'information sur les sept « facteurs d'incertitude »¹⁵ définis dans le second chapitre. Notre but est de laisser à l'utilisateur la possibilité de construire sa propre opinion qui dépend de ses connaissances. Il est donc impératif de lui laisser son libre arbitre.

Afin que toutes les formes d'incertitude apparaissent clairement à l'utilisateur, nous proposons deux types d'affichage, l'un qualitatif et l'autre quantitatif. L'information sur l'incertitude est également accessible à plusieurs endroits de l'outil : dans la fenêtre informationnelle mais aussi dans la fenêtre cartographique. Aucun calcul n'est nécessaire. Ce choix a pour objectif d'éviter l'introduction de subjectivités supplémentaires. L'information certaine comme incertaine est affichée¹⁶.

Affichage qualitatif de l'incertitude

Dans un onglet de la fenêtre informationnelle, l'information sur l'incertitude est consultable à partir du schéma réalisé dans le second chapitre et repris dans la Figure 28. Chaque bouton activé fera apparaître des info-bulles contenant l'information. Les flèches permettent à l'utilisateur de comprendre les relations entre chaque facteur d'incertitude. Cette figure s'applique autant sur la granularité d'un objet unique qu'à une couche entière d'informations.

¹⁵ L'imprécision de l'information, les lacunes informationnelles, l'objectivité de l'information, la subjectivité des experts et leur accord, la fiabilité des sources et le parcours de l'information

¹⁶ Les études sur la visualisation de l'incertitude encouragent à éviter les techniques qui filtrent les informations et affichent les plus fiables (Griethe et alii, 2006).

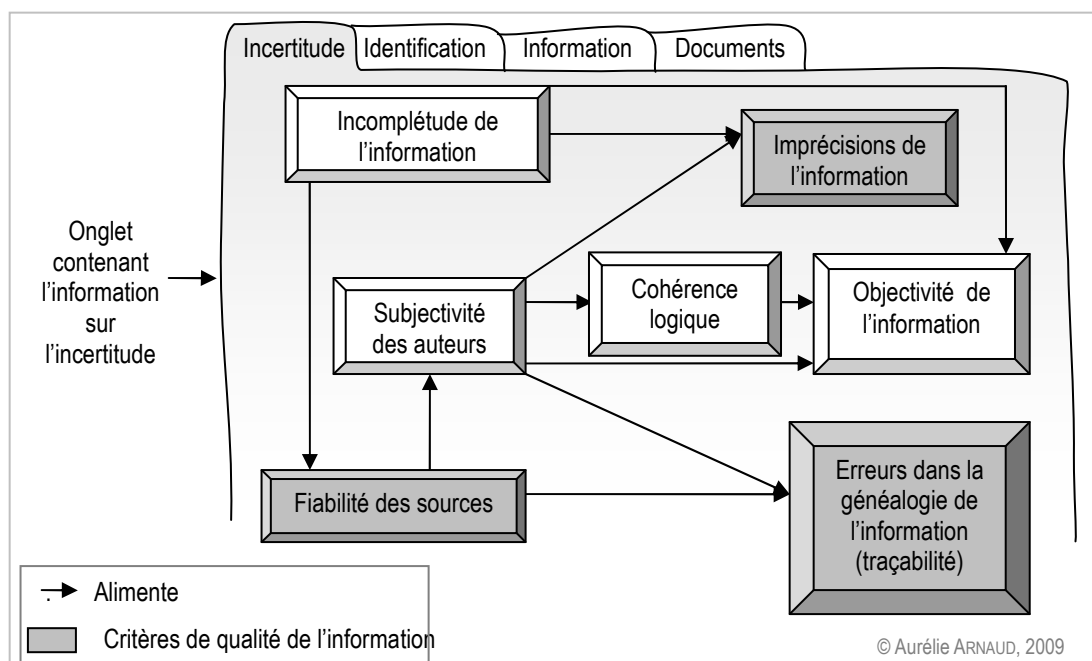


Figure 28 : Consultation de l'information relative à l'incertitude

Dans la fenêtre cartographique, l'information sur l'incertitude est localisée sur les objets en contenant en cochant une case dans la légende interactive (Figure 26 – p.374). Au passage de la souris, les facteurs d'incertitude apparaissent alors sous la forme d'un menu déroulant. Un clic sur un facteur permet, par exemple, de consulter l'information détaillée à l'intérieur d'une info-bulle. Les facteurs renseignés s'affichent dans une écriture noire, tandis que les non-renseignés sont grisés, ceci afin de repérer rapidement les facteurs accessibles.

Affichage quantitatif de l'incertitude : nombre de facteurs renseignés

L'incertitude peut également s'apprécier de manière quantitative en fonction du nombre de facteurs d'incertitude renseignés. Attention, la quantité ne témoigne en rien d'un degré de certitude de l'information. Il s'agit juste d'apprécier une diversité d'information sur l'incertitude disponible.


Dans la fenêtre informationnelle et plus précisément dans un onglet « information », les cases des tableaux d'informations se colorent d'une valeur qui varie du blanc au gris foncé en fonction du nombre de facteurs renseignés (Tableau 7).

Éléments	Attribut 1 : Dates	Attribut 2 : Volumes	Attribut 3 : Dommages
Bastille	1979	20 m ³	0
La Buffe	20/04/1992	20 000 m ³	Forêt endommagée
Comboire	06/02/1996	4230 m ³	Non détectables

Sources : Données : Hantz et Frayssine, 2006

Tableau 7 : Affichage quantitatif de l'information relative à l'incertitude dans un tableau

2.3.2.3 Outil de repérage

L'utilisateur peut repérer des localisations en fonction d'un attribut choisi. En effet, dans la fenêtre cartographique, un outil permet, à grande échelle, d'activer deux fonctions décrites par Buziek (1999) basées sur le contraste du clair/obscur : la localisation des éléments par des spots  qui se positionnent au-dessus d'eux (le reste de la carte reste inactive). Notre extension est de faire varier le diamètre du spot en fonction des valeurs d'attributs (ex. le volume). L'utilisateur peut alors zoomer directement sur le lieu qui l'intéresse.

2.3.2.4 Carte multimédia

Les cartes multimédias sont de deux types. La forme la plus simple affiche des pictogrammes (grâce à l'activation des outils de la fenêtre informationnelle) qui localisent les lieux de stockages physiques de l'information ou les objets informés par de l'information multimédia. Lors de la sélection de ce type d'icône, la liste des documents apparaît dans la fenêtre informationnelle. La recherche de documents à partir de la carte peut également être plus élaborée en activant une carte multimédia intégrant la technologie « The » (Raskin, 2000 : Chapitre 3). A partir de la carte, l'utilisateur zoome sur des ensembles de documents localisés. Plus le zoom est important, et plus les documents s'affichent de manière lisible (textes, photos, etc.). Grâce à cette fonctionnalité, le lecteur apprécie rapidement la quantité globale des documents disponibles.

2.3.2.5 Outils temporalités : relations temporelles

Les « outils temporalités » sont les outils de gestion des affichages des temporalités de l'information sur les graphiques de la fenêtre évolutions hyper-liés à la carte. Ceux-ci permettent d'effectuer des fonctionnalités de recherche et d'exploration.

Nous présentons ici les outils qui favorisent la recherche d'information à partir du renseignement de relations temporelles d'Allen (1983, Chapitre 3) appliquées à deux types d'objets.

Des outils temporalités permettent alors, au sein de la fenêtre évolutions, d'afficher des réponses graphiques et cartographiques aux questions sur les relations temporelles. Actuellement, les sites Web proposent des menus pour situer un ou plusieurs objets entre deux dates (relation égal). Notre extension intègre la possibilité d'observer la temporalité du moment d'exécution mais aussi de la durée de deux éléments à la fois. L'utilisateur peut alors rechercher :

- des objets ayant vécu avant ou après d'autres objets (relation « avant/après ») ;
- un objet dont la date de fin de vie correspond à la date de naissance d'un autre (relation « rencontre en extrémité ») ;
- un objet dont la durée de vie chevauche celle d'un autre objet (relation

« chevauche ») ;

- des objets dont la date de début ou de fin de vie est similaire (relation « commence/termine en même temps »).

Cependant, la recherche de ces éléments nécessite les opérateurs suivants : nom de l'objet1 ; nom de l'objet2 ; date de début/fin de vie de chaque objet ; date de rencontre ; date de début/fin de chevauchement, date de début/fin du contenu dans ; date de début/fin d'exécution.

Outre cette fonctionnalité de recherche d'information grâce à l'intégration d'outils sur les relations temporelles, des graphiques permettent également d'analyser ces relations entre les objets, ce qui, de plus, suscite davantage l'analyse exploratoire en exploitant la représentation de ces relations (§ 2.3.3.5).

D'autres temporalités sont révélées à travers les fonctionnalités exploratoires grâce à des outils permettant de visualiser les critères temporels (§ 2.3.2.5).

2.3.2.6 Boutons d'accès directs aux thématiques

Les boutons d'affichage rapide sont représentés par des symboles évocateurs de quelques objets centraux du SIRN à réaliser, mais également des fonds de cartes (Figure 29). L'activation d'un bouton localise directement les éléments. De plus, lors du passage de la souris sur un bouton, un menu déroulant s'ouvre et affiche les attributs. Comme la légende interactive, le menu impose des choix d'attributs selon les objets déjà sélectionnés et selon l'échelle de la carte. Chaque couche d'information et d'attributs sélectionnés s'affiche en gras dans la légende interactive.

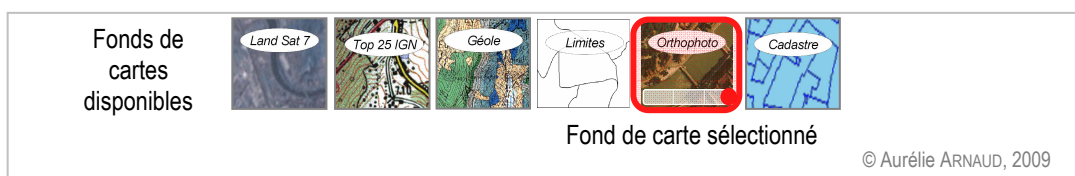




Figure 29 : Choix d'un fond de carte au moyen de boutons d'accès rapide

Les boutons qui permettent d'afficher rapidement de l'information liée aux événements utilisent l'approche cognitive qui permet de choisir les icônes associées à chaque type d'événement : le symbole apparaît dans un panneau de signalisation (utilisé dans les DICRIM¹⁷) tel que nous l'avons présenté dans le Chapitre précédent (Tableau 8).

¹⁷ Par exemple le Document d'Information Communale sur les Risques Majeurs de Saint-Martin-d'Hères (38).

Type d'événement	Bouton
Eboulements	
Inondations	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 8 : Boutons d'accès rapide à l'IDE

Lorsque l'utilisateur sélectionne un type d'événement, la localisation des phénomènes et des dommages s'affichent alors dans la fenêtre cartographique.

2.3.3 Fonctionnalités d'exploration

Les fonctionnalités que nous proposons pour favoriser l'exploration de l'information se focalisent sur la duplication de la fenêtre informationnelle, sur le principe de la carte modulable de la fenêtre cartographique, ainsi que sur l'interactivité des graphiques de la fenêtre évolutions.

2.3.3.1 Duplication de la fenêtre informationnelle

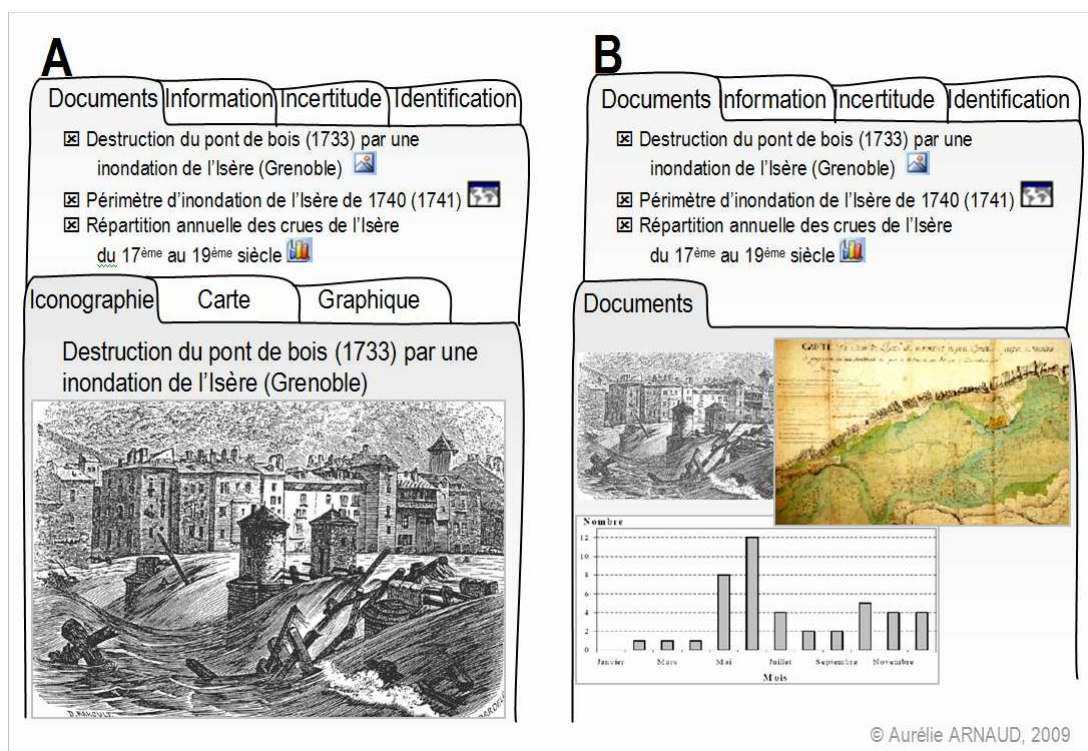



Figure 30 : Interactivité de la fenêtre informationnelle du SIRN

Afin d'afficher clairement l'intégralité des données, mais aussi l'information de premier et de second ordre, la fenêtre informationnelle se divise en deux parties. Jusqu'à présent nous avons découvert le haut de la fenêtre qui comporte quatre onglets : « identification », « incertitude » et « information » qui contient les tableaux de données et d'informations. L'onglet « document » s'ajoute. Il contient une liste de documents (avec les icônes indiquant

leur format/média/type, étudié plus haut). Lors de la sélection d'un document, la fenêtre se subdivise en deux. La partie haute affichant les onglets reste inchangée. La partie basse affiche le document scanné ou le média sur lequel figure l'information. L'utilisateur peut choisir d'autres documents qui s'affichent soit dans des onglets (Figure 30A), soit à coté afin de permettre une juxtaposition des documents (Figure 30B). Les cartes anciennes peuvent s'afficher dans cette fenêtre informationnelle même si nous avons découvert qu'elle figurait également dans la légende interactive en tant que fond de carte.

Cette comparaison dynamique permise par l'affichage de plusieurs documents de sources multiples mais aussi de formats différents, permet à l'utilisateur de s'imprégner d'un contexte (historique, politique, économique, etc.). Cette représentation personnelle permettra ensuite d'interpréter des résultats (acteurs scientifiques), ou de prendre des décisions (acteurs décideurs) de manière plus efficace.

2.3.3.2 Sonorisation de la carte

Cette technique découverte dans le chapitre précédent tient son intérêt dans l'ajout d'une information que l'utilisateur écoute, en même temps qu'il lit l'information affichée sur l'écran. Dans le cas du SIRN, lorsque l'utilisateur sélectionne un bouton d'affichage rapide, une voix narrative décrit le contexte global de la spatialisation des objets (contexte historique, économique, politique, etc.). Si l'utilisateur clique sur un objet de la carte, une description plus détaillée est entendue (un pictogramme  permet de localiser ce genre de format). Par ailleurs, lorsque la souris passe sur des éléments de la carte, plusieurs sons avertissent des phénomènes distincts :

- des données mises en ligne récemment ;
- une information incertaine sur un élément de la carte.

Enfin, lors de l'ouverture de l'outil SIRN, une voix explique le chemin interactif à parcourir pour afficher l'information.

2.3.3.3 Cartes modulables

Chaque onglet de la fenêtre cartographique mémorise une représentation. Chacun d'eux possède les outils de la fenêtre initiale. Il est alors possible d'observer toutes les cartes créées mais également de les modifier une à une (Figure 31). La consultation aisée de ces analyses thématiques grâce à une méthode de comparaison dynamique facilite alors l'exploration. Les outils classiques de cartographie (ex. MapInfo, Géoconcept) ou de géovisualisation comportent ce type de fonctionnalité. Cependant, sur le même principe, nous proposons une méthode de construction de cartes modulables. Cette dernière permet d'aller plus loin en proposant d'afficher les cartes avec un système d'onglets qui permet de représenter de nombreux attributs à travers plusieurs cartes modulables, mais surtout reliées entre elles. Par exemple, si l'utilisateur réalise trois analyses dans trois onglets, un changement d'attributs sur la carte amont est répercuté sur les cartes en aval (Figure 31), en créant, finalement, une

arborescence de cartes. L'historique de cette arborescence est visible en miniature pour que l'utilisateur puisse sélectionner les cartes qu'il souhaite comparer ou modifier. Cette idée s'inspire des travaux Costagliola (1999) et Theobald (1997). Notre méthode consiste à créer des cartes thématiques à différentes échelles d'information, de manière adaptée à la compréhension de l'utilisateur (ex. affichage de tous les événements selon un attribut > affichage de quelques événements sélectionnés -selon ce même attribut- et mise en évidence d'un autre attribut > et ainsi de suite). Ces cartes sont juxtaposables. L'utilisateur peut alors lire un grand nombre d'attributs en fonction de ses besoins.

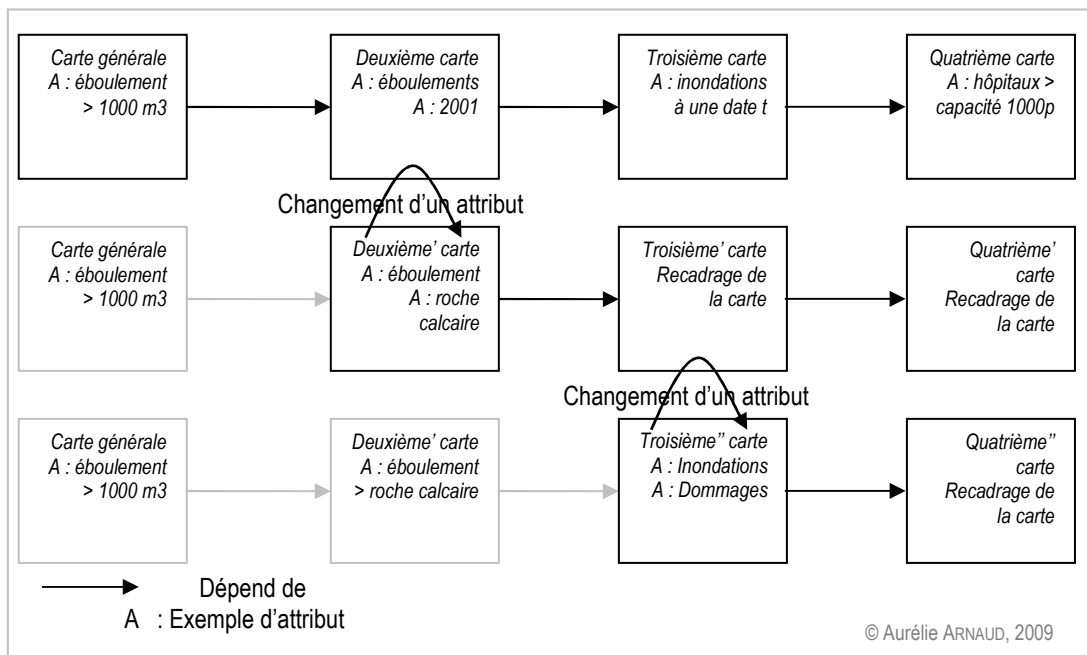


Figure 31 : Cartes modulables pour la lecture de nombreux attributs dans un SIRD

Ces cartes qui apparaissent dans des onglets distincts sont affichables en mode « collection de cartes ». Chaque onglet représente alors une carte plus petite qui se juxtapose aux autres.

2.3.3.4 Outils temporalités : les crières temporels




Nous avons décrit plus haut les outils temporalités focalisés sur la mise en évidence de relations temporelles entre objets. Ils contiennent également les outils d'animation et de visualisation des critères temporels. Les outils d'animation (marche/arrêt/pause : ▶/■/||) permettent d'activer les éléments des graphiques et simultanément l'évolution spatiale de ces mêmes éléments sur la carte (carte animée)¹⁸. D'autres outils vont au-delà de cette simple lecture du temps linéaire : le SIRD permet à l'utilisateur d'interagir avec la carte par l'intermédiaire de graphiques (carte dynamique) mais également grâce aux outils temporalités. Au vu des recherches effectuées dans le Chapitre 3, ces outils semblent

¹⁸ En sélectionnant dans la légende interactive « toponymie », les outils d'animation permettent l'affichage de l'évolution de la toponymie dans l'histoire, d'une manière claire et sans surcharge : les noms apparaissent/disparaissent sur la carte au cours de l'animation de la chronologie.

indispensables pour l'affichage de nombreuses temporalités des éléments : les critères temporels (Tableau 9) mais également les temporalités de relation (fonctionnalité de recherche, § 2.3.2.5). Les temporalités métaphoriques ne s'intègrent pas dans les fonctionnalités puisqu'elles sont repérables de fait par les utilisateurs : le temps linéaire sur la barre chronologique, le temps cyclique par le critère temporel de la période de retour, mais aussi le temps multi-dimensionnel qui s'inscrit à travers des dates/heures sous les graphiques.

Les outils temporalités qui révèlent les critères temporels intègrent seulement la durée, la fréquence et la période de retour (Tableau 9). Le moment d'occurrence (la date des objets) est matérialisé sur les graphiques par des points d'autres figurés. L'espace temporel se repère également sur le graphique où l'utilisateur repère aisément les moments où les objets évoluent dans le temps ou sur un autre paramètre. La rapidité d'exécution (l'évolution d'un objet entre deux dates) est également déjà affichable grâce à l'outil d'animation « ▶ ». L'ordre se lit aussi aisément sur les graphiques en repérant les objets affichés sur celui-ci. Enfin, la synchronisation est un critère temporel déjà mis en évidence grâce à nos propositions (l'affichage de plusieurs cartes dans plusieurs onglets).

SIRN est donc capable d'afficher les neuf critères temporels des éléments. La section suivante montre d'autres manières de les afficher : à travers la carte.

Critères temporels	Fonction des outils d'affichage des critères	Outils
DUREE	Calcul du temps écoulé entre deux éléments	Barres sur le graphique et D 
FREQUENCE	Figurer un intervalle temporel, naviguer dessus, et y calculer le nombre d'éléments présents	Barres sur le graphique et F 
PERIODE DE RETOUR	Afficher la durée moyenne entre deux éléments récurrents et de même nature	Barres sur le graphique et P 

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 9 : Fonctions des outils temporalités

2.3.3.5 Graphiques interactifs

Les graphiques de la fenêtre évolution constituent une source de fonctionnalités grâce à leur interactivité qui suscite l'analyse exploratoire en appréciant les évolutions temporelles et spatiales simultanément, mais également les temporalités de l'information et les incertitudes telles des imprécisions temporelles et des lacunes informationnelles.

Les utilisateurs peuvent choisir la granularité des axes des abscisses et des ordonnées. La vue de l'information sur le graphique est hyper-liée aux vues cartographiques et informationnelles (fonctionnalités des prototypes SPHERE et SIDIRA). L'extension des fonctionnalités de cette fenêtre réside dans la possibilité de choisir l'attribut des axes et un type de graphique plus ou moins complexe (fonctionnalité de personnalisation) : des graphiques à une seule entrée en forme de barre de dates (frise chronologique), des graphiques à deux axes en nuages de points, en bâtons, ou des histogrammes.

Frise chronologique

Trois critères temporels sont affichés grâce à ce type de graphique : le moment d'occurrence (la date), l'ordre chronologique et la durée (Figure 32 : la représentation de la durée est présente à titre d'exemple, un éboulement se réalisant sur une période temporelle très courte). Toutefois, l'ajout de l'interactivité et du mouvement lui ajoute la possibilité d'afficher d'autres critères temporels.

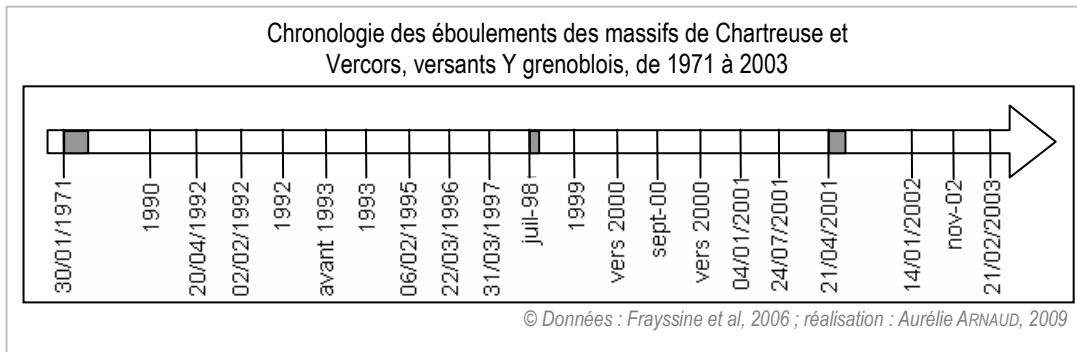


Figure 32 : Frise chronologique

Le graphique indique le moment d'exécution des objets présents sur la carte. Il est possible de fixer un intervalle en déplaçant des curseurs de chaque côté de la chronologie. Cette fonctionnalité proposée par les prototypes précédents est étendue afin de visualiser des fréquences. Une fois l'intervalle fixé, il est désormais possible de le dupliquer ou de le déplacer. La fréquence peut également être indiquée sur la frise grâce à l'affichage du nombre d'éléments sur une période de temps fixée par l'utilisateur. Cela permet alors de repérer rapidement les « pics événementiels »¹⁹ (Figure 33).

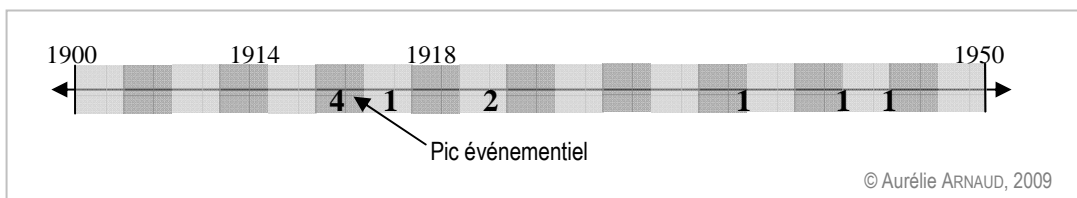


Figure 33 : Repérer les pics événementiels

En cas de grande granularité de la frise chronologique, la durée de l'événement apparaît grâce à l'affichage de la largeur du curseur qui correspond à la période de vie de l'objet représenté (Figure 32).

Une frise chronologique a la possibilité d'être dupliquée en autant de type d'objets que l'utilisateur désire visualiser. L'utilisateur peut ainsi lire trois chronologies correspondant aux vies de plusieurs éléments (Figure 34). Cet affichage est très intéressant pour repérer les relations temporelles entre les objets (avant/après ; rencontre en extrémité ; chevauche ; contenu dans ; commence en même temps ; finit en même temps ; égal), c'est-à-dire l'étude

¹⁹ Période où de nombreux éléments sont nés.

de leur synchronisation. A tout moment, l'utilisateur peut supprimer l'affichage d'une chronologie qui s'affiche alors sous forme d'onglet.

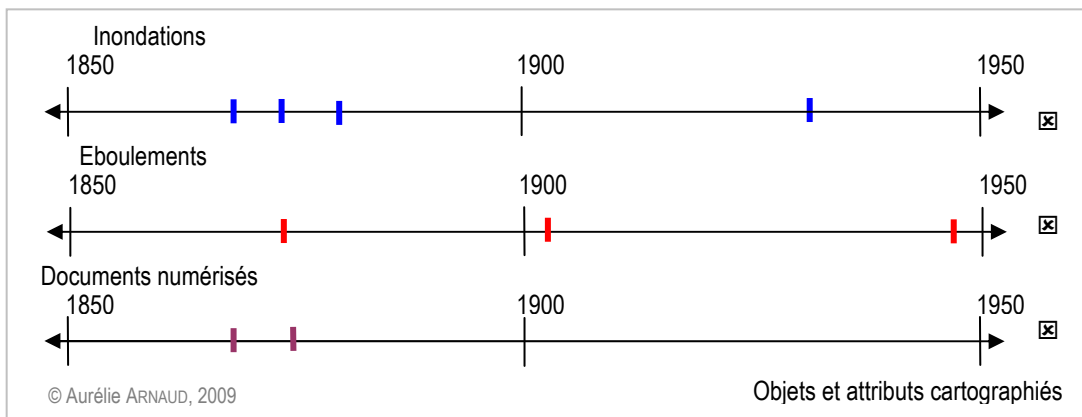


Figure 34 : Repérer les relations temporelles grâce à l'affichage de plusieurs chronologies

La frise chronologique permet également d'afficher de la méta-information de type incertitude : l'imprécision temporelle (Figure 35) et les lacunes informationnelles (Figure 36).

L'imprécision est traduite graphiquement, par un rectangle dont la largeur correspond à la période temporelle floue (ex. si l'imprécision est de 5 années, l'événement s'est produit une de ces 5 années).

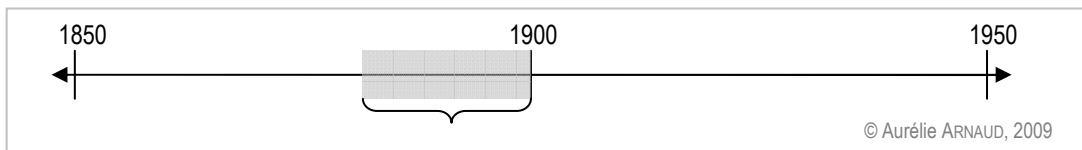


Figure 35 : Format de date imprécis sur une chronologie

Des marqueurs temporels affichent sur la frise des éléments d'analyse des causes des lacunes informationnelles (ex. défaillances des organismes entraînant moins d'enquêtes). Ces marqueurs augmentent également le repérage temporel pour vérifier là encore des correspondances: des événements climatiques comme le « petit âge glaciaire » du 15ème siècle, des événements politiques tels que les guerres ou encore, des règnes comme par exemple celui de Napoléon Bonaparte qui a permis à de nombreuses digues bordant l'Isère de voir le jour). Ces marqueurs s'affichent à la demande de l'utilisateur dans la « fenêtre temporelle », sans aucun lien avec la « fenêtre cartographique ».

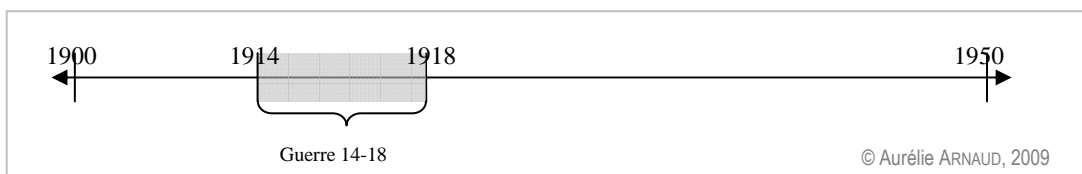


Figure 36 : Lacunes informationnelles sur une chronologie

Graphiques à deux entrées

L'affichage de la chronologie sous forme de graphique à deux entrées a une réelle valeur ajoutée pour les utilisateurs en permettant d'analyser directement la corrélation de plusieurs types d'information. Par exemple, l'outil SIDIRA propose un histogramme dont l'abscisse représente le temps, et l'ordonnée, la répartition du nombre d'avalanches. Quant à SPHERE, un graphique en nuage de points présente en abscisses une chronologie, et en ordonnée l'intensité des inondations. Nous proposons de conserver une chronologie en abscisse, puis l'utilisateur choisit ensuite l'ordonnée selon les attributs des objets disponibles (ex. volumes des éboulements, importance des dommages, etc.). Il est également libre de choisir le type de graphique (nuages de points, histogramme, etc.), le nombre de classes ainsi que les bornes de ces dernières. Un graphique par défaut est proposé pour les décideurs où la variable visuelle de la couleur (ou de la forme) affiche les moments d'occurrence de plusieurs objets (et permet donc leur dissociation), et la variable de la taille montre leur rapport quantitatif (Figure 37). Cette représentation met également en évidence l'espacement temporel (les périodes sans événements).

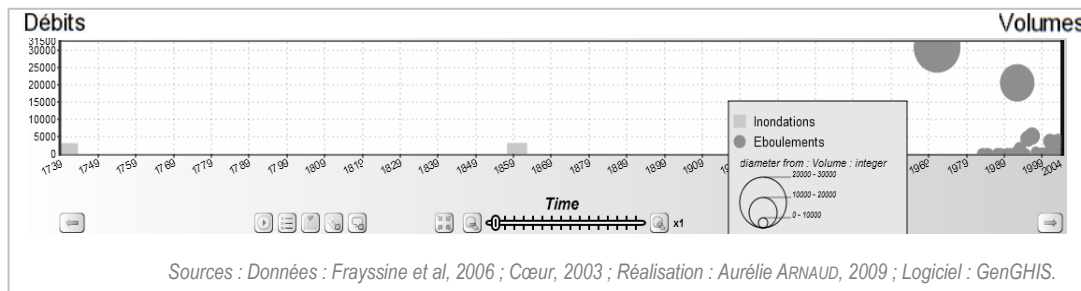


Figure 37 : Graphiques à deux entrées et variables visuelles sous SIRD

Les fonctionnalités d'un outil de géovisualisation de type SIHREN ont la possibilité de valoriser certaines spécificités de l'IDE grâce à la consultation des dimensions temporelles et thématiques de l'information, dont l'incertitude et les informations d'identification, ainsi que l'information multimédia. Les fonctionnalités se réalisant à partir de la fenêtre cartographique telles que la juxtaposition de cartes et la légende dynamique sont également des éléments clés de l'outil de géovisualisation, facilitant la compréhension et l'analyse de l'information.

Nous venons de proposer une structure de la BC qui va accueillir l'information, une interface d'affichage de celle-ci, et enfin, des fonctionnalités pour la consulter. La Section 3 propose maintenant d'approfondir la visualisation de la dimension spatiale de l'information.

Section 3. Une méthode cartographique pour GenGHIS

La méthode cartographique va permettre de représenter l'information spatialisée et ses spécificités dans la fenêtre cartographique. Cette méthode est fondée sur l'utilisation de trois éléments.

1. Utilisation des règles de représentation cartographique d'objets. Celles-ci dépendent des règles de sémiologie graphique, de généralisation, de cognition et de contraste. Elles permettront, par exemple, de représenter les attributs thématiques des objets (ceux-ci apparaissant dans les classes d'objets des modèles de la sous-section 2.1) ;
2. Utilisation d'une extension des règles cartographiques afin de représenter les spécificités de l'information ;
3. Utilisation des formes cartographiques de l'outil de géovisualisation.

Cette méthode utilise les règles cartographiques pour représenter des objets localisés et leurs attributs, tout en tenant compte de l'information spécifique des attributs. La représentation des spécificités se base sur une extension des règles cartographiques. Une fois que les objets ont une représentation cartographique attribuée, ils intègrent une forme cartographique adaptée aux spécificités de l'information des objets (Figure 38). Les spécificités sont alors valorisées au moyen de l'application des extensions des règles de cartographie et grâce aux formes cartographiques adoptées.

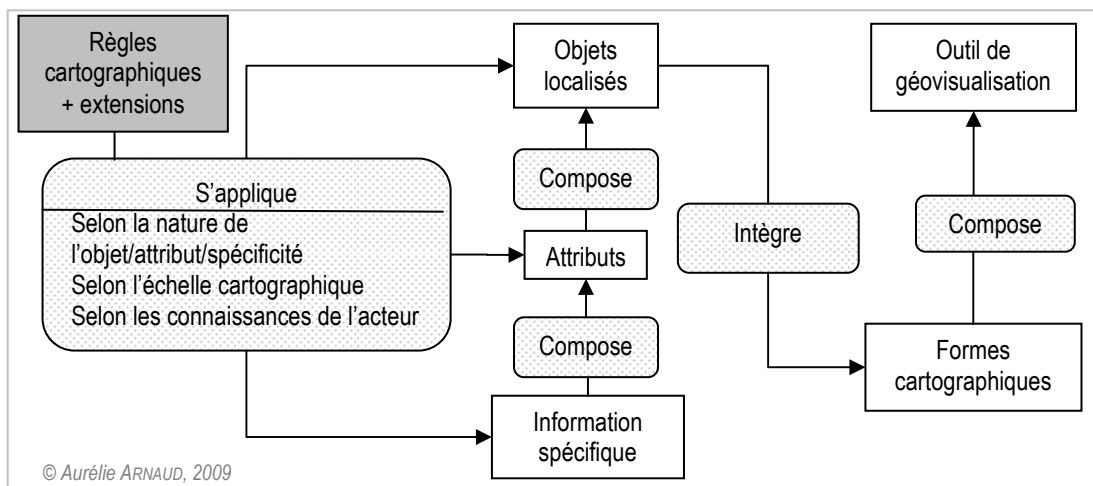


Figure 38 : Méthode cartographique des SI générés par GenGHIS

L'application de ces règles dépend de la nature des éléments, mais également des échelles cartographiques utilisées (Chapitre 3 : Section 1 – p.243) et des connaissances en terme de risque des acteurs des territoires (Chapitre 2 : Section 2 – p.149). La représentation des objets en fonction de l'échelle cartographique et des connaissances des acteurs sera abordée dans la quatrième section puisqu'elle fait partie de la démarche de construction

spécifiquement adaptée aux SIHREN.

Notre objectif est de modéliser ces trois éléments afin de faciliter leur compréhension et leur application lors de l'utilisation du module de représentation de GenGHIS.

Une première sous-section présente les règles cartographiques retenues à travers une charte cartographique à utiliser lors de la réalisation de SI. Une deuxième sous-section propose des extensions aux règles cartographiques pour représenter les spécificités de l'information. Une troisième sous-section met en évidence les interrelations entre les formes cartographiques, support de l'ensemble des règles cartographiques.

3.1 Proposition d'une charte cartographique

La charte cartographique contient les règles de base de la sémiologie graphique (§ 3.1.1), de généralisation (§ 3.1.2), de contraste (§ 3.1.3) et de cognition (§ 3.1.4) qui paraissent les plus élémentaires à intégrer dans les SI générés par GenGHIS (Figure 39). Ce choix est issu de notre analyse du troisième chapitre (Section 1). La sémiologie graphique est particulièrement développée compte tenu de son rôle indispensable dans la compréhension des cartes et de sa position centrale dans le processus de représentation cartographique (cf. Chapitre 2 : Section 3 – p.173). De plus, celles-ci sont peu modélisées de manière à faciliter leur intégration dans les SI de manière manuelle ou automatisée.

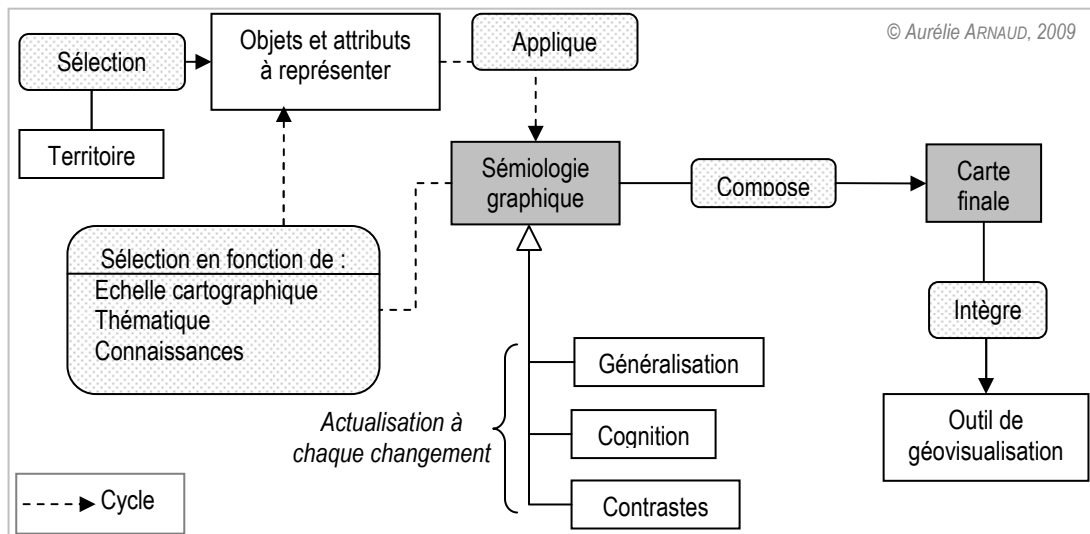


Figure 39 : Règles cartographiques de la charte

La Figure 39 montre que les objets à représenter sur une carte sont tout d'abord sélectionnés en fonction de l'information disponible sur le territoire mais surtout en fonction de la problématique de ses acteurs. Les entités sélectionnées sont soumises à des règles de sémiologie graphique (intégrant les règles de cognition et de contrastes et la généralisation) avant de figurer sur la carte. Lors d'un changement d'échelle cartographique, de thématique ou d'acteur (en tant que lecteur de la carte possédant des connaissances qui lui sont propres), une sélection des objets est actualisée puis une nouvelle application des règles de sémiologie est effectuée. Cette sélection dévoile une nécessité d'ordonner alors les objets à cartographier en fonction d'échelles cartographiques, mais aussi des thématiques traitées et de

connaissances des acteurs utilisateurs de l'outil de géovisualisation. En effet, ce sont leurs connaissances dans leur domaine de spécialité qui vont leur permettre de bien interpréter l'information cartographiée. Il est donc nécessaire de sélectionner les objets et leurs attributs en fonction de celles-ci (cet aspect sera pris en compte en détail dans la Section 4).

L'ensemble de ces règles est présenté sous forme de modèles qui ont deux vocations :

1. Dans l'immédiat, une aide aux utilisateurs à construire des SI dont la cartographie est sémiologiquement adaptée, afin de favoriser la compréhension des cartes et donc l'analyse ;
2. Plus tard, une aide aux informaticiens à implémenter ces règles dans GenGHIS afin de les automatiser (l'utilisateur n'en aura plus besoin).

3.1.1 Choix d'une sémiologie graphique

Une fois que les objets à cartographier sont sélectionnés, leur représentation subit deux étapes (Figure 40) : le choix d'un signe élémentaire et le choix d'une variable visuelle qui s'applique à un ou plusieurs de ses attributs. Nous avons constaté dans le chapitre précédent qu'il existe les variables statiques, les variables statiques de mouvement, ainsi que les variables qui permettent de représenter l'information incertaine. Celles-ci s'appliquent aux signes élémentaires qui représentent les objets. Néanmoins, le choix des variables visuelles dépend de la nature des attributs (spécificité de l'information), tandis que le choix des signes élémentaires dépend de la morphologie de l'élément à représenter sur la carte (plutôt semblable à un point, une ligne ou une surface) : par exemple, un cours d'eau est souvent représenté sur la carte par un objet en forme de ligne. De plus, le choix du signe dépend également de la densité graphique (surcharge de la carte)²⁰. Chaque échelle cartographique, chaque thématique et chaque lecteur, possèdent leur propre sémiologie graphique.

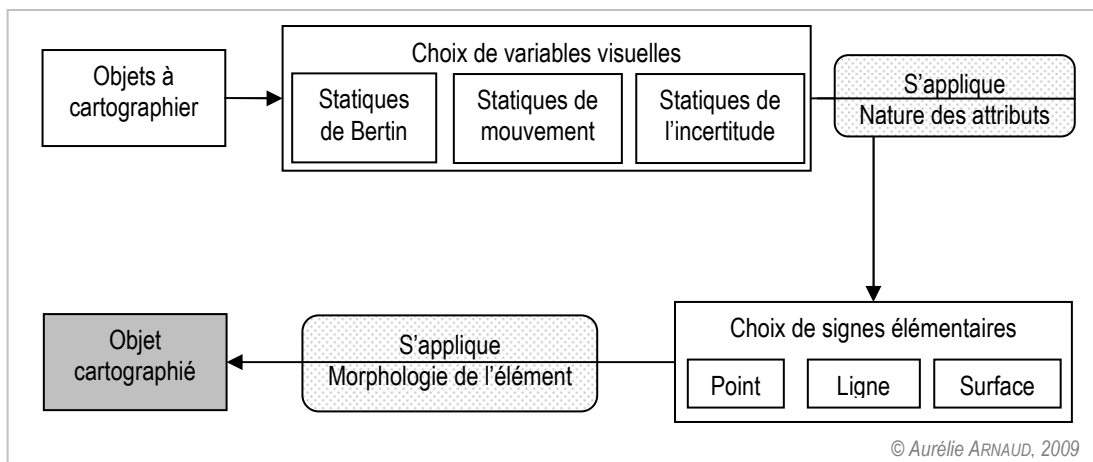


Figure 40 : Sémiologie graphique des objets à cartographier

Les attributs qui décrivent les objets dans une thématique sont de plusieurs natures (cf.

²⁰ Toutefois, nous ne prendrons pas en compte ce critère, impliquant de nouvelles recherches sur des règles de calculs de densité graphique qui relèvent davantage d'autres disciplines que celle de la géographie.

Chapitre 3) : les dimensions thématiques, incertaines, spatiales et temporelles constituent les spécificités de l'information (Figure 41). Si l'on s'attarde sur l'aspect thématique, un volume est un attribut quantitatif continu, tandis que le nom d'un risque est un attribut qualitatif nominal. Toutefois, la nature des attributs n'est pas seulement thématique comme on a tendance parfois à le simplifier. Elle dépend également d'autres spécificités de l'information : spatiale, temporelle et l'aspect incertain. Les variables visuelles s'appliquent en fonction de la nature de l'information. Nous en proposons une modélisation (Figure 42).

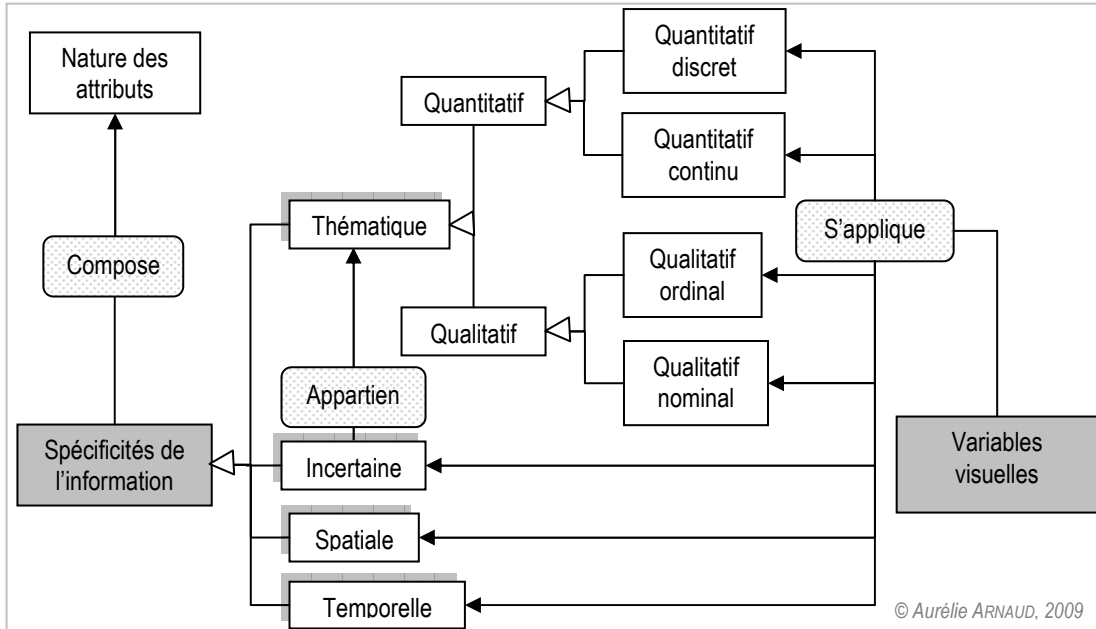


Figure 41 : Nature des attributs des objets

Les variables visuelles définies dans le chapitre précédent sont le grain, la teinte de la couleur, l'orientation, la forme, la valeur, la valeur de la couleur et la taille qui sont les variables de base. La localisation, la vitesse et la transparence sont ajoutées grâce à la spécificité de la temporalité de l'information. Enfin, le foyer, la netteté, et la clarté/floue sont mobilisées pour représenter l'incertitude de l'information. Ces variables s'appliquent en fonction de la nature de l'attribut (ou spécificité de l'information) sur les signes élémentaires (Figure 42).

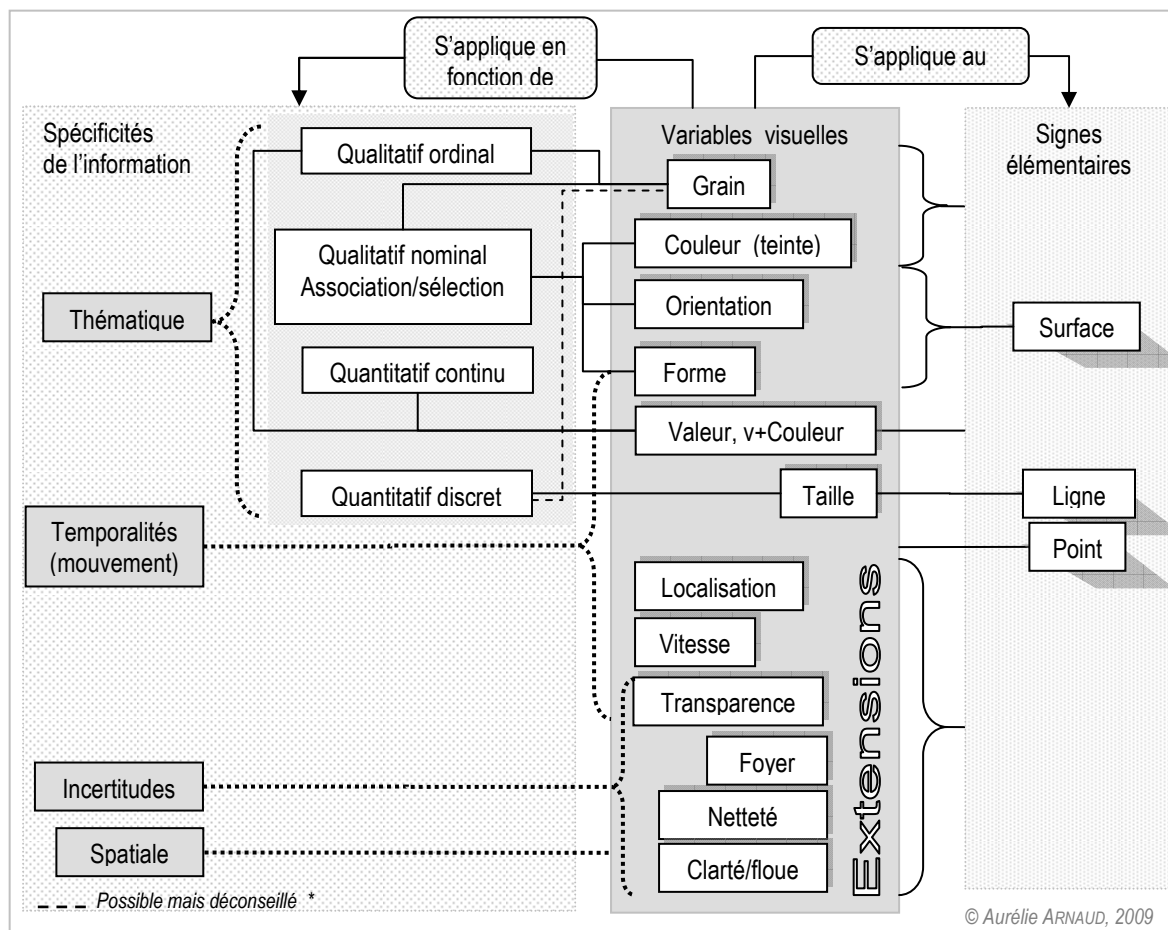


Figure 42 : Sémiologie graphique en fonction des spécificités de l'information

La Figure 42 montre par exemple que la variable du grain s'applique à un objet dont l'information thématique et plus précisément qualitative ; tous les signes élémentaires peuvent bénéficier de cette variable grain. Pour autre exemple, la variable de la transparence s'applique à une information temporelle ou incertaine ; tous les signes élémentaires profitent de la transparence. L'ensemble des variables visuelles traduit une dimension spatiale de l'information, puisque dès lors qu'un objet est localisé, celle-ci est représentée.

La sémiologie graphique adoptée par les objets ne dépend pas seulement de la nature des attributs. Elle comporte d'autres règles liées à l'échelle cartographique (règles de généralisation), à la perception du lecteur (règles de cognitions), enfin, à la vue globale de la carte (règles de contrastes de couleurs).

3.1.2 Choix de règles de généralisation

Un changement d'échelle impose un ajustement du choix des classes d'objets (ex. une mappemonde permet de localiser un ou deux types d'objets ou attributs alors qu'une carte à grande échelle autorise davantage la représentation de nombreux éléments). De fait, plus l'échelle est grande, et plus le cartographe pourra cartographier des objets de différents types (cf. principe de généralisation décrit dans le chapitre précédent). Cependant, cet atout impose une réflexion sur la représentation de chaque objet d'une échelle à l'autre afin de conserver l'objectif initial de la carte.

Les règles de généralisation sont mobilisées lors du changement d'échelle cartographique (cf. Chapitre 3, Section 1). Elles s'appliquent à la représentation des objets afin de conserver une carte claire d'une échelle à l'autre (Figure 43). Deux niveaux d'échelle cartographique sont proposés : une moyenne et une grande échelle. En effet, une cartographie à moyenne échelle permet au lecteur d'obtenir une vision de l'ensemble d'un territoire, tandis qu'à grande échelle, celui-ci peut observer des objets plus en détail. Les cartes affichées dans une échelle moyenne constituent alors un préalable à la lecture à la grande échelle. Le choix de celles-ci résulte également de la demande des acteurs de la couronne grenobloise.

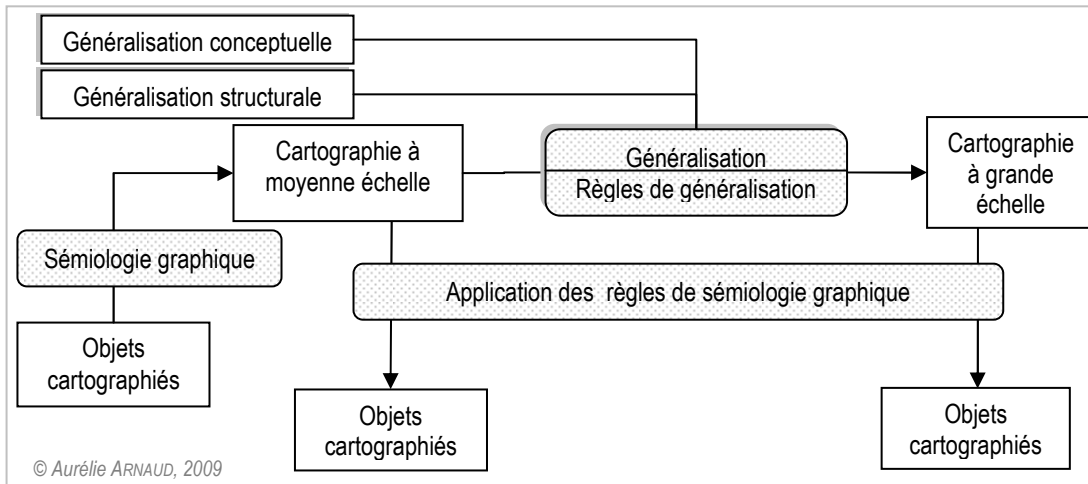


Figure 43 : Règles de généralisation des SI

Les règles que nous avons retenues dans le Chapitre 3, sont l'application des règles de généralisation structurale (simplification, fusion, amalgamation, affinement, accentuation et déplacement) et conceptuelle (lissage, agrégation, rehaussement et déplacement), mais également de la densité cartographique (veiller à ce que la carte ait des objets bien répartis). L'outil ne prend pas en compte l'agrégation ni la désagrégation lors du changement d'échelle. Cependant, ceci est possible en implémentant une absence du niveau communal (par exemple) à partir d'une échelle (ex. < à 1/80000). Nous rappelons que l'automatisation des ces règles fait partie de travaux de géomatique et d'informatique (par exemple les travaux de l'équipe COGIT de l'IGN²¹ : Ruas, 2007). Toutefois, un aperçu concret de leurs applications sera présenté dans la troisième section.

3.1.3 Choix de règles de cognition

Quelques règles de cognitions ont été retenues dans le troisième chapitre. Nous en proposons une modélisation (Figure 44). Les symboles évocateurs s'appliquent à la représentation de l'incertitude à l'aide de lignes en pointillées, de points clignotants, de lignes droites ou encore de surfaces transparentes. Nous rappelons que ces symboles évoquent l'instabilité. Des symboles évocateurs sont également utilisés pour représenter les objets en fonction de leur image réelle (ex. des pierres qui tombent pour symboliser une

²¹ Institut National Géographique

chute de bloc). Ces signes sont situés sur les cartes à petites échelles mais également sur les boutons de recherche thématique rapide correspondant (cf. § 2.3 sur les fonctionnalités).

Une couleur évocatrice s'applique à un objet en fonction de la couleur de l'élément dans la réalité, sur le territoire (ex. un cours d'eau en bleu ou encore le rouge pour signifier un danger).

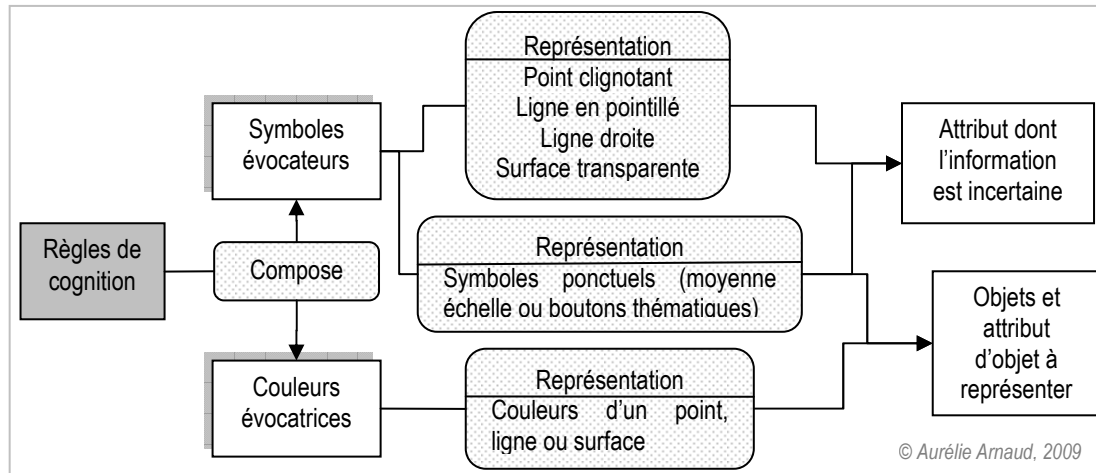


Figure 44 : Règles de cognition des SI

3.1.4 Choix de règles de contrastes

L'utilisation des contrastes dans les cartes a plusieurs buts définis dans le Chapitre 3. Les règles de contrastes permettent de dissocier/associer les objets, de bien distinguer les figures des fonds de carte, mais aussi de hiérarchiser les objets (par exemple en fonction des valeurs des attributs de ces derniers).

Les règles de contrastes d'appliquent aux objets qui ont déjà une sémiologie attribuée (§ 3.1.1) et qui ont subi ou non un processus de généralisation. Cette étape se positionne en dernier car elle s'établit sur une considération des couleurs employées au final par la carte.

Le contraste de teinte s'applique pour mieux dissocier ou associer les objets. Les contrastes de qualité et de quantité favorisent la distinction entre les figurés (les objets) et le fond de carte : les entités ont des couleurs saturées pour accentuer leur lisibilité sur les fonds de carte peu actifs voire inactifs (en noir et blanc ou en gris colorés). Les contrastes de clair/obscur et chaud/froid permettent d'améliorer la perception de hiérarchisation des objets (Figure 45).

De ce fait, le lecteur distingue bien les figures du fond.

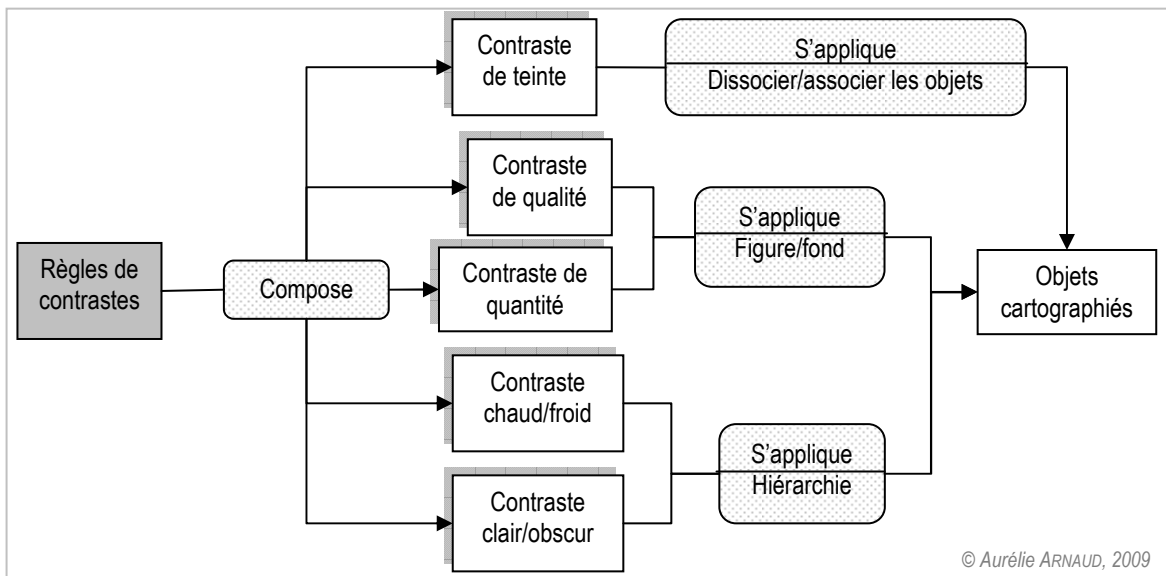


Figure 45 : Règles de contraste de SI

La modélisation des ces règles est approfondie dans les travaux de Chesneau (2006, Chapitre 3) dont le but était d'automatiser ces dernières. Nous ne nous y attarderons pas, elles ne relèvent plus de notre domaine mais de la science de l'information géographique.

Cette charte graphique permet de représenter des objets sélectionnés contenant une information, grâce à l'application de règles de sémiologie graphique intégrant les règles de cognition, mais aussi l'application de règles de généralisation lors d'un changement d'échelle cartographique. Enfin, lorsque la carte est réalisée, des règles de contraste permettent d'améliorer sa lecture (Figure 46). Toutefois, ces règles cartographiques sont limitées pour représenter certaines spécificités de l'information.

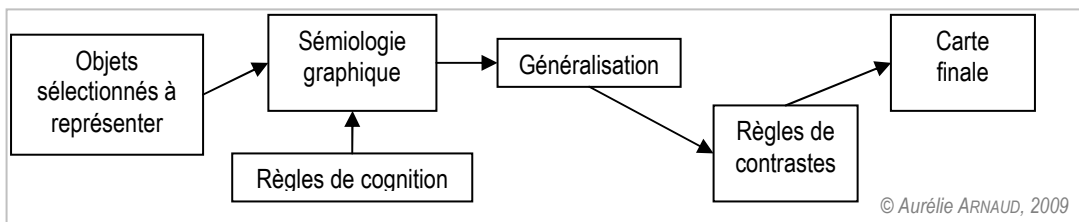


Figure 46 : Synthèse de la charte cartographique

3.2 Extensions des règles aux spécificités de l'information

D'après l'utilisation de l'information par les acteurs (cf. Chapitre 2), les cartes doivent représenter simultanément les éléments selon leurs dimensions spatiale, temporelle et thématique dont les attributs « méta-informations » et l'information multimédia. Chaque objet contient alors un certain nombre d'informations spécifiques. Les règles cartographiques modélisées ci-dessus permettent de les représenter grâce à l'application de variables visuelles (Figure 42). Toutefois, certaines spécificités restent peu cartographiables de cette manière :

les différentes temporalités et évolutions (dimension temporelle), la superposition de l'information (dimension spatiale), de nombreuses informations (dimension thématique) dont l'incertitude de l'information et la localisation de l'information multimédia (aspect introduit lors de l'étude des fonctionnalités). La modélisation de ces spécificités rebelles va-elle nous aider à proposer de nouvelles règles cartographiques ?

La Figure 47 classe les spécificités de l'information et montre qu'une partie de celles-ci informe les objets sans être représentée cartographiquement. Les spécificités apparaissent alors dans les SI à travers les fonctionnalités étudiées dans la première section. Cependant, notre objectif est de proposer de nouvelles règles intégrant les formes cartographiques afin de représenter les spécificités de l'information non valorisées par les variables visuelles de la Figure 42.

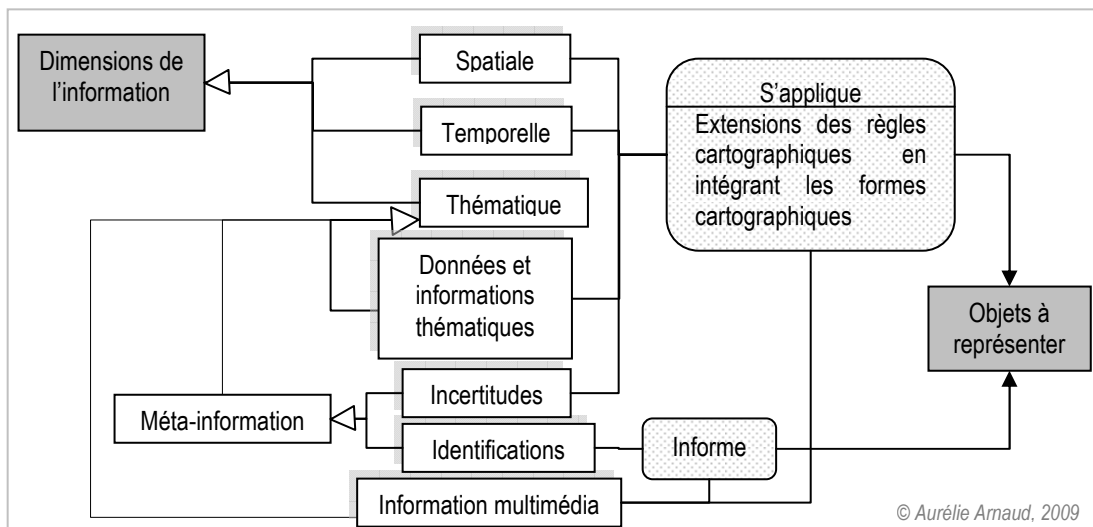


Figure 47 : Spécificités de l'information : nécessité d'extension sémiologique

Les parties suivantes présentent des extensions de règles de représentation cartographique des dimensions spatiale (§ 3.2.1), temporelle (que nous préférons englober dans une dimension « évolution », § 3.2.2) et thématique (§ 3.2.3), dont : les méta-informations (§ 3.2.3.2) et l'information multimédia (§ 3.2.3.3).

3.2.1 Extension des règles à la superposition d'information

La contrainte de la dimension spatiale rencontrée actuellement est la superposition des objets. En effet, un amas de points, de lignes ou de surfaces, demeure peu représentable au moyen d'une carte statique. La collection de cartes présente une solution mais s'applique à un nombre limité d'éléments superposés (deux à sept) : les cartes s'affichent grâce aux onglets cartographiques de l'outil de géovisualisation (cf. § 2.3). La carte animée est également un bon moyen de montrer cette information amalgamée en ajoutant la variable du mouvement. Cependant, dans le cas de la collection de cartes et de la carte animée, l'utilisateur n'a pas de repères pour distinguer la trace précédente des signes élémentaires. Deux solutions sont proposées :

1. une extension des règles cartographique (§ 3.2.1.1) ;

2. l'utilisation d'une carte 3D interactive (§ 3.2.1.2).

3.2.1.1 Règle cartographique pour la superposition d'objets

La superposition des éléments peut se représenter sur une carte en deux dimensions dans une forme interactive ou dynamique. Le principe proposé est celui de la trace : en utilisant le contraste de qualité associé à la transparence, l'objet activé est bien visible, alors que les autres éléments du même groupe sont estompés. Afin de garder une bonne lisibilité, seuls les quatre derniers éléments consultés sont visibles. Cependant, cette solution graphique ne permet pas de faire apparaître les attributs de ces objets. Un autre problème est la superposition du signe élémentaire de la ligne. Les cartes 3D apportent alors d'autres solutions.

3.2.1.2 Carte 3D pour la superposition d'objets

Les formes cartographiques en trois dimensions ici développées, s'inspirent des travaux de Kraak et Gatalsky découverts dans le troisième chapitre. Il s'agit d'un cube utilisant la troisième dimension (3D) et dont la cartographie est soumise aux règles édictées auparavant mais également à celles que nous allons développer plus loin (variables animées). Jusqu'à maintenant, nous avons vu que le cube était une solution pour visualiser des trajectoires et des points. Finalement, il permet aussi de résoudre le problème d'affichage des surfaces qui se superposent, non solutionné par les cartes animées. Nous proposons deux types de cartes 3D :

- l'une permet de visualiser la superposition d'objets ponctuels et leur attribut associé, en utilisant le signe élémentaire de la sphère permettant de mieux rendre compte des proportions. Un icône ou un texte est inscriptible directement dans les sphères, ajoutant un second attribut (Figure 48) ;

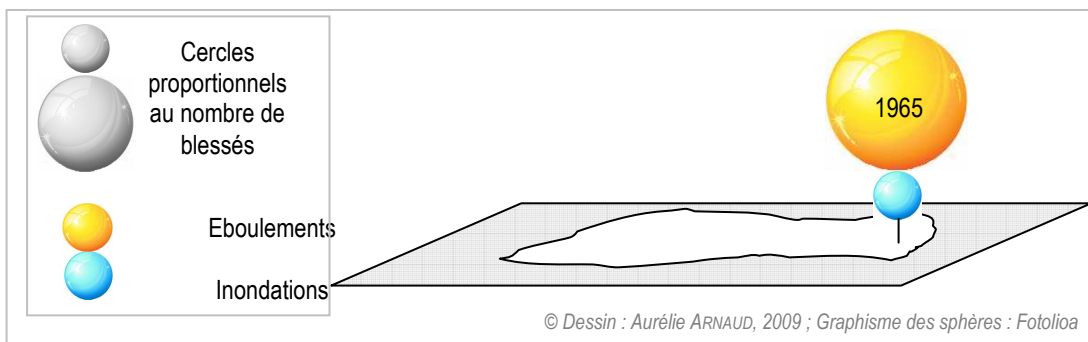


Figure 48 : Superposition d'objets à deux attributs sur une carte 3D

- l'autre type de carte 3D ajoute un axe vertical qui représente le temps ou une autre variable ce qui permet de visualiser la superposition des objets ponctuels, linéaires mais aussi surfaciques (Figure 49). Les axes qui représentent la surface plane (x et y) permettent de visualiser la carte d'origine sous un angle de vue oblique. L'axe vertical comporte des repères métriques, de manière à

déployer les objets sur l'épaisseur de la carte. Chaque plan présente un attribut quantitatif continu ou discret, ou qualitatif ordinal (ex. un volume, une date). Les variables visuelles s'appliquent à chaque plan sur le même principe de la collection de cartes (respect d'une légende commune) ajoutant alors des attributs.

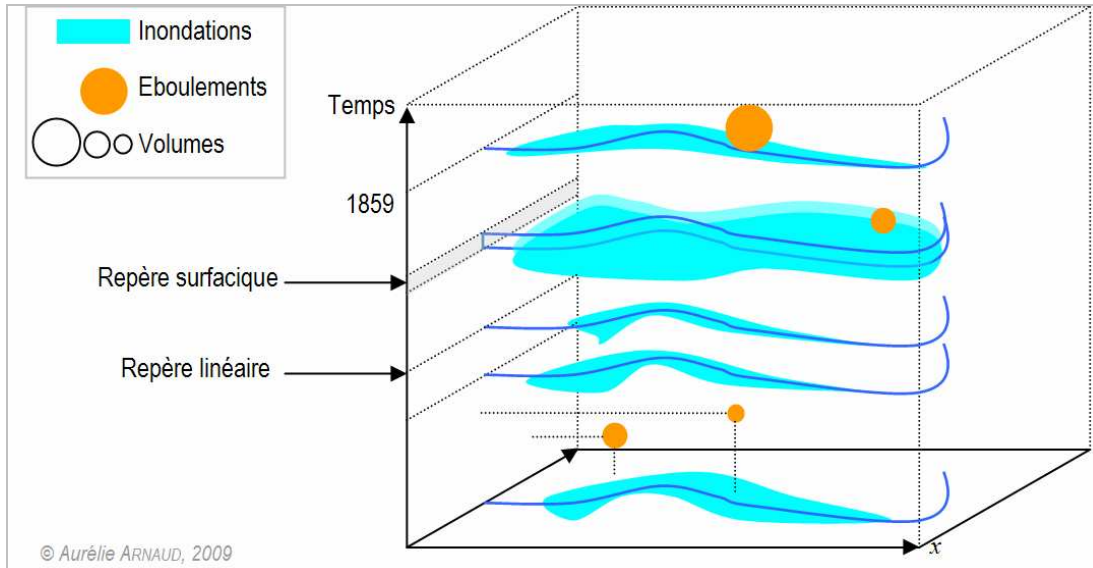


Figure 49 : Superposition d'objets et plusieurs attributs sur une carte 3D

L'intégration de repères sur l'axe vertical telles que des lignes ou des surfaces permet d'analyser les éléments dans leur ensemble. Les signes élémentaires, parallèles à la carte, glissent de haut en bas (et vice versa) le long de l'axe vertical afin de visualiser les objets sur l'intégralité de l'axe dont la granularité est réglable.

Une fonction de survol du cube permet de visualiser rapidement la carte en deux dimensions ou sous plusieurs profils, ainsi, des relations peuvent apparaître.

Dans le domaine du risque, ce cube spatio-temporel ou spatio-attributaire a un avenir certain pour aider à l'analyse des scientifiques : par exemple, la visualisation des rapports espace-temps entre les aménagements de protection et les périmètres des événements. Toutefois, d'autres relations se distinguent, celles de l'espace et des attributs permettant d'analyser de nouvelles répartitions : par exemple, les variables dynamiques de l'ordre logique (volumes d'éboulements) et de la synchronisation (les éboulements de même volume) sont maintenant visualisables.

3.2.2 Extension des règles aux évolutions

La visualisation des évolutions²² est contrainte par l'affichage des temporalités et du mouvement. Une sémiologie graphique s'est développée afin de les représenter (Chapitres 3

²² Nous utiliserons le terme « évolution » pour désigner l'ensemble des critères, des variables et des pictogrammes faisant référence au mouvement et aux temporalités. En effet, « évolution » regroupe les critères temporels qui peuvent ne pas évoluer dans l'espace (ils restent immobiles), et les critères de mouvement qui peuvent bouger sans évolution temporelle.

et Figure 42 de ce chapitre). Toutefois elle ne montre pas l'intégralité des temporalités (les critères temporels, le temps métaphorique et les relations temporelles), encore moins des mouvements d'objets. De plus, le critère du déplacement des objets est peu évoqué. Nous avons aussi découvert dans le chapitre précédent que les formes cartographiques, autres que statiques, venaient en aide mais que leur lecture n'était pas toujours évidente. Ou encore, les technologies Web permettent leur visualisation mais ne sont pas systématiquement exploitées. Par conséquent, les paragraphes qui suivent tentent de proposer de nouvelles règles adaptées à ces formes cartographiques afin de représenter les évolutions.

Nous avons découvert que l'outil de géovisualisation comporte de nombreuses fonctionnalités permettant d'afficher ces temporalités (ex. « les événements inondations » apparaissent grâce aux fonctionnalités des relations temporelles/outils temporalités). Cependant, comment les représenter sur la carte ? Toutes les évolutions ne sont pas nécessairement intéressantes à représenter. C'est le cas de l'espacement temporel qui se repère bien sur le graphique de la fenêtre « évolutions » et encore mieux sur l'axe vertical d'une carte 3D spatio-temporelle. Quant à l'aspect cyclique d'un élément, il est distingué à travers l'observation de la période de retour sur un graphique. Enfin, le temps linéaire s'affiche de fait sur la carte puisque le défilement dans un ordre chronologique des objets, induit naturellement cette dimension.

A présent, nous allons présenter les représentations cartographiques concrètes des évolutions à travers les variables statiques et les variables de mouvements (§ 3.2.2.1) mais également grâce à de nouvelles variables d'évolutions pour des formes cartographiques dynamiques (§ 3.2.2.2) et 3D et (§ 3.2.2.3).

3.2.2.1 Cartographie statique des évolutions

Un objet évolue sur une carte de quatre façons : dans le temps (évolution temporelle), dans l'espace (évolution spatiale), dans une thématique (seul l'attribut z change dans un temps et un espace inchangés). Il évolue non pas dans une seule de ces dimensions (nommé stagnation) mais le plus souvent dans deux ou trois de celles-ci : l'espace et le temps, l'espace et la thématique, le temps et la thématique ou les trois simultanément (Figure 50).

La cartographie des évolutions comprend alors au minimum un fond cartographique sur lequel sont représentés des objets (carte statique) qui évoluent (collection de cartes, carte animée) et au maximum trois axes (carte 3D).

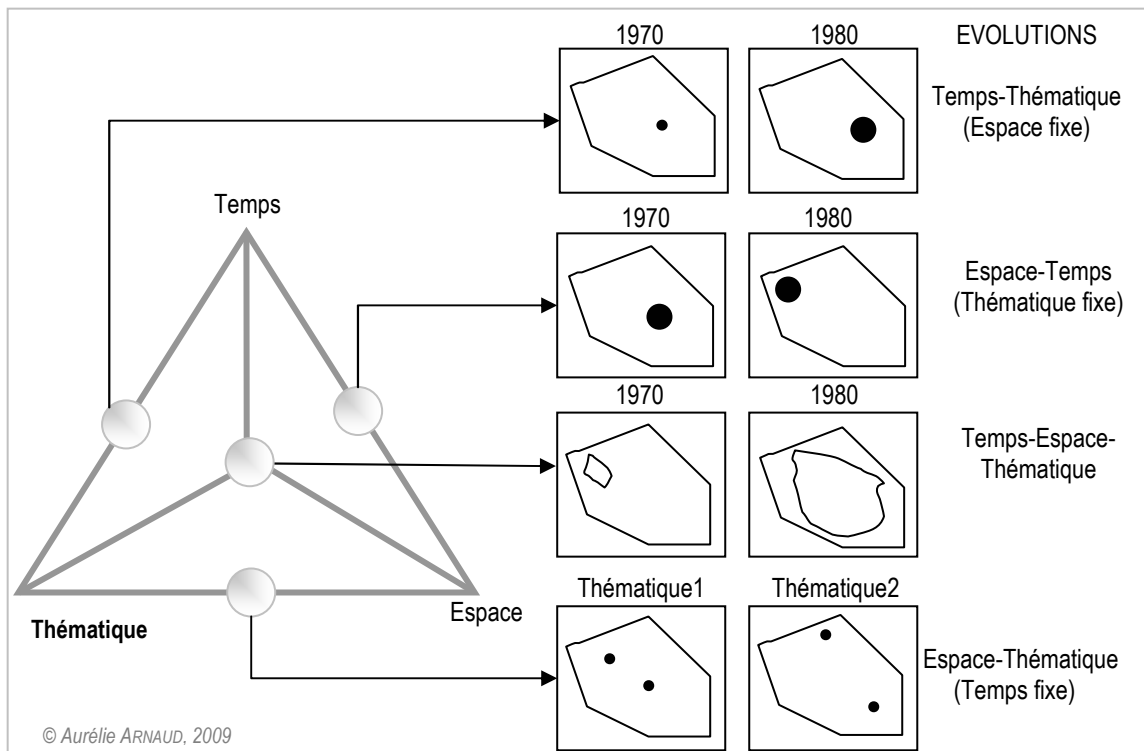


Figure 50 : Evolutions d'un objet sur une carte

Afin de représenter les évolutions, les variables statiques et de mouvement développées dans le troisième chapitre, mais aussi la représentation sous forme de trace, s'appliquent alors aux signes élémentaires des cartes de la manière suivante. Si la carte est :

- Temps-Thématique : utilisation de la forme, la taille, la couleur (teinte), la direction et la vitesse de changement ;
- Espace-Temps : utilisation de la localisation, la valeur de la couleur, la valeur, transparence accompagné de l'application de la règle de la trace : surface transparente quand la date d'occurrence de l'élément est lointaine, qui devient de plus en plus opaque lorsque l'on se rapproche du présent ;
- Thématique-Espace : utilisation de la localisation du signe élémentaire associée à la thématique. Cette technique est particulièrement révélatrice d'un groupe d'objets synchrones ;
- Espace-Temps-Thématique : utilisation de la forme associée à la localisation, la localisation associée à la couleur, la localisation associée à la taille et le point de vue (ex. deux acteurs positionnent, qualifient et situent dans le temps un objet de deux manières différentes). Dans ce cas les variables de mouvement s'associent deux à deux afin de représenter les évolutions dans l'espace et dans le temps et selon plusieurs thématiques. Nous allons découvrir d'autres techniques (cartes dynamiques et carte 3D).

Les objets évoluent autrement que de manière chronologique ou synchrone. Ils peuvent évoluer en fonction des temporalités telles que nous les avons définies dans le deuxième chapitre. Les variables visuelles modélisées dans la sous-section précédente s'adaptent alors

à la représentation de certains critères temporels ainsi qu'au mouvement lorsqu'ils sont considérés eux-mêmes comme des attributs thématiques (en gris dans le Tableau 10). L'application de ces variables se réalise dans cartes statiques mais également des collections de cartes²³ (Tableau 10).

Critères d'évolution	Nature de l'attribut	Sémiologie de la carte statique	Sémiologie de la collection de cartes
MOMENT D'OCCURENCE		Localisation du signe élémentaire	Localisation du signe élémentaire
DUREE	Qualitatif ordinaire	Emploi de la valeur, valeur + couleur, grain	Présence du signe d'une carte à l'autre
VITESSE	Quantitatif continue	Emploi de la valeur, valeur + couleur	Emploi de la valeur, valeur + couleur
FREQUENCE	Quantitatif discret	Emploi de la taille, grain (mais déconseillé). La transparence, la valeur ou la valeur + couleur sont également possible.	Emploi de la taille, grain (mais déconseillé) avec la possibilité de juxtaposer les cartes grâce aux onglets de l'outil.
ORDRE CHRONOLOGIQUE	Qualitatif ordinaire	Emploi de la valeur, valeur + couleur, grain. Cette représentation est peu employable si les figurés se superposent.	La juxtaposition de cartes correspond à un enchaînement chronologique des objets.
PERIODE DE RETOUR	Quantitatif discret	Emploi de la taille, grain (mais déconseillé).	Emploi de la taille, grain (mais déconseillé).
ORDRE LOGIQUE	Qualitatif ordinaire	Idem « ordre chronologique » mais dans ce cas, la variable est attributaire et présente les localisations d'un ordonnancement.	
SYNCHONISATION	Association	Emploi de la couleur	Apparition de groupes d'objets sur différentes cartes juxtaposées
TRAJECTOIRE		Emploie de la variable visuelle de l'orientation	Localisation du déplacement du signe élémentaire d'une carte à l'autre

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 10 : Règles sémiologiques statiques appliquées au temps et au mouvement

La perception de l'évolution d'objets à travers une collection de cartes est réduite à une durée relativement courte. Pour une séquence temporelle plus longue, seule une progression lente de l'événement peut être appréciée (ex. phénomène d'érosion, d'urbanisation). Sinon, comme nous l'avons vu dans le Chapitre 2, il est impératif de multiplier les cartes de la série, ce qui nécessite une grande surface d'affichage (ex. un grand écran d'ordinateur). Cette représentation convient donc pour des événements à progression relativement lente ou moyenne sur des périodes de temps réduites ou moyennes, ou pour la représentation d'événements différents, issus d'un même risque. Ce constat est d'ailleurs justifié par les travaux de Griffin *et alii* (2004) qui montre que certains phénomènes sont plus ou moins lisibles selon le rythme de présentation d'une série de petites cartes. L'analyse de cette dimension sur les cartes en ligne dans le Chapitre 2 (Section 3) va également dans le sens de ces propos.

La représentation de certains critères temporels entraîne des problèmes de superposition d'objets dont nous avons aperçu les solutions dans la sous-section précédente (la règle cartographique de la trace, la carte dynamique et la carte 3D).

Dans le cas de la fréquence : le grain, la transparence, la valeur associée à la couleur et la

²³ Chaque carte de la collection à une date ou une valeur d'attribut autre que le temps.

valeur sont des variables visuelles montrant bien ce critère car le lecteur associe le dégradé d'intensité des couleurs à un dégradé de fréquence. Cependant, nous ne l'utiliserons pas pour réserver ces variables à la représentation de l'incertitude. En effet, d'une manière plus générale, utiliser ces variables pour représenter le temps ou le mouvement, limite la possibilité de cartographier d'autres attributs. L'utilisation de l'environnement animé et interactif (§ 3.2.2.2) mais aussi de la carte 3D (§ 3.2.2.3) offerts par l'outil de géovisualisation sont les pistes que nous exploitons pour représenter autrement les évolutions.

3.2.2.2 Règles cartographiques pour les cartes dynamiques

Une autre forme cartographique utilisée pour la représentation des temporalités et du mouvement est la carte dynamique. Son intérêt est de mieux représenter le temps tout en laissant les variables visuelles libres pour la représentation d'autres attributs thématiques. La construction d'une carte dynamique se réalise en choisissant dans la partie centrale de la légende interactive, des objets et un attribut à afficher ; puis dans la partie inférieure de la légende, le paramètre d'évolution de la carte (ex. le temps, un thème). Nous nous intéressons ici particulièrement à la représentation cartographique de ces évolutions. Cependant, nous parlerons davantage de « carte animée » et non de « carte dynamique » puisque nous traitons dans ce paragraphe précisément des règles cartographiques concernant la carte sans son environnement animé.

La carte animée est soumise aux règles de cartographie statique recommandées précédemment (cf. variables de mouvement), cependant, son caractère animé impose une proposition concernant de nouvelles règles de représentation des temporalités et du mouvement à travers la définition de « variables d'évolutions » fondées sur les théories développées dans le Chapitre 3. Cependant, si ces dernières définissent des règles de représentation statique du temps à animer (variables de mouvement) afin de représenter les « variables dynamiques »²⁴, celles-ci abordent peu des variables elles-mêmes mouvantes qui permettraient de représenter réellement le mouvement des objets dans des cartes animées (Tableau 11).

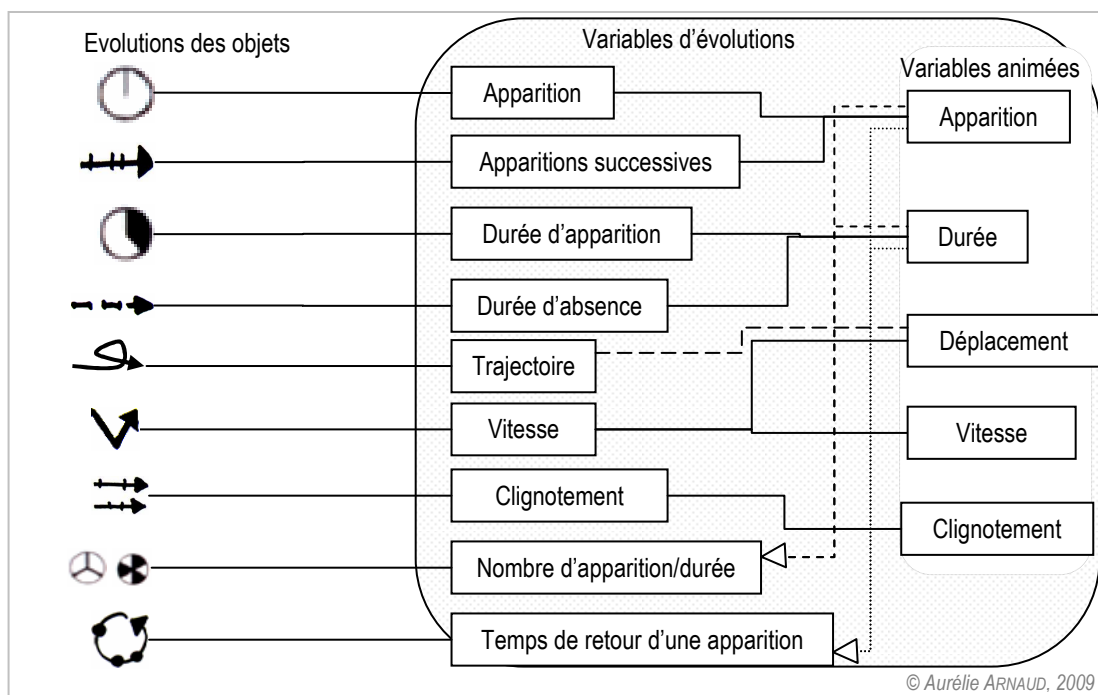
Le Tableau 11 montre alors huit variables d'évolutions permettant de représenter les objets sur une carte animée : les apparitions successives, la durée d'apparition/la durée d'absence, la vitesse, le clignotement, le nombre d'apparition/unité de temps et temps de retour d'une apparition. Nous en proposons une modélisation au moyen des pictogrammes présentés dans la première section (Figure 51) et utilisés lors de la modélisation des connaissances sur l'information du risque et des événements.

²⁴ Nous rappelons que nous avons renommé les « variables dynamiques » en « variables temporelles » et « variables de mouvement » afin d'éviter toute confusion avec le terme dynamique employé dans l'expression « carte dynamique ».

	Critères d'évolutions	Variables d'évolutions	Description
Variables temporelles	Moment d'occurrence (date)	Apparition	Apparition d'un signe élémentaire
	Durée du temps de vie d'un objet	Durée d'apparition	Durée d'apparition d'un signe élémentaire. Le temps de l'animation est proportionnel au temps de la durée des éléments.
	Espacement chronologique	Durée d'absence	Durée d'absence d'un signe élémentaire
	Fréquence	Comptage d'apparitions équivalentes	Nombre d'apparitions de signes élémentaires dans un intervalle temporel
	Période de retour	Temps de retour estimé d'une apparition	Temps moyen entre des apparitions récurrentes
Variables temporelles et de mouvement	Vitesse	Vitesse de déplacement	Vitesse de déplacement d'un signe élémentaire. Vitesse de changement d'une variable visuelle. La vitesse varie proportionnellement avec la rapidité d'exécution réelle.
	Ordre	Apparitions successives	Apparitions successives d'au moins deux figurés. L'animation des cartes correspond à l'ordre chronologique des dates (ou des thématiques), et fait apparaître l'évolution de la localisation des signes élémentaires.
	Trajectoire	Déplacement	Mouvement d'un objet sur la carte
	Synchronisation	Clignotement	Clignotement en phase de signes élémentaires appartenant à un même groupe

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 11 : Proposition de variables d'évolutions



© Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 51 : De l'évolution des objets aux variables animées

En terme de représentation cartographique animée, ces variables d'évolutions se simplifient : l'apparition, la durée, la vitesse et le clignotement sont alors les quatre variables d'évolutions de base que nous nommerons « variables animées » puisqu'elles sont dédiées à l'activation des objets de cartes animées.

3.2.2.3 Lecture des évolutions sur une carte 3D

La visualisation de la carte 3D présente un grand intérêt du fait de sa capacité à afficher le temps, l'espace et la thématique d'objets simultanément. Outre sa qualité d'éviter la superposition des objets, la carte 3D permet également d'apprécier l'ensemble des critères d'évolution des éléments :

- le moment de représentation : la localisation d'un objet à un temps donné se lit sur l'axe vertical ;
- la durée : celle-ci s'affiche dans l'épaisseur de la carte. En effet, les événements étudiés dans les écrits de Kraak et Gatalsky sont des événements instantanés, qui durent quelques secondes (accident de la route, séisme). Si cela se vérifie pour les éboulements de terrain, il n'en n'est pas de même pour les inondations. Ces dernières, sur un territoire défini, durent de quelques minutes à quelques semaines, voire quelques mois. L'épaisseur de la surface permet alors de visualiser la durée d'un objet surfacique (Figure 49) ;
- l'espacement temporel : se repère en lisant l'intervalle de temps entre deux dates de vie d'objet ;
- l'ordre chronologique : s'apprécie en observant les objets du cube de bas en haut ou *vice versa*.
- Les relations temporelles : la combinaison de l'axe temporel vertical sur lequel s'affiche les cartes horizontalement et des axes plan (x ;y) permet d'observer les relations temporelles entre les objets.

L'interactivité de la carte 3D rend aussi accessible :

- la fréquence : en visualisant le nombre d'événements pour une unité de temps définie par l'utilisateur ;
- la période de retour : en calculant les intervalles temporels moyen de récurrence d'apparition d'un élément (ex. période de retour d'un phénomène inondation).

L'animation de la carte 3D permet également d'observer :

- la vitesse : lors de l'animation de la carte 3D, la visualisation de la déformation d'un signe élémentaire ou de sa trajectoire permet de percevoir un taux de changement ;
- la synchronisation : elle s'observe à travers la visualisation d'objets appartenant à une même classe, l'animation facilite alors le repérage des objets correspondant à l'une ou l'autre classe (ex. le clignotement) ;
- le déplacement des objets est observé.

L'extension des règles de représentation des évolutions est constituée de la création des

variables d'évolutions qui nécessite un environnement animé (variables animées) et interactif (notamment des outils temporalités afin d'afficher la fréquence et la période) pour être affiché. La représentation cartographique des évolutions utilise alors les variables visuelles statiques mais aussi les variables animées.

3.2.3 *Prise en compte de la dimension thématique*

La dimension thématique est composée de plusieurs types d'informations (Figure 47) consultables dans la fenêtre informationnelle :

- les données et les informations de premier et de deuxième ordre (tableaux de données et informations)²⁵ ;
- les méta-informations : l'incertitude et l'information d'identification ;
- l'information multimédia.

La charte cartographique présentée dans la sous-section 3.1 montre que les données et les informations sont cartographiables en fonction de leur spécificité. Cependant, lorsqu'elles sont nombreuses, qu'elles constituent une méta-information ou s'il s'agit d'une information multimédia, elles posent problème (cf. résultat du Chapitre 2). Comment représenter de nombreux objets (§. 3.2.3.1) ? L'incertitude s'affiche également sur la carte : quels moyens utiliser pour la représenter (3.2.3.2) ? L'information multimédia peut-elle se localiser et par quels moyens (3.2.3.3) ?

3.2.3.1 Représentation cartographique de nombreux attributs

La possibilité de cartographier une multitude d'attributs impose simultanément un problème de représentation de l'information. Nous avons découvert quelques solutions à travers l'étude du cube 3D qui permet de cartographier de l'information superposée, mais également grâce aux fonctionnalités de l'outil de géovisualisation.

Néanmoins, d'autres solutions apparaissent pour représenter plusieurs attributs sur une carte grâce aux règles visuelles. D'après le chapitre précédent, les représentations graphiques en camembert et en histogramme permettent de représenter un grand nombre d'attributs thématiques sur la carte. Leur localisation positionne l'objet, et le nombre de parts, ou de barres, sont autant d'attributs représentés (ex. débits d'une inondation pour chaque jour ; ou encore la surface de la niche d'arrachement et de la zone de dépôt). Toutefois, si l'on désire préserver la lisibilité de la carte, ce nombre d'attributs n'est pas illimité. Par extension des propos de Bertin (1967), elle ne doit pas comporter plus de 7 variables, nous déduisons alors qu'au-delà de 7 attributs, les graphiques demeurent peu lisibles. Cette solution s'inscrit dans

²⁵ Il peut s'agir d'une information directement issue d'instruments de mesures ou d'observations (information unanime et relativement objective), comme d'information issue d'interprétations ayant fait appel à la connaissance des producteurs de cette information (information moins objective, que nous nommons toujours information de premier et de deuxième ordre).

la technique de généralisation proposée par Fredrikson (*in* Gatalsky, 2004) qui fait apparaître un grand nombre d'éléments à travers leur agrégation. Appliquée à notre problématique, cette technique permet de résumer les caractéristiques d'objets par unité de territoire dans un diagramme en bâtons : ex. nombre total d'événements, durée de l'événement et surface des dommages par commune. Cependant, cette technique ne rend pas suffisamment compte du temps et de l'espace simultanément. Se sont alors les solutions précédentes qui permettront de visualiser un plus grand nombre d'informations.

3.2.3.2 Extension des règles à la cartographie de l'incertitude

L'information sur l'incertitude est multiple et la Figure 42 (p391) de ce chapitre trame une possibilité de la cartographier. Néanmoins, avant de s'attarder sur sa représentation, il est nécessaire de créer un modèle détaillé à travers un diagramme de classe afin que ce type d'information puisse être implémenté dans la Base de Connaissance (BC) de GenGHIS.

3.2.3.2.1 Modélisation de la méta-information : extension de la structure de la BC

La Figure 52 propose une représentation de la méta-information de manière générique afin de prendre en compte non seulement l'incertitude mais également l'information sur l'identification même si elle n'est pas cartographiée.

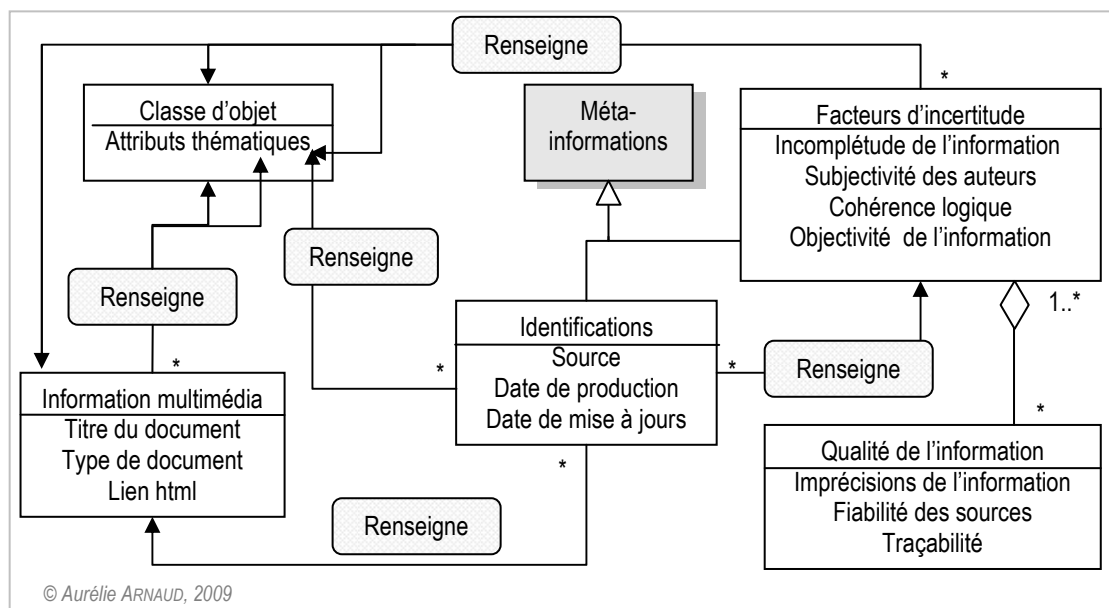


Figure 52 : Modélisation de la Méta-information

La méta-information est constituée d'informations sur l'incertitude des attributs contenus dans les classes d'objets, ainsi que d'informations sur l'identification. La classe « facteurs d'incertitude » est qualifiée par plusieurs éléments : l'incomplétude, la subjectivité des auteurs, la cohérence logique entre les données et l'objectivité de l'information ; mais aussi par des éléments sur la qualité de l'information. Ces derniers constituent une classe à part afin d'aider la consultation de cette catégorie d'information mais aussi pour faciliter sa localisation sur une carte. La classe « facteurs d'incertitude » renseigne aussi bien la classe d'objets que ses attributs.

La classe « identification » renseigne par exemple les sources et la date de production d'information multimédia, des facteurs d'incertitude ainsi que des attributs thématiques autres que ceux-ci.

La classe « classe d'objets » est une classe générique à toutes celles vue dans les diagrammes d'objets lors de la structuration de la BC (Section 2, § 2.1). C'est-à-dire que chaque classe possède cette extension : une « classe objet » est renseignée par des attributs thématiques (dont nous avons exploité les moyens de représentation cartographique), mais aussi par l'information multimédia et la méta-information qui sont de l'information thématique.

Le modèle permet de structurer l'information sur les méta-informations afin de le consulter à travers les fonctionnalités de l'outil de géovisualisation (analysées dans la première section). La Figure 52 nous aide également à comprendre l'incertitude afin de proposer une représentation cartographique.

3.2.3.2.2 *Représentation cartographique : variables d'incertitude*


Malgré leur importante utilité, peu de cartes mettent en valeur les facteurs d'incertitude de l'information. En effet, le Chapitre 3 révélait sa complexité sémantique. Cependant, une représentation cartographique est quand même proposée en complément des fonctionnalités détaillant l'incertitude, présentée dans la première section de ce chapitre. Cette représentation se réalise de deux façons. L'une est générique afin de donner à l'utilisateur une idée globale de la qualité de l'information qu'il visualise :

1. la localisation d'objets contenant de l'information sur :
 - a. les facteurs d'incertitude :
 - b. son existence ;
 - c. ses attributs thématiques ;



l'autre est plus précise, représentant quelques facteurs d'incertitude :

2. l'imprécision de la localisation d'objets liée à une imprécision sémantique (ex. proche de l'église), spatiale (ex. 1 à 2m) ou due à l'échelle d'observation de la carte (zoom sur un signe) ;
3. la localisation de zones présentant une incomplétude informationnelle en fonction d'une thématique étudiée.




Deux méthodes sont employées pour représenter ces incertitudes en créant des « variables d'incertitude » issues :

- des règles de sémiologie graphique (Figure 42 – p.391) : la ligne en pointillé (le gain appliqué à la ligne), le foyer (ponctuel), la surface floue ou transparente ;
- des symboles évocateurs (Figure 44 – p.393) associés à une variable animée :
 - o l'idée de l'oscillation proposée par Pang (*in* Griethe et alii, 2006) dans le Chapitre 3 est reprise en créant un figuré ponctuel qui représente une ligne qui oscille de manière animée  afin de créer une sensation

d'instabilité ;

- un point d'interrogation clignotant : le clignotement crée un sentiment d'instabilité, face aux autres figurés stables, le point d'interrogation renforce ce sentiment .
- Un figuré expressif clignotant indique une anomalie .

La cartographie de l'incertitude se représente alors à travers l'application des variables d'incertitude comme suit (Tableau 12).

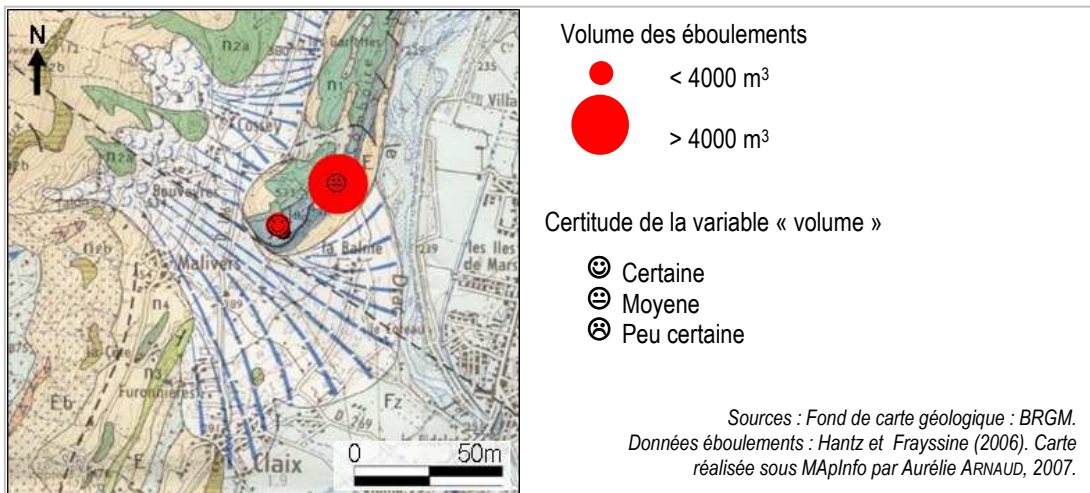
Représentation de l'incertitude		Variables d'incertitude	Interactivité de la carte	
Incertain				
Présence d'information sur les facteurs d'incertitude		 oscillant	icône cliquable	
Existence de l'objet		 clignotant	icône cliquable	
Incertain		 clignotant	icône cliquable	
Facteurs d'incertitude				
Qualité de l'information	Imprécision (dimension floue)	Foyer (point) Pointillé (ligne) Transparence (surface)	Info-bulles	
	Traçabilité (erreurs techniques dans la lignée, généalogie)		Info-bulles	
	Fiabilité/crédibilité des sources		Info-bulles	
	<i>Incomplétude de l'information</i>		Zones floues (surface)	Info-bulles
	Objectivité (exactitude) de l'information			Info-bulles
	Cohérence logique (accord/désaccord)			Info-bulles
	Subjectivité des auteurs			Info-bulles

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 12 : Représentation de l'incertitude et variables de l'incertitude

L'incertitude prend alors tantôt l'aspect d'un objet (symboles oscillant ou clignotant qui représentent l'incertitude globale), tantôt celui d'un attribut (variables s'appliquant aux signes élémentaires des objets qui représentent certains facteurs d'incertitude). Ces variables tiennent compte du problème de la superposition de l'information en proposant des figurés clignotant ou oscillant ou encore des variables qui n'obturent pas le fond de carte. L'utilisateur a alors conscience que cette information est différente de celle des couches d'information « classique » (ne portant pas sur l'incertitude).

Dans le cas de la représentation d'incertitude s'appliquant aux attributs thématiques, le figuré expressif est spatialisé sur l'objet cartographié déjà habillé d'un attribut classique. Par exemple, cette technique permet de représenter la variable d'incertitude du figuré expressif (avec l'ajout d'un degré de certitude possible selon la disponibilité de l'information et son interprétation) superposée à la variable visuelle de la taille (Carte 1).



Carte 1 : variable d'incertitude s'appliquant à des attributs thématiques

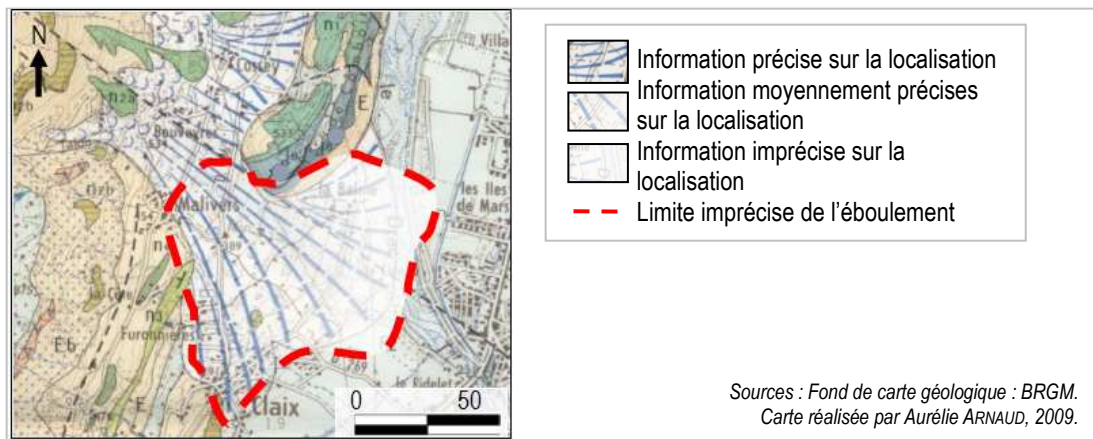
L'imprécision spatiale est cartographiable à grande comme à petite échelle. Par exemple, la cartographie imprécise de la localisations de phénomènes (ex. la limite de l'objet est peut-être localisé ici) se traduit par un « polygone d'occurrence » (surface transparente) sur la carte dont les bords sont en pointillés afin de signifier que la limite n'est pas certaine (Carte 2). A plus petite échelle, une localisation imprécise (ex. l'objet ponctuel est peut-être localisé ici) se traduit ponctuellement par un foyer (Carte 2).



Carte 2 : Représentation de l'imprécision spatiale

Les variables d'incertitudes peuvent également afficher la précision de l'information sur la localisation des objets. Toutefois, ceci implique une bonne connaissance des ordres de grandeurs (ex. plus ou moins 2 mètres), la variable d'incertitude de la transparence varie alors en se comportant comme un attribut qualitatif ordinal (Carte 3)²⁶.

²⁶ Une application intéressante serait d'utiliser la variable du grain sous forme de trame, où la trame ouverte aux extrémités produirait un sentiment d'incertitude (Rapin26, in Arnaud, 2003). Cette représentation est d'ailleurs souvent suggérée dans les écrits, comme par exemple, l'utilisation d'un dégradé de trame (Borrel, 1994 ; D'Erwann *et al*, 2003)



Carte 3 : Représentation de valeurs imprécises

La représentation des lacunes informationnelles au moyen de zones floues est accompagnée d'une représentation graphique hyperliée (§ 1.2.3.5). Cette technique permet alors de découvrir l'information sur les lacunes informationnelles de manière spatio-temporelle.

Ces propositions permettent alors d'afficher l'incertitude de l'information contenue dans les objets cartographiés simultanément aux attributs thématiques classiques, sans surcharger la carte.



3.2.3.3 Extentions pour les cartes multimédias

L'information multimédia est consultable à partir de la fenêtre informationnelle (cf. Section 1 de ce chapitre). La Figure 52 propose une relation de celle-ci par rapport à l'objet renseigné, permettant à l'utilisateur d'associer l'information multimédia à classe d'objet (lien html) ou directement liée à un attribut de la classe. Cependant, comment l'utilisateur peut-il connaître l'existence des objets renseignés par ce type d'information ? Comment représenter cette information sur une carte ?

Deux formes de cartes multimédias sont alors proposées :

1. la carte multimédia qui localise les objets renseignés par l'information multimédia.
2. la carte multimédia qui localise les sources de stockage physique de l'information (ex. les archives du département).

Afin de représenter ces localisations sans interférer avec les autres représentations, deux symboles apparaissant quelques secondes puis disparaissent. Ils peuvent également être activés par l'utilisateur (Tableau 13). Le « i » de « information » bien connu est repris.

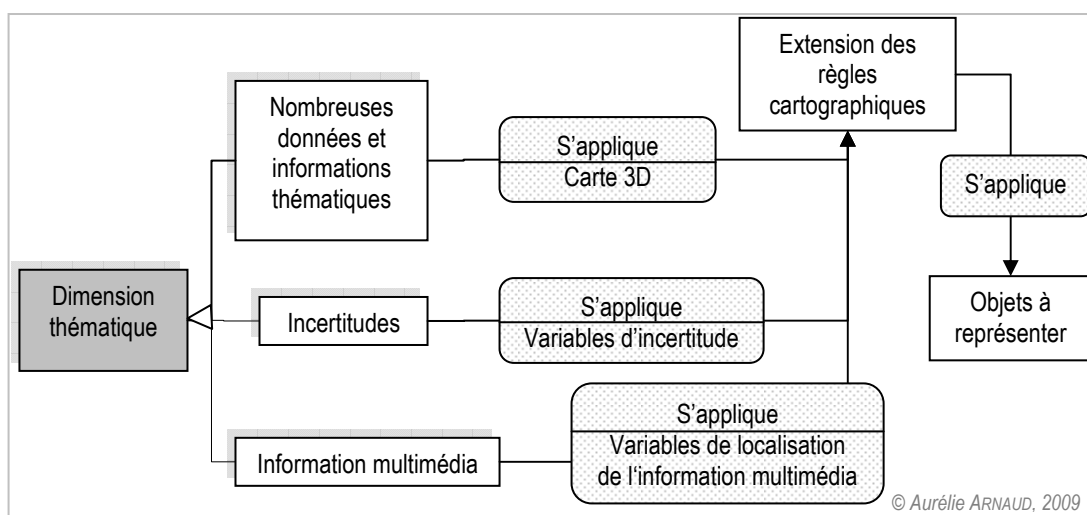
Localisation de l'information multimédia	Variables de localisation de l'information multimédia
Objet contenant de l'information multimédia	 le « i » figure dans un cercle près de l'objet concerné
Localisation physique de l'information multimédia	 le « i » figure dans un carré qui évoque la stabilité : ici, le lieu du stockage de l'information.

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 13 : Variables de localisation de l'information multimédia

Cette cartographie multimédia se réalise à toutes les échelles. Cependant, nous avons vu dans la première section qu'une fonction (la fonction « The ») permet également de visualiser les documents en zoomant sur la fenêtre cartographique, faisant apparaître les documents au fur et à mesure du zoom.

La récapitulation de nos propositions de représentation de la dimension thématique sont modélisées ci-dessous (Figure 53).



© Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 53 : Extensions des règles cartographiques appliquées à la dimension thématique

La proposition d'extension des règles cartographiques appliquées à la dimension thématique de l'information se compose de cartes 3D pour améliorer la représentation de nombreuse données et informations, de variables d'incertitudes pour afficher l'information incertaine, enfin, de variables de localisation de l'information multimédia de manière à repérer sur une carte l'emplacement de celle-ci.

L'ensemble de cette méthode cartographique (utilisation de la charte graphique et de l'extension de règles) ne comporte pas pour l'instant l'adaptation de la représentation cartographique aux besoins des acteurs et plus précisément à leurs connaissances. Nous développerons ce volet lors de son application à l'IIDE sur la couronne grenobloise (§ 4.1).

Tout au long de cette troisième sous-section, diverses formes cartographiques ont été utilisées pour valoriser certaines spécificités de l'information. Toutefois, quelle place

occupent-elles dans l'outil ? Comment les modéliser dans la continuité de nos propositions ?

3.3 Les formes cartographiques

Les formes cartographiques contiennent l'ensemble des règles cartographiques. Elles viennent en aide à la valorisation des spécificités de l'information. Cependant, comportent-elles des liaisons entre-elles ? Comment s'organisent-elles dans un outil de géovisualisation ? Comment indiquer leur utilisation lors de la modélisation des connaissances (§ 2.1) ?

Le premier objectif est de proposer un modèle de compréhension de la structure des formes cartographiques dans un outil de géovisualisation. Un autre objectif est de trouver un moyen d'association de ces formes cartographiques à la représentation des objets.

Une première partie présente alors la modélisation des formes cartographiques tandis qu'une seconde propose une façon de les signaler au niveau des modèles de classes d'objets.

3.3.1 Modélisation des formes cartographiques

Le modèle qui suit (Figure 54) propose une démarche d'utilisation des formes cartographiques multiples dans un outil. Elles se servent des techniques de géovisualisation. Ces formes s'alimentent aussi de la méthode cartographique proposée. En effet, celle-ci s'applique aux objets structurés dans la BC (§ 2.1) puis intègre plusieurs formes cartographiques, une carte animée, ou un format de carte statique (carte statique ou collection de cartes).

Les formes de cartographie statiques sont à l'origine de toutes les autres formes cartographiques. Ces formes de base permettent ensuite de réaliser des cartes 3D, des cartes animées²⁷, mais également des cartes interactives, des cartes dynamiques et des cartes multimédia. L'association des techniques interactives à une carte animée forme une carte dynamique. Tandis que l'information multimédia localisée jointe à des techniques interactives forment une carte multimédia. Les cartes interactives, dynamiques et multimédia, composées de techniques interactives, permettent alors d'appliquer des méthodes interactives. En effet, ces formes de cartes possèdent des hyperliens qui permettent de les manipuler en cliquant dessus, ou sur des onglets, des graphiques mais encore des tableaux accompagnant la carte. Ces cartes sont également pourvues de fonctionnalités permettant la navigation sur ces dernières, mais aussi sa personnalisation, la recherche d'information ou encore l'exploration de l'information détaillées dans la seconde sous-section (§ 2.3) grâce à une interface de visualisation (§ 2.2).

²⁷ Les cartes animées peuvent être composées d'une collection de cartes statique mais également d'une seule carte statique sur laquelle évolue des agents (objets en mouvements).

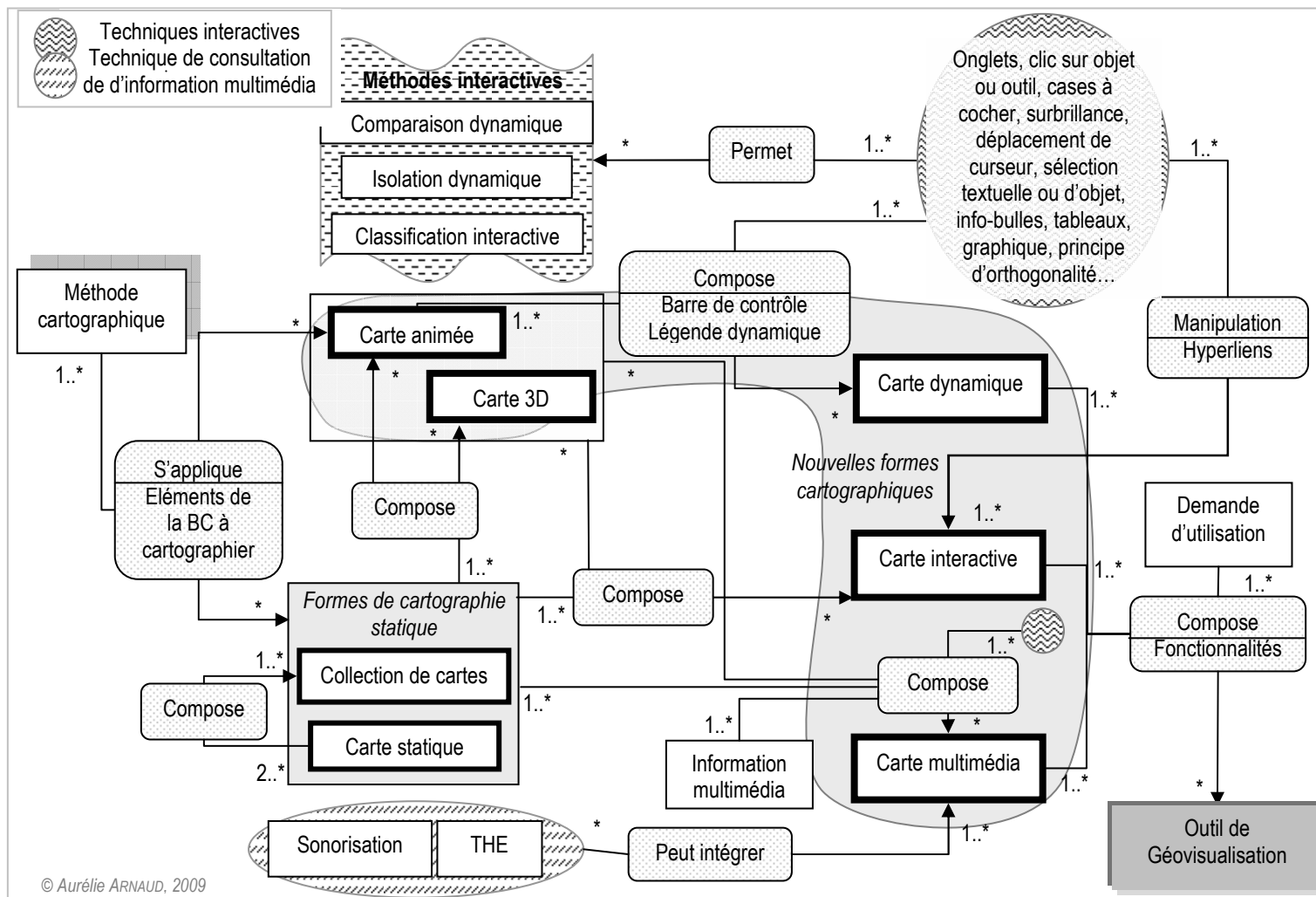


Figure 54 : Modélisation de la composition d'un outil de géovisualisation

Les techniques de géovisualisation intégrées dans la plateforme GenGHIS permettent d'afficher de nombreuses formes cartographiques. Ceci est possible grâce à de nombreuses fonctionnalités spatio-temporelles et attributaires, mais aussi grâce aux environnements interactifs, animés et au principe d'orthogonalité. Toutefois, la collection de cartes et la carte 3D ne sont pas encore implémentées.

3.3.2 Indication des formes cartographiques dans les classes d'objets

La signalisation de l'emploi de telle forme cartographique ou d'une autre pour représenter un objet ou des groupes d'objet est délicate. Les pictogrammes associés aux formes de cartographie ne peuvent pas apparaître directement dans les classes d'objets, comme les pictogrammes d'évolutions, au risque d'encombrer la lecture des diagrammes. Nous proposons d'intégrer les pictogrammes au niveau des classes mais dans un agencement autre qu'un modèle afin de faire ressortir également la généralisation des représentations des objets (telles représentées dans le paragraphe § 1.2.2.1). Ainsi, tous les paramètres de représentation des objets seront rassemblés dans une même figure (Figure 55).

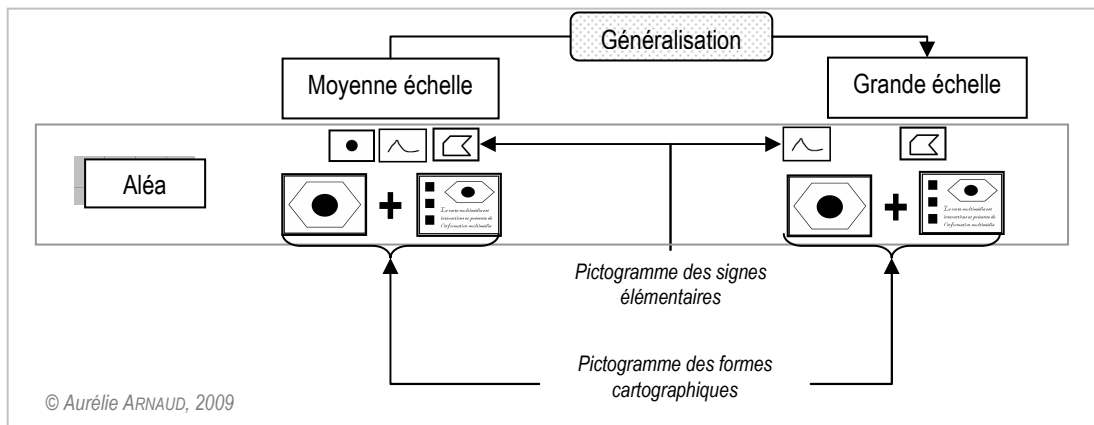


Figure 55 : Exemple de modélisation de la représentation cartographique d'objets

La méthode cartographique que nous venons de spécifier est générique à tous les SI générés par GenGHIS. Les objets ainsi que les spécificités de l'information qui les composent sont maintenant prêts à être implémentés en l'appliquant d'une part à l'Information dédiée aux Evénements (IDE), d'autre part, au module de présentation de GenGHIS pour générer des affichages cartographiques compréhensibles et sémiologiquement corrects. Comment se réalise cette étape d'implémentation de l'information et de la méthode ? Comment prend-elle en compte les besoins des acteurs ?

Section 4. Application à la couronne grenobloise

Les extensions des règles cartographiques proposées (Sections 3) ainsi que les apports de la géovisualisation pour valoriser quelques spécificités de l'information (Section 2) sont récapitulés dans le tableau suivant (Tableau 14) :

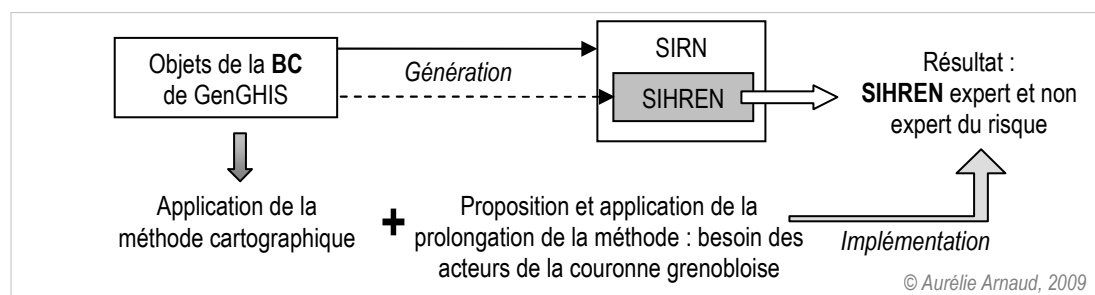
Spécificités de l'information	Contraintes	Fonctionnalités pour l'outil de géovisualisation	Méthode cartographique
Dimension spatiale	Superposition de l'information	fenêtre évolutions : Contrôle de la carte 3D	Formes cartographiques : collections de cartes et cartes 3D
Evolutions (dont la dimension temporelle)	Multiples temporalités Mouvement	fenêtre évolutions : Graphiques interactifs hyperliés à la carte, outils temporalités	Formes cartographiques : cartes dynamique, cartes 3D Sémiologie graphique : variables d'évolution
Dimension thématique :			
Incertitude	Nombreuses et superposées	Fenêtre informationnel : onglet incertitude	Sémiologie graphique : variables d'incertitude
Données et informations thématiques	Nombreuses	Légende interactive Fenêtre informationnelle : onglet information	Forme cartographique : carte 3D
Information multimédia	Où se localise-t-elle ?	Fenêtre informationnel : onglet document	Sémiologie graphique : variables de localisation de l'information multimédia

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 14 : Propositions à implémenter dans GenGHIS

Toutefois, les fonctionnalités de l'outil et la méthode cartographique proposée n'intègrent pas les besoins des acteurs. Or il s'agit d'une demande exprimée par ces derniers (Figure 14 – p.356).

De ce fait, notre objectif est de prolonger la méthode cartographique afin de répondre aux besoins des acteurs. Une application va être réalisée sur la couronne grenobloise. Cette phase de la méthode s'ajoute au niveau du SIRN ou du SIHREN. Nous expérimenterons son application dans la réalisation du SIHREN, compte tenu des informations récoltées et de notre problématique (Figure 56).



© Aurélie Arnaud, 2009

Figure 56 : Application de la méthode de cartographie

Un autre objectif est d'appliquer la méthode cartographique afin de représenter les objets contenus dans la BC. Un dernier objectif est de valider les propositions en réalisant une évaluation des affichages générés par l'outil de géovisualisation.

Avant d'implémenter SIHREN, il est donc nécessaire de proposer le prolongement de la méthode cartographique de sorte à répondre aux besoins des acteurs de la couronne grenobloise (première sous-section), puis d'appliquer une représentation cartographique aux objets de la BC (deuxième sous-section), pour ensuite implémenter l'outil et proposer une évaluation des affichages qu'il est capable de générer (troisième sous-section).

4.1 Considérer les besoins des acteurs (suite de la méthode cartographique)

Un des buts de la méthode cartographique était de répondre à un besoin des acteurs de territoires à risque. Cette phase vient en aval de son élaboration compte tenu du fait qu'elle nécessite un appui concret pour être proposée. Dans notre cas, il s'agit des acteurs de la couronne grenoblois dans une problématique de gestion de territoires à risque.

L'objectif est alors d'alimenter la connaissance experte (des scientifiques et des techniciens spécialistes du risque) ainsi que fonctionnelle (des décideurs et des techniciens non experts du domaine). En effet, la finalité est d'aider des acteurs à comprendre les événements issus de risque afin de développer des territoires à risque aux moyens d'actions adaptées.

Pour réaliser cette dernière étape de la méthode de cartographie, une première partie modélise l'utilisation de l'IDE par les acteurs, selon leur connaissance et leurs besoins afin d'en déduire, dans une seconde partie, une proposition de SIHREN adaptée aux besoins.

4.1.1 Modélisation : des besoins aux connaissances

La modélisation des besoins des acteurs en tant qu'utilisateurs d'un outil de géovisualisation va permettre de clarifier, filtrer et organiser l'information à afficher dans un SIHREN. Cette modélisation est issue des besoins analysés dans le Chapitre 2. Le diagramme de cas d'utilisation qui suit (Figure 57) se limite aux préoccupations réelles des trois groupes d'acteurs étudiés dans le deuxième chapitre afin d'identifier leur interaction avec le système.

La Figure 57 montre que l'utilisation de l'IDE se profile en fonction des connaissances²⁸ et des besoins des acteurs (connaissance scientifique, technique ou fonctionnelle). Chacun d'eux réalisent des actions dans les domaines de la prévision et de la prévention du risque ainsi que de l'aménagement du territoire. Celles-ci permettent ensuite d'alimenter les connaissances d'acteurs du même type ou d'autres acteurs. Ces connaissances sont ensuite mobilisées pour réaliser ou améliorer ces actions et ainsi de suite, telles des boucles de rétroaction. Afin d'alimenter ces boucles, les acteurs doivent consulter et surtout comprendre aisément l'IDE.

²⁸ Nous rappelons que la connaissance permet de traiter l'information pour en produire une de second ordre.

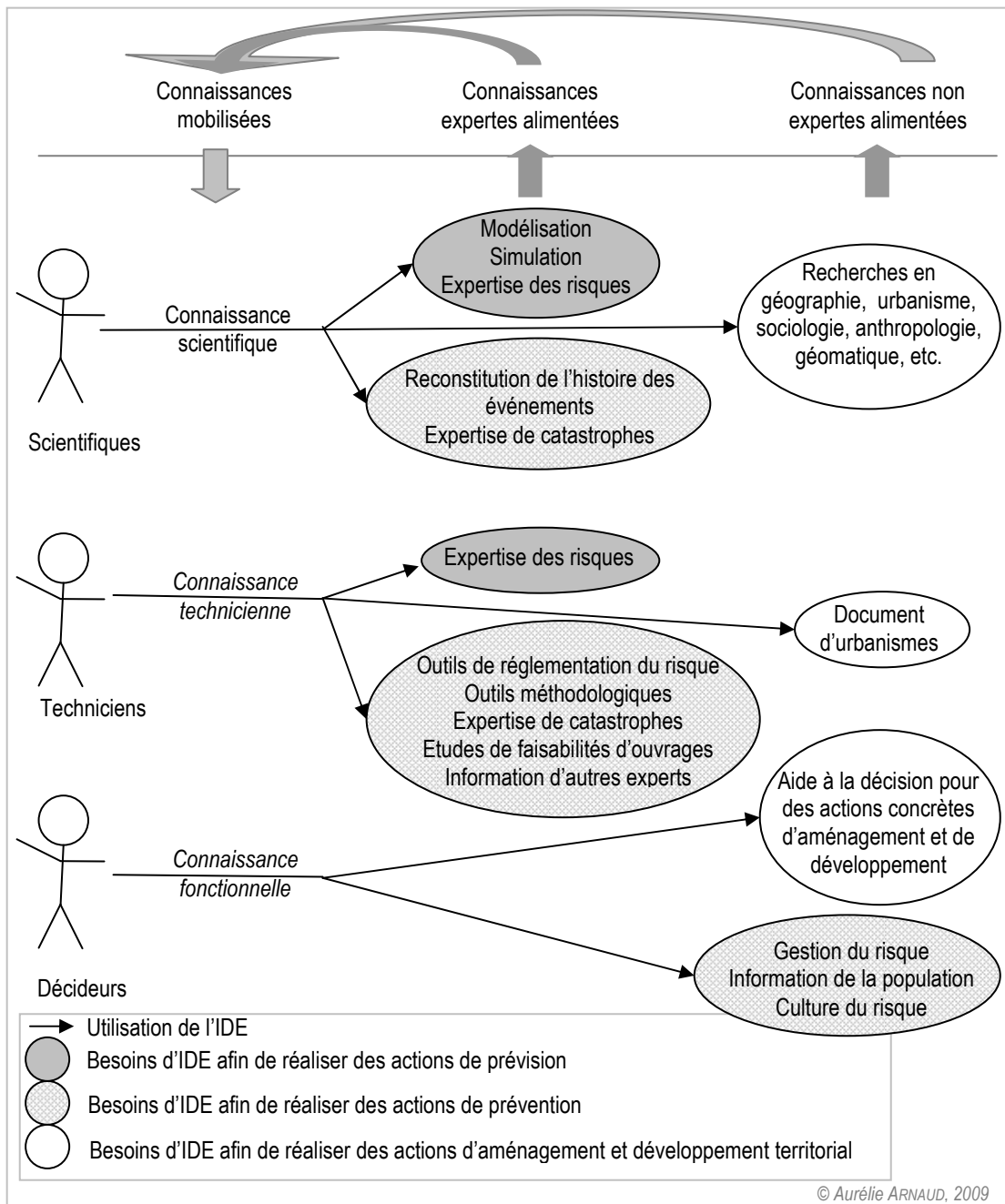


Figure 57 : Utilisations de l'IDE selon les besoins des acteurs

Deux niveaux de connaissances sont identifiés. Ils correspondent à deux groupes d'acteurs : les expert(e)s et les non expert(e)s dans le domaine du risque. Ce constat fonde notre proposition concernant la représentation cartographique. En effet, nous distinguons les cartes destinées à l'alimentation des connaissances :

- expertes en risque : elles sont appréciées par les utilisateurs experts, dans le cadre de travaux scientifiques ou techniques dans le cadre d'actions de prévision ou de prévention du risque ;
- non expertes en risque : les scientifiques, les décideurs ainsi que les techniciens non cindyniciens (ex. les architectes, les notaires) utilisent les cartes d'événements afin de réaliser des travaux techniques ou de prise de

décision, dans des contextes de prévention du risque ou d'aménagement du territoire.

Ce qui va changer entre les deux est le choix des objets qui apparaissent à moyenne et à grande échelle. Cette proposition étend alors la méthode cartographique. Toutefois, d'autres propositions de géovisualisation paraissent être appropriées à l'implémentation d'un SIHREN adapté aux experts ou aux non-experts.

4.1.2 Adaptation d'un SIHREN aux connaissances des acteurs

Les deux catégories d'acteurs sur lesquelles nous nous concentrons maintenant sont les experts (scientifiques et techniciens spécialistes du risque) et les non-experts (décideurs, techniciens et scientifiques). D'après leurs besoins modélisés dans ce chapitre (Figure 57), la Figure 60 présente les différenciations au niveau des fonctionnalités (évoquées dans la première section de ce chapitre) et des affichages de l'outil SIHREN (Figure 58).

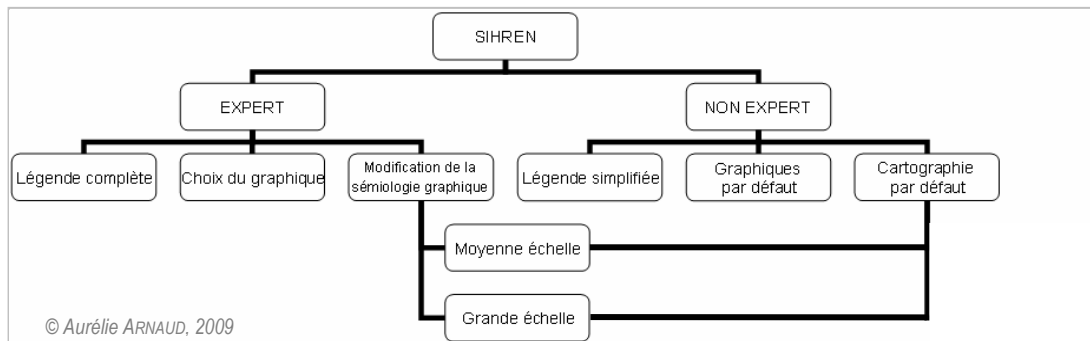


Figure 58 : Des SIHREN qui répondent aux besoins des acteurs

La légende interactive de SIHREN comprend les objets concernant les phénomènes et ceux relatifs aux éléments exposés. Celle-ci est également adaptée aux utilisateurs non experts en présentant une liste d'objets simplifiée par rapport aux experts.

Concernant les graphiques de la « fenêtre évolutions », les acteurs non experts du risque n'ont pas le choix du type de graphique. Seul le graphique par défaut, le plus suggestif est proposé.

Du point de vue de la cartographie, le profil expert possède la possibilité de modifier la sémiologie graphique de la carte en manipulant des variables basiques (la transparence, la couleur, la forme) mais également des paramètres plus complexes tels que des graphiques et des classes de valeurs synchrones avec la carte. Ces derniers ont également la possibilité d'observer de vieilles cartes en faisant varier leurs transparences : cette fonctionnalité aide particulièrement l'historien à identifier des traces précises d'anciennes inondations.

Nous déduisons de la Figure 60 que le choix des entités à représenter sur la carte va dépendre de deux éléments : du niveau d'expert dans le domaine du risque, ainsi que de l'échelle de cartographie (Figure 59).

Une représentation d'objets suivant la Figure 59 va alors permettre de créer une cartographie du territoire adaptée aux acteurs, leur connaissance à alimenter, mais surtout

aux actions qu'ils souhaitent réaliser. La génération de SIHREN expert et de SIHREN non-expert semble alors indispensable.

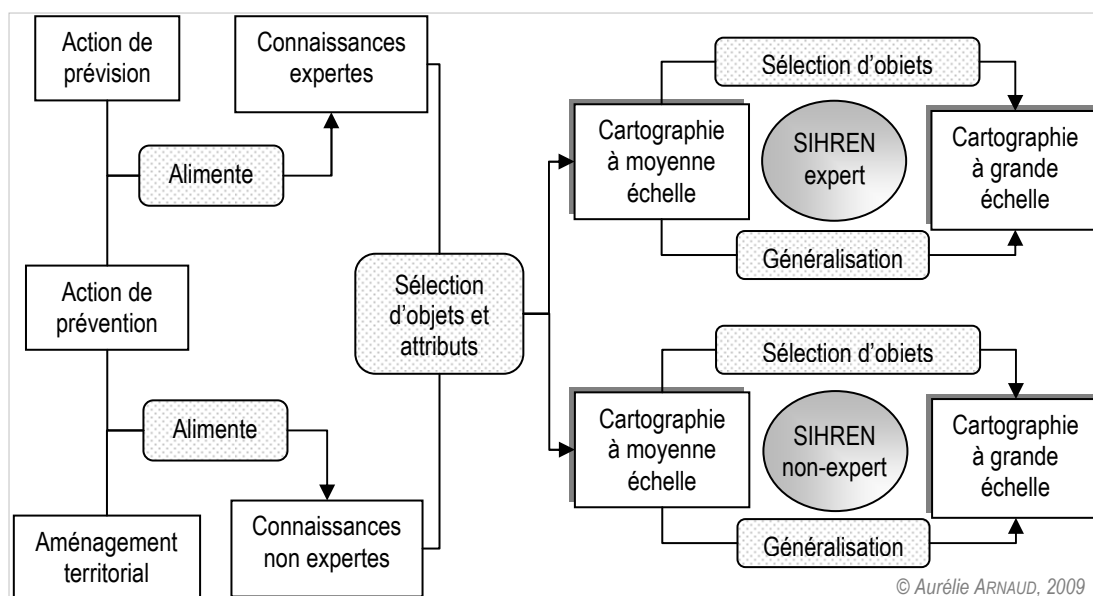


Figure 59 : Prolongement de la méthode cartographique pour répondre aux besoins des acteurs

La sélection des objets en fonction du niveau d'expert et de l'échelle cartographique va alors être abordée.

4.1.3 Sélection des objets en fonction d'un SIHREN expert/non-expert

La sélection des objets pour chacun des SIHREN se fonde sur des entretiens formels (Arnaud, 2003) ainsi que d'autres éléments (Annexe 7). Tous les attributs peuvent être représentés (Tableau 15).

Le choix de ces éléments va permettre dans la dernière sous section, de réaliser des scénarii d'utilisation du module de représentation de Genghis afin de générer les SIHREN. Cette proposition de sélection des objets n'est pas exhaustive. Il est possible d'en composer bien d'autres grâce à la flexibilité du module.

Echelle cartographique / Utilisateurs	Moyenne échelle	Grande échelle <i>Les objets de la moyenne échelle + :</i>
Experts du risque	<p>Prévision</p> <ul style="list-style-type: none"> - Phénomènes à un seul type d'aléa - Massifs - Escarpement rocheux - Hydrologie - Géologie <p>Prévention</p> <ul style="list-style-type: none"> - Phénomènes (tous types d'aléas confondus) - Massifs - Hydrologie 	<p>Prévision</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dommages associés aux phénomènes - Topographie, toponymie et altitudes - Végétation - Informations spécifiques <p>Prévention</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dommages associés aux phénomènes - Eléments exposés dans un contexte de risque - Informations spécifiques - Découpages territoriaux - Occupation du sol

Non experts du risque	Prévention - Phénomènes (tous types d'aléas confondus) - Massifs - Hydrologie - Découpages territoriaux	Prévention - Dommages associés aux phénomènes - Eléments exposés à enjeux dans un contexte d'alerte (bâti stratégique) - Projets d'aménagement - Informations spécifiques
	Aménagement du territoire - Evénements (phénomènes et dommages) - Densités de populations - Occupation du sol	Aménagement du territoire - Eléments exposés (dont corporel sur les axes de mobilité urbaine : routes, pistes cyclables) - Projets d'aménagement - Zones réglementaires liées au risque - Découpages territoriaux

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 15 : Sélection des objets en fonction de l'échelle cartographique

Quelle généralisation cartographique est appliquée à ces objets ? Quelles formes cartographiques sont appropriées pour les représenter ? La sous-section suivante tente de répondre à ces questions.

4.2 Application de la méthode cartographique

La méthode cartographique présentées dans la Section 3 s'applique d'une part aux objets décrits à travers les modèles de la Section 2 (§ 2.1), d'autre part aux spécificités de l'information que ces objets contiennent en utilisant les extensions de règles (§ 3.2).

Le premier objectif de cette sous-section est d'appliquer la méthode cartographique aux objets communs à tous les SIREN, puis aux objets particuliers aux SIHREN afin de valoriser l'IDE (§ 4.2.1). Le second objectif est d'appliquer la méthode aux spécificités de l'information (§ 4.2.2).

La modélisation des entités à représenter sur la carte intègre de manière séparée la représentation des objets présentés dans la seconde section (§ 2.1) et les spécificités de l'information. Cette manière de procéder permet au concepteur de distinguer les deux types d'informations à introduire (informations thématiques classiques/informations spécifiques). En effet, les objets ont une représentation cartographique qui dépend de la nature de leur attribut puis, seulement dans un second temps, la représentation des spécificités entre en carte.

4.2.1 Application aux objets de la BC

La représentation cartographique ainsi que la généralisation cartographique des objets sont détaillés. La représentation cartographique des objets présentés lors de la structuration de la BC (§ 2.1.) applique les modèles de la charte cartographique (Figure 42) en intégrant les pictogrammes des signes élémentaires (Tableau 2) et les pictogrammes des formes cartographiques (Figure 13) sélectionnés pour deux échelles cartographiques. Une première partie applique la méthode aux objets de SIREN, tandis que la seconde, aux éléments de SIHREN.

4.2.1.1 Cartographie des objets d'un SIRN

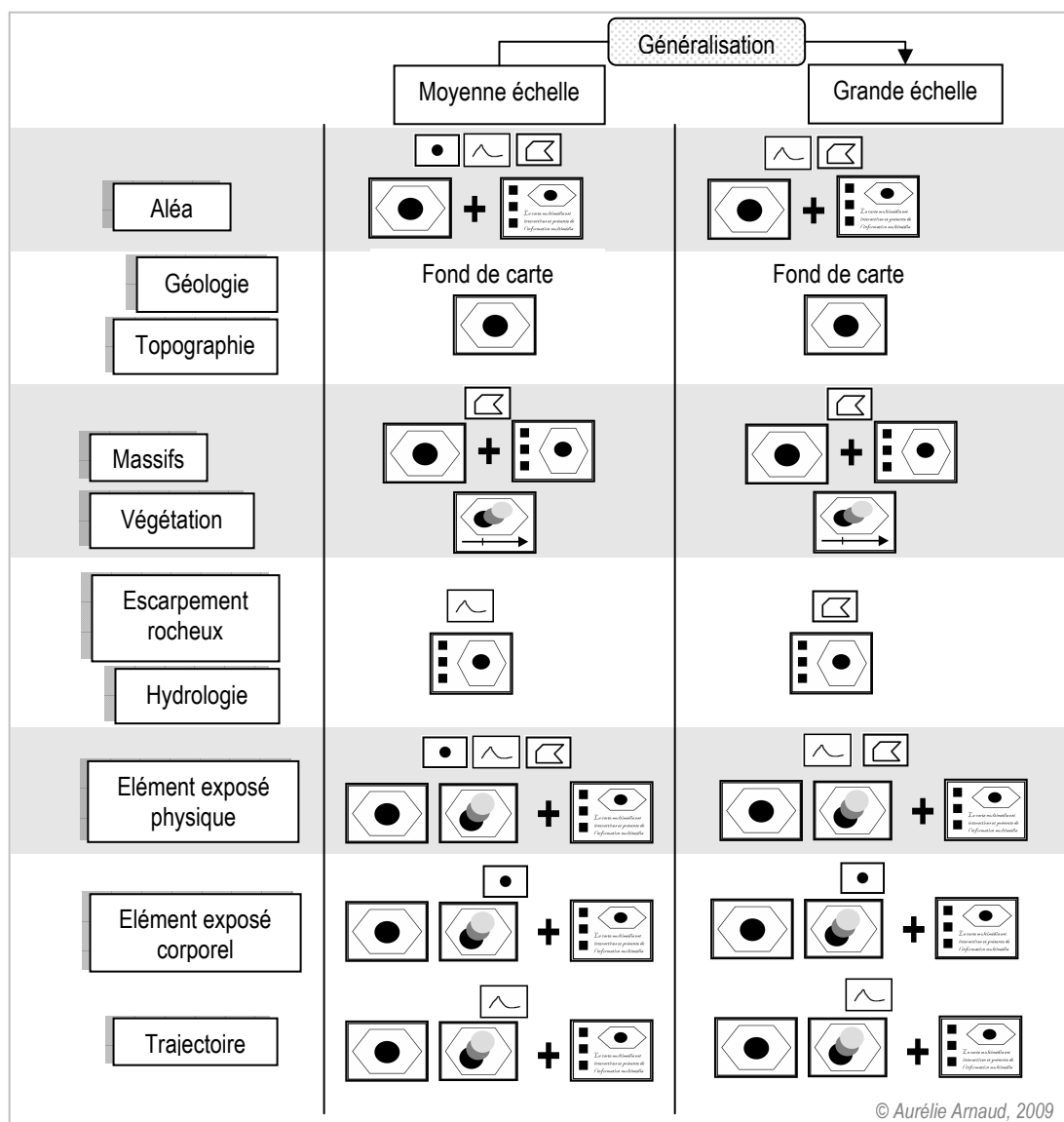


Tableau 16 : Représentation des entités génériques du risque dans le SIRN

L'attribution d'une sémiologie graphique aux objets génériques à tout SIRN (Tableau 16) s'appuie sur les classes d'objets proposées dans le modèle détaillé de risque (Figure 18) et le modèle de l'élément exposé (Figure 19).

La figure ci-dessus montre les objets présents sur la carte, leur signe élémentaire à deux échelles, mais également les formes cartographiques mobilisées. Lorsque plusieurs signes élémentaires sont proposés, le choix dépend de l'emprise spatiale de l'entité. Par exemple, un risque de chute de bloc sera davantage représenté par des points ou une ligne suivant une falaise.

La lecture du tableau se réalise alors comme suit : un aléa se représente à moyenne échelle au moyen d'un point, d'une ligne ou d'un polygone suivant son emprise au sol. La forme cartographique de la carte statique associée à la carte interactive est choisie pour accueillir les représentations de l'aléa. A grande échelle, cet objet se représente par une ligne

(une ligne à moyenne échelle qui reste une ligne) ou un polygone (un point qui devient un polygone ou un polygone qui reste polygone). Dans le cas des objets « géologie » et « topographie », ils constituent des fonds cartographiques non interactifs (par exemple un scanner de carte IGN, une orthophotographie, des cartes géologiques).

Les définitions de risque, de vulnérabilité et d'enjeux (Lutoff, 2000) demeurent complexes et controversées (cf. Chapitre 1). C'est pourquoi nos recherches s'orientent vers un éclairage de la cartographie d'éléments exposés. Les classes de risque et de vulnérabilité du modèle (Figure 18) ne figurent pas dans le Tableau 16 puisqu'elles n'apparaissent pas directement sur la carte. Il revient à l'utilisateur de s'en construire une représentation en observant les cartographies de l'aléa, des éléments exposés et des attributs issus de la classe « vulnérabilité ». Ce type de cartographie est encore peu développé. La vulnérabilité est ici considérée comme un attribut dont l'acteur choisit de faire varier un paramètre (ex. un nombre d'étage, un type de matériaux).

Plus précisément, une charte des couleurs est appliquée pour la représentation des aléas en utilisant les règles de cognition. En effet, une couleur évoquant l'aléa par son appartenance de couleur dans la réalité :

- le bleu pour les aléas liés à l'eau : la couleur bleue et la variation de sa valeur sont choisies pour représenter les inondations en référence à l'image de la couleur de l'eau (les inondations de plaines et les crues torrentielles) ;
- le marron pour les aléas liés à la terre : le marron et la variation de sa valeur rappellent la couleur de la terre (les glissements de terrain et les chutes de blocs) ;
- le blanc cerné de noir pour les aléas liés à la neige ;

En ce qui concerne les éléments exposés, le rose est choisi afin de contraster avec les autres couleurs. Cependant, des symboles évocateurs sont également utilisés (un avion pour un aéroport, une croix pour un hôpital, etc.), ou encore le figuré stable du carré (Tableau 19). Les éléments exposés sont également visibles sur un fond de carte (scanner d'une carte Top 25 IGN, d'un PPR²⁹, d'un cadastre, d'un PLU³⁰). La variable de la valeur associée à la couleur ou la variable de la taille représente des attributs quantitatifs de l'objet : par exemple une capacité d'accueil ou la résistance de matériaux.

Ces couleurs varient également en fonction du contraste créé avec le fond de carte choisi, ou avec les autres figurés.

Les découpages environnementaux du « bassin versant », du « massif », de l'« escarpement rocheux », de la « végétation » et de l'« hydrologie » apparaissent systématiquement transparents (ou pales) afin de constituer des fonds de carte, tout en conservant leur interactivité. Comme pour les aléas, ils adopteront une couleur apparentée au réel : les « massifs » et la « végétation » en vert, les « escarpement rocheux » en gris-marron

²⁹ Plan de Prévention des Risques

³⁰ Plan local d'urbanisme

et l'« hydrologie » en bleu. La variation de la saturation des couleurs dépendra des contrastes à créer avec les autres objets (le Tableau 19 récapitule ces applications).

Les éléments exposés apparaissent en rouge dont les variables visuelles (ex. la saturation de la couleur, la taille) permettent de les différencier. Lors d'une représentation ponctuelle des symboles évocateurs expriment certains aménagements à forts enjeux dans un contexte de risque : le « bâti stratégique » (Tableau 17). La représentation des surfaces bâties à moyenne échelle est amalgamée tandis qu'à grande échelle, le bâti est différencié.

Bâti stratégique	Symboles évocateurs associés
Pont	
Barrage	
Ouvrage paravalanche	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 17 : Représentation ponctuelle du bâti stratégique

A ces objets s'applique ensuite la sémiologie appliquée aux spécificités de l'information (§ 4.2.2). Avant de détailler cet aspect, nous appliquons la méthode à l'Information Dédiée aux Evénements (IDE).

4.2.1.2 Cartographie d'événements et de territoires à risque

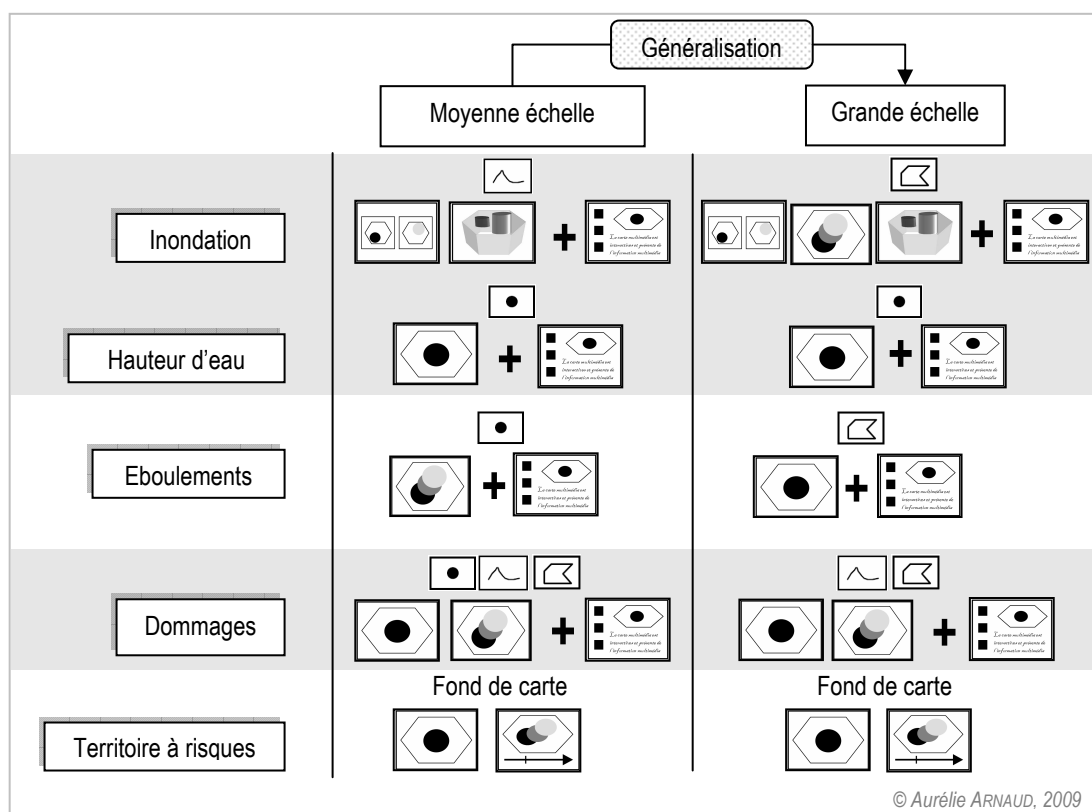


Tableau 18 : Représentation des entités particulières liées à l'IDE

L'application de la méthode cartographique se réalise maintenant sur les objets relatifs à l'IDE (Tableau 18) que nous avons structurés en § 2.1. Plus précisément, la méthode s'applique en utilisant des données et informations récoltées sur la couronne grenobloise (cf.

Chapitres 1 et 2) auprès des partenaires du projet SIHREN (cf. introduction).

L'événement se visualise à travers la cartographie de l'information sur les phénomènes (inondation, hauteurs d'eau et éboulements) et des dommages.

Ce tableau se lit comme le Tableau 17. Par exemple, une inondation se représente par une ligne sur une carte à moyenne échelle qui devient une surface à grande échelle. A moyenne échelle, plusieurs inondations sont représentées sur une collection de cartes ou une carte 3D associée à une carte interactive. La grande échelle ajoute la forme cartographique de la carte dynamique (carte animée et interactive)³¹.

La couleur des phénomènes adopte la même règle que celle de l'aléa (Tableau 19). La couleur rouge, sa variation de teinte et sa valeur traduisent les dommages qui demandent une attention particulière puisqu'ils constituent des points sensibles. Le rouge créé alors un fort contraste. Le carré est choisi pour son évocation de la stabilité des éléments exposés ancrés dans le territoire, contrairement au triangle inversé représentant les dommages.

Variables	Inondation	Eboulement	Éléments exposés	Dommages
Taille				
Valeur + Couleur (ou grain)				
Forme			TTH	
Fonds de carte	PPR	PPR	Top 25 Top 100, SCOT, PPR, cadastre, PLU	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 19 : Application sémiologique pour les SIHREN

La classe « territoire à risque » contient les découpages territoriaux qui se superposent aux autres informations par un contour d'une couleur neutre (noir, gris ou blanc) afin de ne pas interagir avec les autres objets.

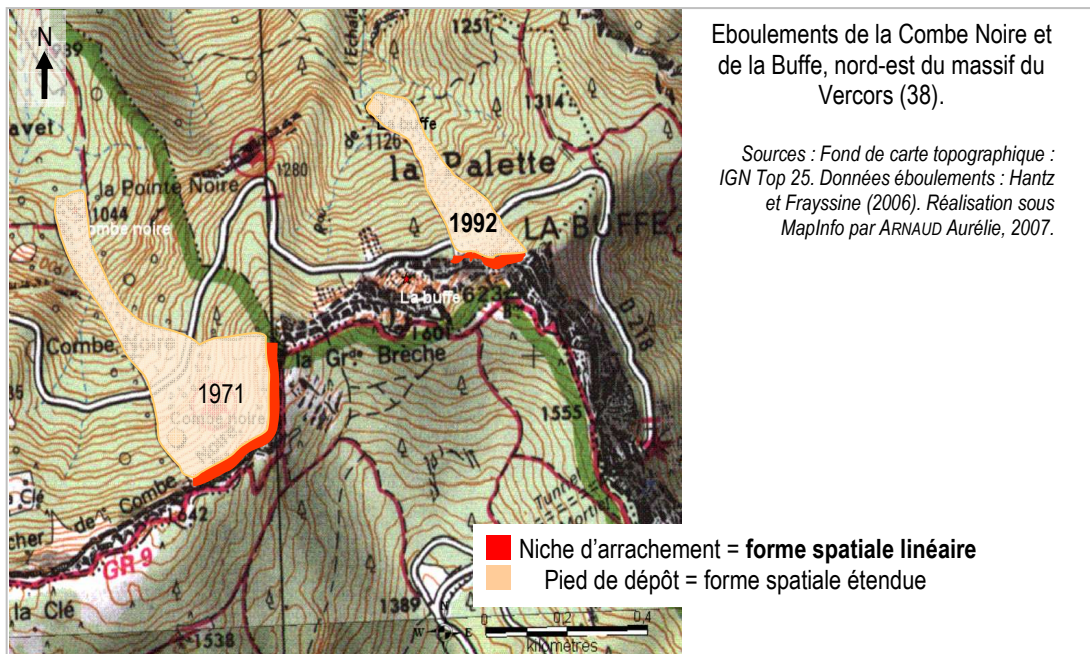
4.2.2 Application aux spécificités

La méthode cartographique va maintenant être appliquée aux spécificités de l'information contenues dans les attributs thématiques des objets. La dimension « évolutions » et de l'incertitude sont ici détaillées, les autres ne présentant pas de particularité lors de l'application (superposition des objets, représentation de la méta-information autre que l'incertitude et la représentation de nombreux attributs). En effet, pour ces cas, l'utilisation de la charte cartographique et la recommandation d'utilisation de formes cartographiques suffisent.

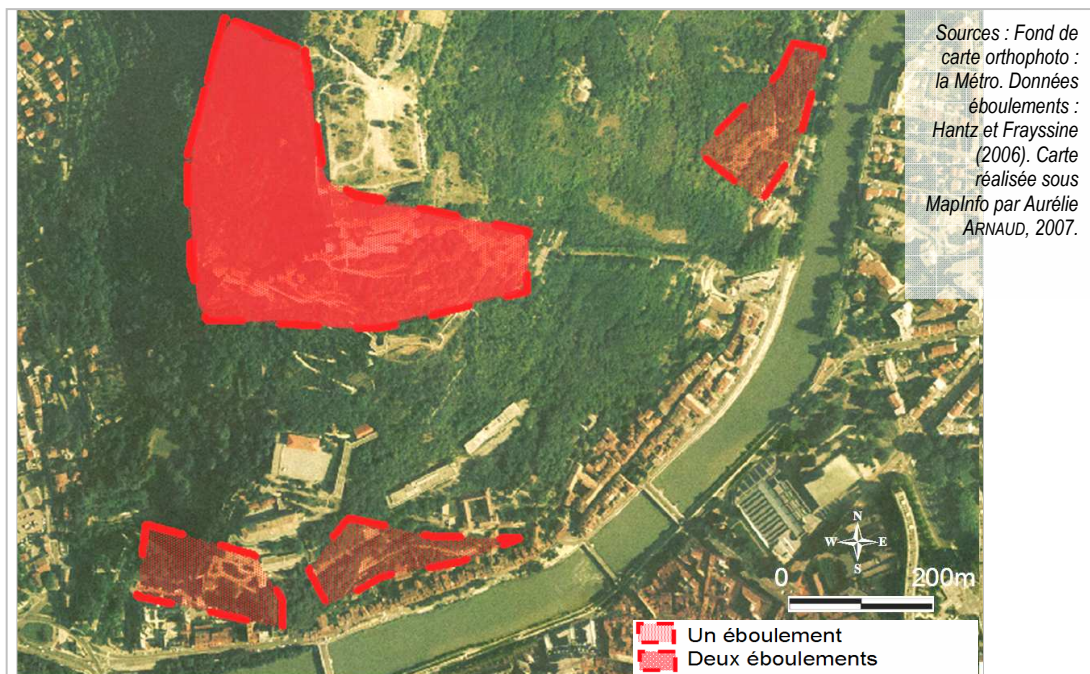
³¹ Dans ce cas des représentations cartographiques d'un événement, dans les cartes historiques, une seule temporalité est cartographiée, celle d'une emprise spatiale d'un phénomène à un moment donné. Souvent, il s'agit de l'emprise maximale. Par ailleurs, toujours dans ces cartes historiques, la représentation de l'événement existe également sous une forme ponctuelle (ex. cartographie des hauteurs d'eaux dans le centre ville de Grenoble présentées dans le premier chapitre, les événements cartographiés à petite ou moyenne échelle).

4.2.2.1 Cartographie des évolutions

D'une manière générique, la fenêtre cartographique met en évidence quelques critères d'évolutions (les moments d'occurrence -Carte 4-, la fréquence -Carte 5-, la vitesse, l'ordre, la synchronisation et le déplacement) grâce aux cartes dynamiques. Les cartes suivantes présentent une application des extensions des règles (§ 3.2.2) à l'IDE.



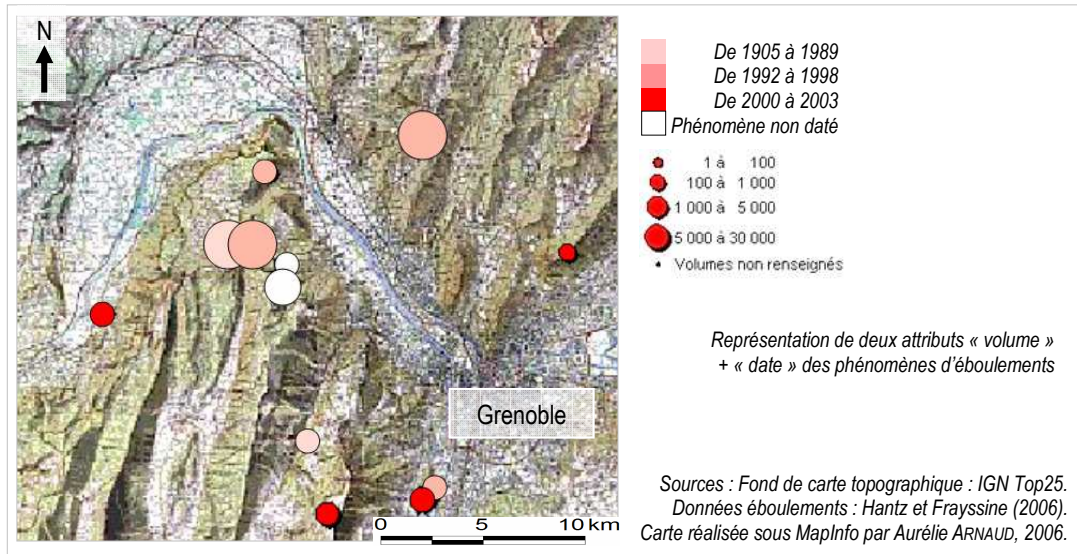
Carte 4 : Moment d'occurrence d'éboulements à grande échelle



Carte 5 : Fréquence de phénomènes d'éboulements à localisation imprécise

La variables de la transparence d'un polygone informe de la fréquence des événements (Carte 5) : plus les phénomènes sont survenus dans la surface, plus celui-ci est opaque.

Afin de représenter l'ordre, la variable visuelle des figurés adoptée est la couleur ou la valeur qui varie graduellement selon la date dans un ordre chronologique ou logique. Cette représentation convient pour des événements ponctuels ou un nombre limité de surfaciés qui ne se superposent pas, dans le cas d'une évolution lente sur une période de temps court ou long, mais aussi dans le cas d'une fréquence peu élevée sur une période moyenne à longue (cf. Chapitre 2 : Tableau 9, p.190). Toutefois, si le nombre de surfaciés ou ponctuels est élevé, la carte devient rapidement illisible. La variable de la valeur associée à la couleur permet par exemple de cartographier l'ordre chronologique des événements en plus de leur volume. La couleur rouge a été choisie pour contraster avec le fond de carte actif (Carte 6).

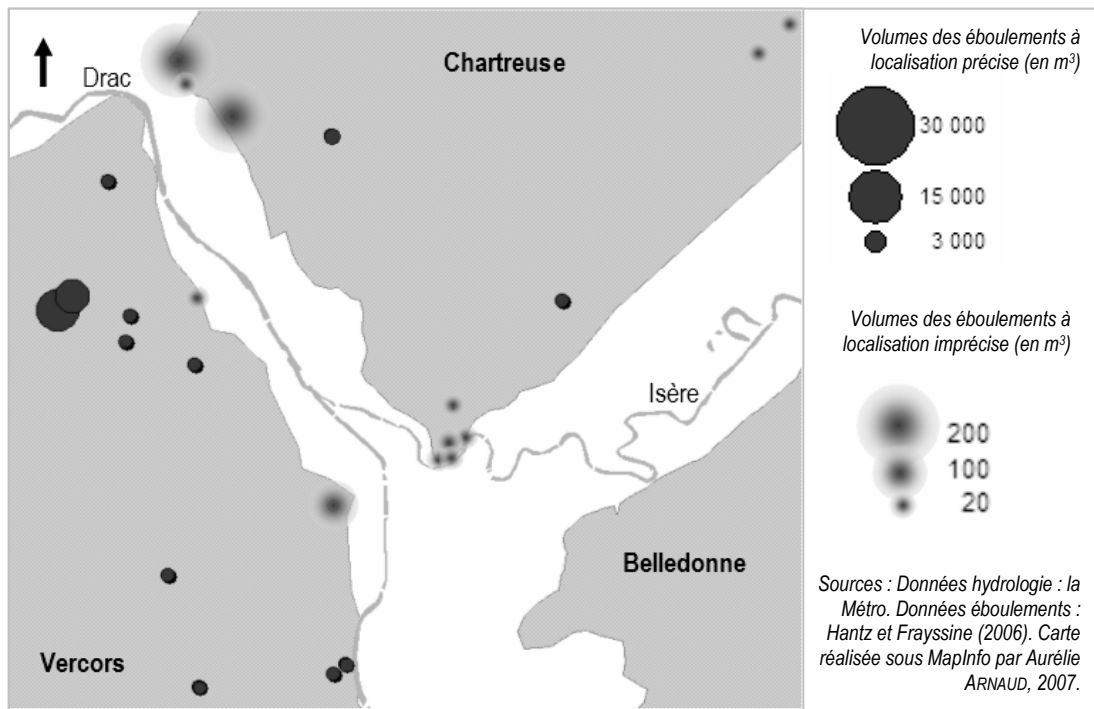


Carte 6 : Ordre chronologique d'éboulements et leur volume

Pour autre exemple, la lisibilité des coulées de lave du Piton de la Fournaise (Chapitre 2 : Carte 8, *Cahier couleur*) peut être améliorée en faisant varier la valeur d'une couleur. Ceci permettrait de percevoir plus facilement un ordre temporel, et donc le déplacement des coulées de lave de 1972 à 2000. Néanmoins, elles sont nombreuses et nécessitent d'autres moyens que la carte statique ou interactive pour réellement être valorisées. SIHREN permet alors d'afficher une collection de cartes ou des cartes animées.

4.2.2.2 Exemple de cartographie de l'incertitude

A moyenne échelle, la cartographie de l'imprécision de la localisation de manière ponctuelle, appliquée aux éboulements sur la couronne grenobloise se représente en appliquant la sémiologie graphique requise : le foyer (Carte 7).



Carte 7 : Localisation imprécise d'éboulements sur la couronne grenobloise

Nous venons d'effectuer quelques applications de méthode cartographique à l'IDE. L'étape suivante est de l'implémenter dans la plateforme GenGHIS.

4.3 Implémentation des propositions dans GenGHIS

Certains aspects de géovisualisation proposés ont déjà été intégrés à la plateforme GenGHIS (environnement interactif, animé et multimédia, principe d'orthogonalité). Nous rappelons que cette plateforme contient une BC (qui intègre la structure de l'information), un module de données (qui permet d'associer les fichiers d'information récoltés aux objets de la BC) et un module de présentation (pour associer des styles de représentation cartographiques aux éléments de la BC) afin de permettre la génération de Systèmes d'Information (SI) : § 1.1.1. Toutefois, la structure de l'information sur le risque, les événements et la méthode de cartographie restent, quant à elles, à introduire entièrement.

Dans l'objectif de valider nos propositions, celles-ci vont désormais être implémentées dans GenGHIS grâce aux modules qu'il offre (Figure 4 – p.344). Plus précisément il s'agit :

- 1- d'implémenter la structure de l'information dans la Base de Connaissances (BC) à partir des modèles créés dans la Section 2 (§ 2.1);
- 2- d'associer les éléments de la BC aux fichiers d'information grâce au module de données ;

et, grâce au module de présentation, d'implémenter la méthode cartographique s'appliquant :

- 3- aux objets de la BC à partir de la charte cartographique ;
- 4- aux spécificités de l'information à partir des extensions des règles aux spécificités de

l'information ;

- 5- aux besoins des acteurs à partir de son prolongement qui permet l'adaptation des représentations cartographiques aux connaissances expertes/non-expertes du risque.

Ces étapes permettront alors d'évaluer un SIHREN expert et un SIHREN non-expert générés.

4.3.1 Implémentation de la structure de la BC et du module de données

Dans un premier temps, les modèles qui structurent l'information sur le risque et les événements (Modélisation de la deuxième section) sont intégrés dans la BC (Figure 60).



Figure 60 : Extraits de la base de connaissances

Pour cela, une écriture particulière permet de traduire les modèles de la Section 2 afin de les intégrer dans la BC. Dans la Figure 60, « Class » reprend le nom des classes des modèles, « super-class » indique le nom de la classe supérieure, « variable » reprend le nom des attributs d'une classe, « type » indique l'opérateur de l'attribut (entier, flottant, booléen, chaîne de caractère). Seules les classes et leurs relations hiérarchiques sont traduisibles dans la BC. La Figure 60 montre quelques extraits de transcription des modèles de classes du §2.1. dans la BC.

Cette BC connaissances est ensuite lue par le module de données qui permet d'associer

aux éléments de la BC les données et les informations récoltées (Figure 61) : clic sur « acquisition » sur la fenêtre de gauche (à gauche de la figure). La fenêtre de droite s'ouvre.

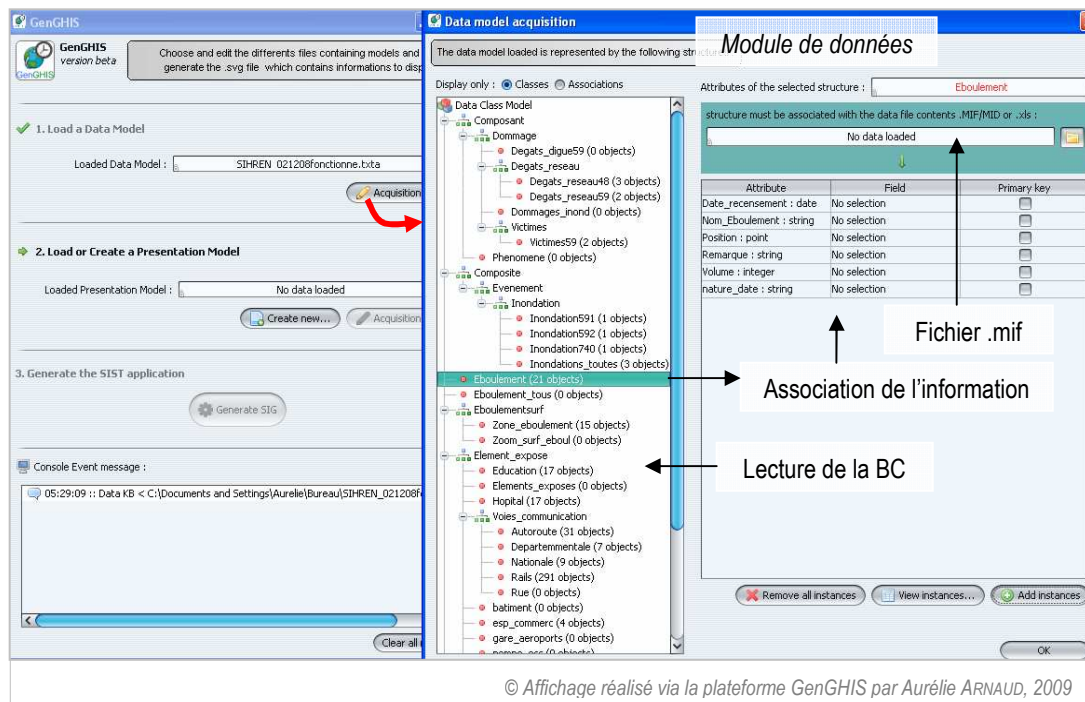


Figure 61 : Acquisition de l'information dans le module de données

Le concepteur clique ensuite sur un objet (ex. « éboulement » en surbrillance au centre de la Figure 61). Puis dans la partie droite de la figure, celui-ci fait correspondre à chaque attribut de l'objet, les champs (colonnes) des fichiers qu'il a récoltés. Cette phase d'acquisition de l'information associe des fichiers de formats «.mif ». Chaque objet comportant de l'information spatiale (coordonnées géographiques géoréférencées) est cartographiables.

Afin de représenter les imprécisions de localisations de certains éboulements (un facteur d'incertitude), nous avons créé dans la BC une classe « zone d'éboulement », pour laquelle correspond un fichier d'information distinct des éboulements à localisation imprécise. Concernant l'information thématique inconnue (ex. volume inconnu), la représentation cartographique prend le relais.

L'intégralité de l'information récoltée a été implémentée dans GenGHIS. Cependant, est il possibles de la cartographier dans son intégralité ?

4.3.2 Implémentation de la méthode cartographique

Une fois le module de données implémenté, le concepteur peut maintenant implémenter le module de présentation. C'est à ce stade que la méthode cartographique est implémentée à partir des modèles créés pour comprendre la charte cartographique, les extensions des règles aux spécificités de l'information et l'adaptation aux acteurs experts/non experts (Section 3).

Dans cette phase de conception de SI, le concepteur choisit de représenter certains objets (ceux sélectionnés dans la méthode cartographique), il choisit aussi des représentations

cartographiques pour chacun de ces objets selon une échelle cartographique et en fonction de la méthode cartographique.

L'objectif est maintenant de vérifier si la méthode cartographique est aisément applicable dans GenGHIS et si cette plateforme permet de générer des SI adaptés à notre problématique de départ.

Pour cela nous allons, dans un premier temps, implémenter le module de présentation de GenGHIS en intégrant la méthode cartographique. Puis, dans un deuxième temps, nous présenterons la génération de deux « scénarii de validation » : un *SIHREN Expert* et un *SIHREN non-Expert*.

4.3.2.1 Implémentation de la méthode cartographique dans le module de présentation

Le concepteur ouvre le module de données (que nous venons d'implémenter) grâce au module de présentation (Figure 62 : fenêtre gauche, bouton « acquisition »). GenGHIS permet d'implémenter plusieurs modules de présentations pour générer les affichages dans la fenêtre cartographique mais aussi la fenêtre évolutions et informationnelle (Figure 62 : fenêtre droite).

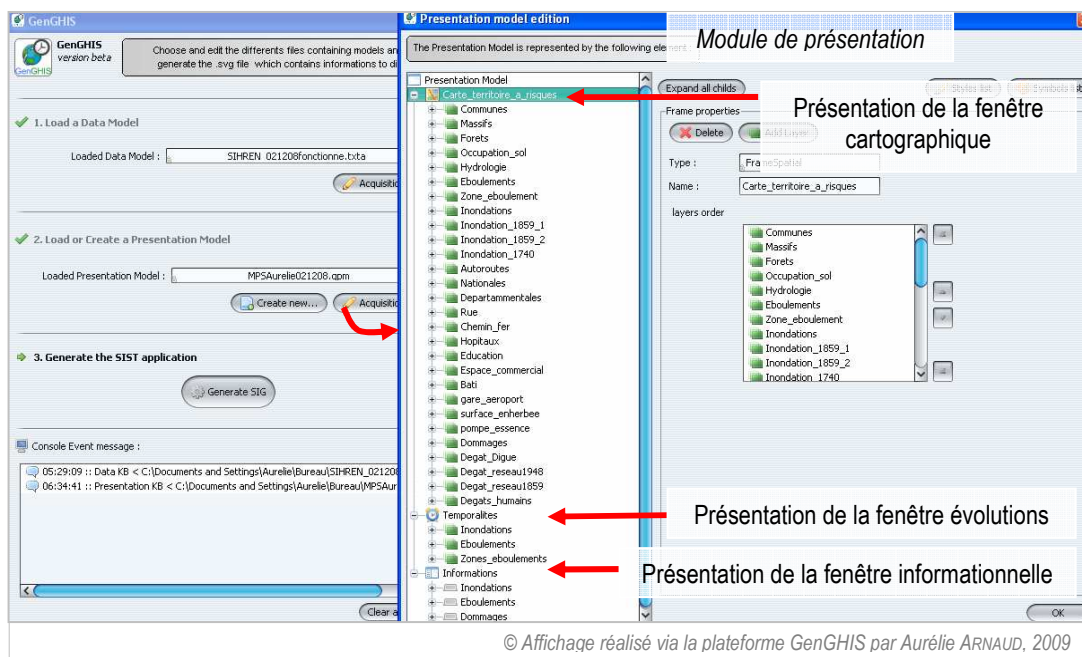
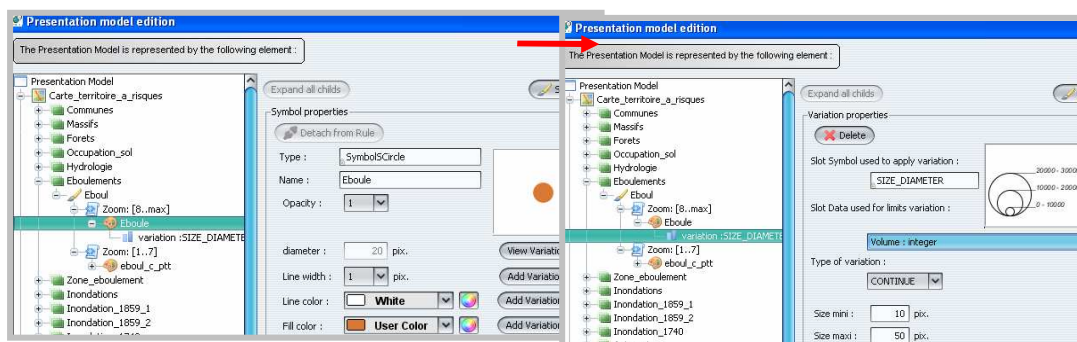


Figure 62 : Acquisition de présentations graphiques dans le module de présentation

Nous nous concentrons pour l'instant sur la spécification de la fenêtre cartographique. A chaque objet du module de données, le concepteur associe une représentation cartographique. Celle-ci peut dépendre d'un attribut (et d'un seul pour l'instant). Par exemple, à l'objet « éboulement » (Figure 63 : en surbrillance) le concepteur associe un signe élémentaire pour une moyenne échelle cartographique (dans ce cas, un point pour un zoom de 8 à max), une couleur (dans ce cas, le marron), puis une variables en fonction d'un

attribut (par exemple la taille qui varie en fonction du volume de l'éboulement : à droite de la Figure 63). En l'état, le module de présentation ne permet pas d'implémenter un signe particulier associé aux données manquantes (par exemple un volume non renseigné).



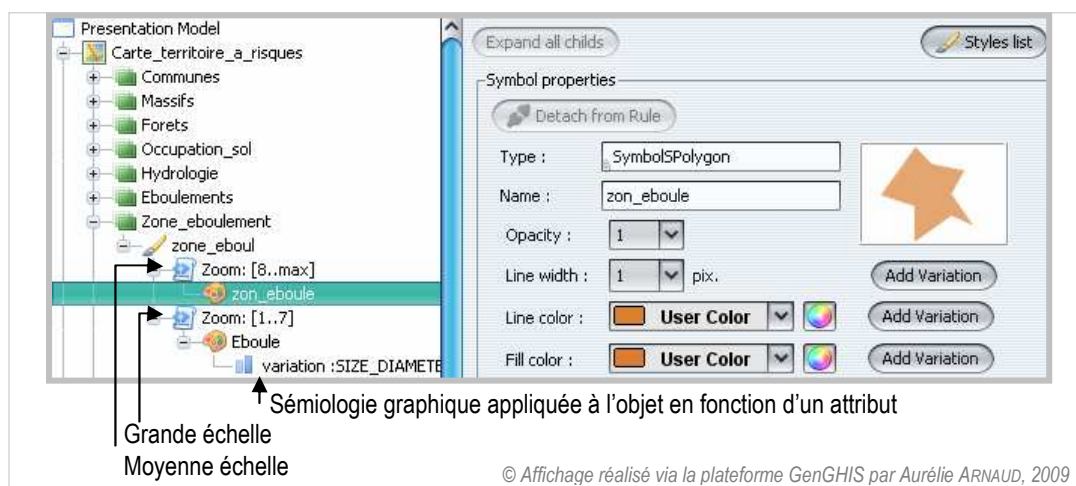
© Affichage réalisé via la plateforme GenGHIS par Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 63 : Application de la charte cartographique aux objets liés au risque et aux événements

Cette opération se répète pour chaque objet sélectionné et pour un de leurs attributs, et pour chaque échelle (grande et moyenne) en suivant la méthode cartographique.

Le choix des objets à représenter en fonction de l'échelle suit les recommandations de la méthode cartographique (son prolongement adapté aux besoins des acteurs). L'implémentation de cette partie de la méthode est alors réalisée en même temps que celle de la charte graphique.

Pour le cas de l'objet « zone d'éboulement » qui intègre une incertitude (la localisation imprécise), il est possible de faire apparaître ce facteur en appliquant la sémiologies requise dans les extensions des règles : une surface transparente et un contour en pointillé à moyenne échelle. A grande échelle, un point qui adopte la variable du foyer dont le diamètre varie en fonction d'un volume. Toutefois, en l'état, le module de représentation ne permet pas la possibilité d'intégrer des lignes en pointillé.



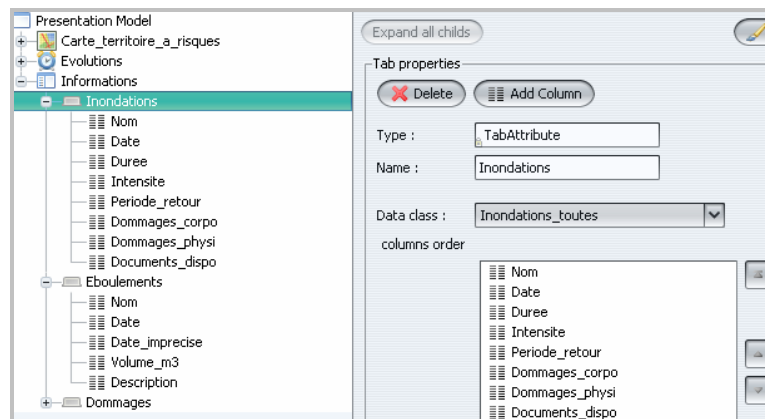
© Affichage réalisé via la plateforme GenGHIS par Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 64 : Implémentation des extensions de règles aux spécificités de l'information

La spécification de la fenêtre évolution est, quant à elle, soumise aux mêmes règles présentées dans la charte cartographique appliquée au risque et aux événements. Pour le cas des éboulements et des inondations, les couleurs sont respectées (les éboulements en marron

et les cours d'eau en bleu). Si le signe élémentaire est ponctuel sur la carte, il reste ponctuel dans la fenêtre évolution. S'il demeure une ligne ou une surface sur la carte, il devient un carré (Figure 64). Les attributs des objets du graphique varient en fonction des mêmes règles de sémiologie graphique des cartes (par exemple, la variation de la taille des points représentant les éboulements est fonction de leur volume).

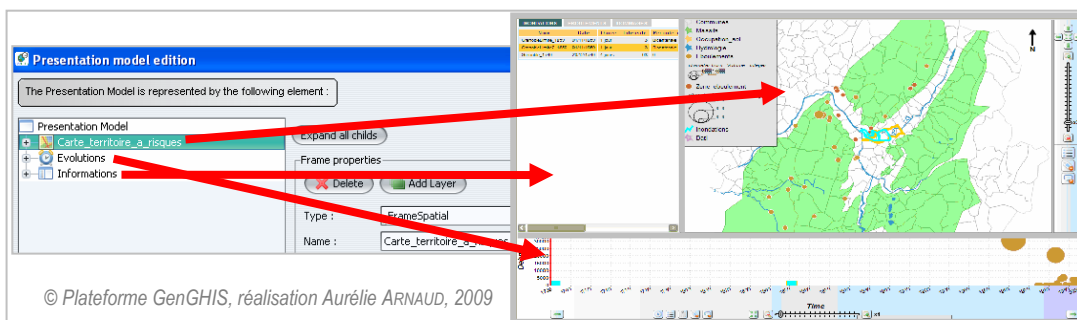
Enfin, la spécification de la fenêtre informationnelle permet au concepteur de sélectionner les colonnes des tableaux de données ou d'informations à afficher dans la fenêtre (Figure 65). Le module de présentation permet également d'associer de l'information multimédia liée aux objets ou à leurs attributs. Toutefois, cette fonctionnalité n'est pas encore opérationnelle, elle est en train d'être implémentée dans GenGHIS par les informaticiens.



© Plateforme GenGHIS, réalisation Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 65 : Spécification de la fenêtre informationnelle

À présent, le concepteur peut cliquer sur le bouton « generate SI » qui permet de générer le SIHREN qu'il vient de spécifier. Tous les styles de présentations cartographiques et graphiques décrits vont s'afficher dans l'interface de visualisation (Figure 66).



© Plateforme GenGHIS, réalisation Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 66 : Du module de présentation à l'interface de visualisation

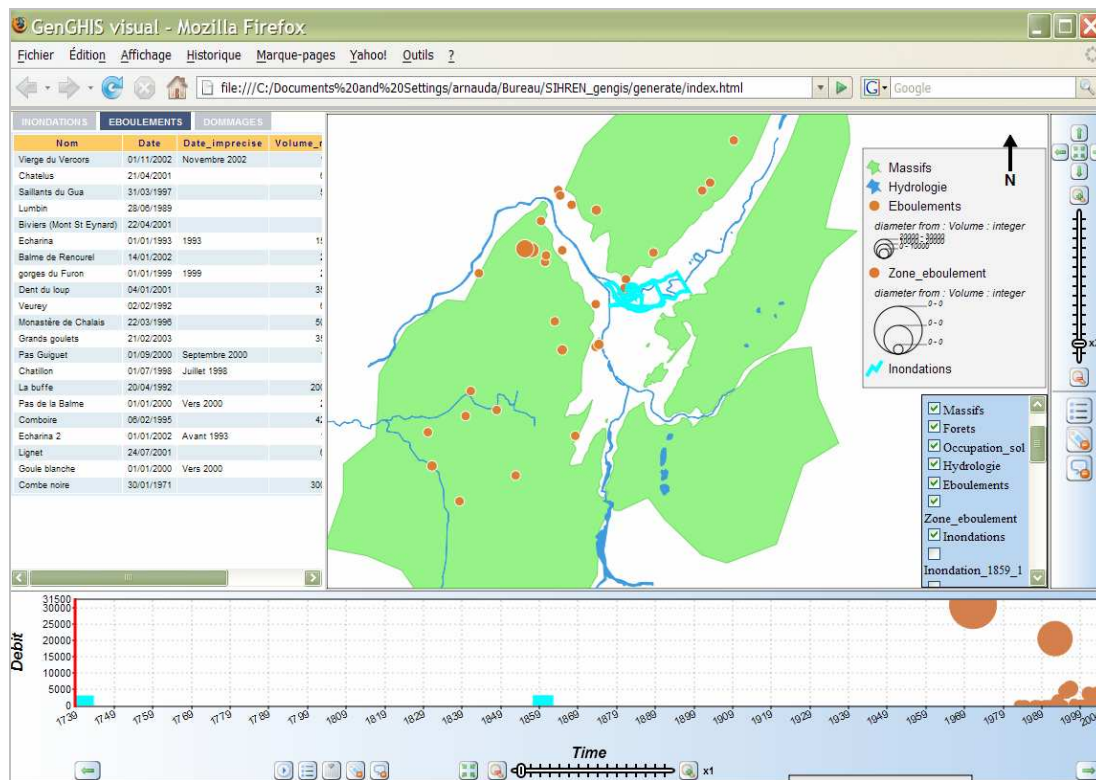
L'utilisateur final de l'interface de visualisation du SI devra quant à lui veiller à ce que la carte affichée reste lisible (seuls quelques types d'objets doivent être affichés simultanément sur la carte). Ce second niveau de sélection (après la sélection préconisée par la méthode cartographique) se réalise en fonction de ses besoins particuliers et au moyen de la légende interactive.

Les deux parties suivantes présentent alors les deux scénarii de SIHREN générés par

GenGHIS : l'un destiné aux experts (§ 4.3.2.2), l'autre aux non-experts (§ 4.3.2.3). Leur différence se crée au niveau de la spécification des fenêtres à travers le module de présentation.

4.3.2.2 Scénarii d'utilisation « expert »

Le SIHREN Expert est destiné aux techniciens et aux scientifiques experts du risque dans le cadre de prévision et de la prévention du risque. Appliqué à la couronne grenobloise et à moyenne échelle (selon le Tableau 15 – p.419/420) les objets qu'il doit être possible d'afficher sont les phénomènes d'inondations et d'éboulement, les trois massifs montagneux (Vercors, Chartreuse et Belledonne), les rivières (l'Isère, le Drac et la Romanche), les escarpements rocheux et un fond de carte géologique. L'affichage cartographique de la Figure 67 fait apparaître seulement quelques objets : les éboulements (signe ponctuel marron) en fonction de leur volume (taille des cercles), les inondations (lignes), les cours d'eau (surfaccique) et les massifs (surfaccique). En effet, cette restriction permet de conserver une lecture claire de la carte pour l'acteur.



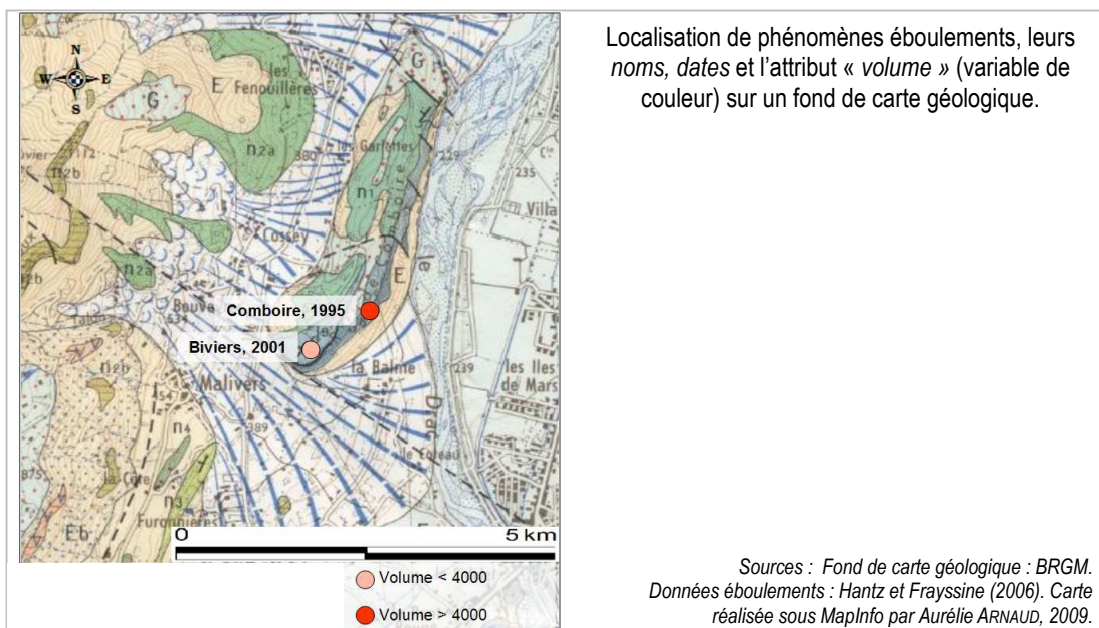
© Plateforme GenGHIS, réalisation : Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 67 : Affichage à moyenne échelle d'un SIHREN Expert

Néanmoins, L'état actuel de GenGHIS a du mal à représenter les inondations d'une source d'information surfaccique, au moyen d'une ligne afin de faire varier son épaisseur en fonction du débit.

Les SI générés par GenGHIS donnent la possibilité de choisir des fonds de carte : un fond de carte massif, forêt, ou encore IGN-Top25 inactif (pâli ou noir/blanc) qui présente des isolignes tous les 50m ou 10m (selon la pente), une carte géologique (fond de carte au

1/50000^{ème} en couleur, actif : Carte 8), ou encore une orthophotographie (Carte 10).



Carte 8 : Plusieurs éboulements sur un fond de carte géologique

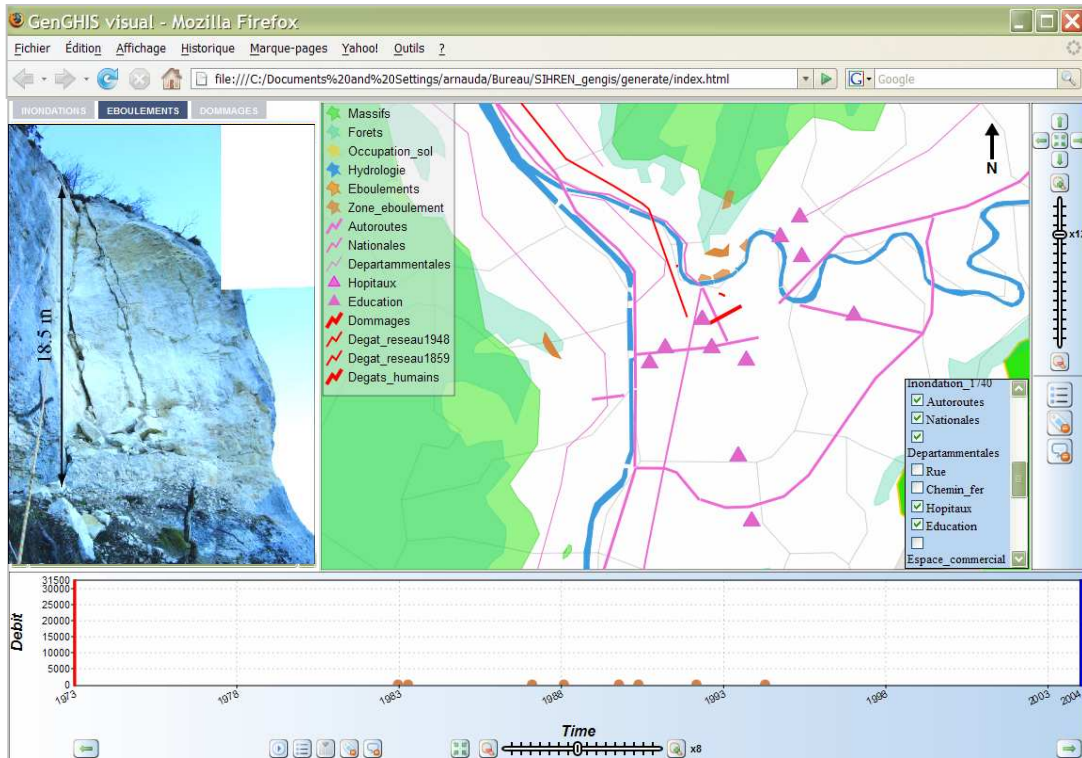
Pour faciliter la prévision du risque, toute l'information thématique décrivant chaque événement doit être lisible. L'expert n'a pas forcément besoin de localiser les événements sur une carte, toutefois, elle demeure nécessaire afin d'étudier certaines relations (ex. lecture du contexte géologique et localisation des événements), d'autant plus que parfois, l'expert connaît peu le terrain.

A grande échelle, le SIHREN Expert affiche les objets cartographiés à moyenne échelle plus les zones d'éboulements à localisation imprécise (information spécifique : surfaces translucides marrons), les dommages (linéaire rouge), les éléments exposés (ponctuels roses), l'occupation du sol (surfactive), les découpages territoriaux (les communes : surfaces délimitées par une ligne grise), la topographie (fond de carte scanné) et la végétation (les forêts : surfaces vertes transparentes). La Figure 68 qui présente un exemple de visualisation de SIHREN Expert à grande échelle, montre encore une sélection d'objets (les zones d'éboulement, les dommages, les éléments exposés (réseaux de communication, hôpitaux et bâtiments scolaires), les cours d'eau, les massifs et les forêts).

La Figure 68 montre un exemple d'affichage d'une cicatrice d'éboulement dans un escarpement rocheux (éboulement de l'Echarina, massif du Vercors).

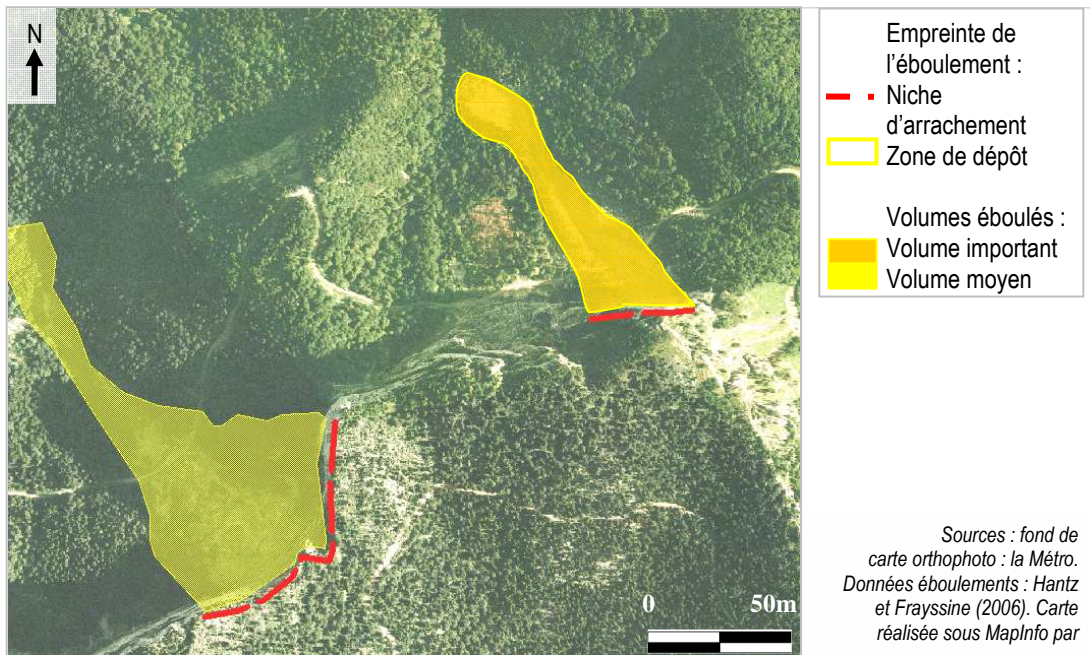
Le fond cartographique et l'occupation du sol sont absents pour des raisons de clarté de la carte. En fonction de ses besoins, l'acteur les ajoute au moyen de la légende dynamique. Les éléments exposés s'affichent également en fonction de ses souhaits (Figure 68). Le choix peut être fonction du contraste créé avec un fond de carte coloré et détaillé (Top 25 de l'IGN). Un fond de carte généralisé (ex. Top 100 de l'IGN) permet alors d'éviter une surcharge due à la multiplication des figurés. Comme autre exemple, le plan du schéma directeur peut également s'appliquer en fond de carte actif ou inactif (en réduisant sa

luminosité). Toutefois, ce réglage de luminosité ou même de transparence n'est pas encore possible dans GenGHIS. Selon les besoins de l'acteur, le fond de carte peut être constitué de plages de couleurs variant en fonction d'un attribut (ex. un nombre d'événements, une ampleur de dommages) d'un découpage territorial.



© Plateforme GenGHIS, réalisation : Aurélie Arnaud, 2009

Figure 68 : Affichage à grande échelle d'un SIHREN Expert



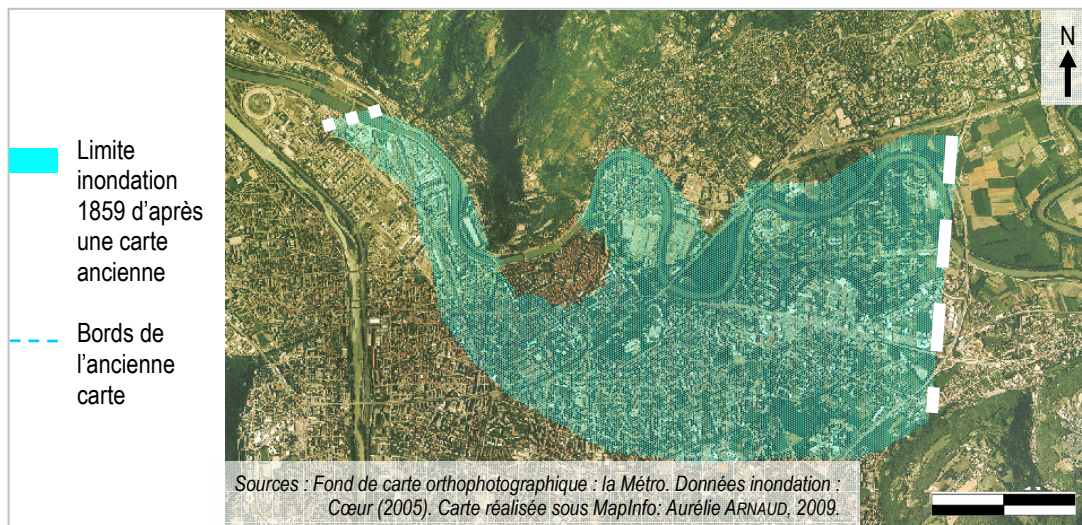
Carte 9 : Représentation d'éboulements à grande échelle

Toujours à grande échelle, la représentation des éboulements et des inondations utilise le

signe élémentaire de la surface. Celle-ci constitue l'enveloppe maximale atteinte par les phénomènes. La variable de la valeur associée à la couleur ou le grain, ajoute une information attributive quantitative à la représentation de ces phénomènes (Carte 9).

Pour le cas des éboulements, deux figurés sont nécessaires à sa représentation à grande échelle. L'un représente la niche d'arrachement par une surface ou un trait (en fonction de l'extension spatiale horizontale de l'escarpement rocheux), l'autre représente la zone de dépôt par une surface (Carte 9).

Concernant les inondations, la localisation d'anciens phénomènes s'avère délicate. Celle-ci est réalisée à partir de cartes anciennes, d'où une incertitude sur le tracé puisque celles-ci utilisent une projection différente (Carte 10³²). Pourtant, ce type d'affichage est recherché par les experts dans le cadre de délimitation de zonage de risque.



Carte 10 : Limites d'une inondation historique à grande échelle (Grenoble)

4.3.2.3 Scénarii d'utilisation « non expert »

Un SIHREN non-Expert est destiné aux décideurs, techniciens et scientifiques non experts dans le domaine du risque afin de les aider à réaliser des actions de prévention du risque et d'aménagement du territoire.

A moyenne échelle, le SIHREN affiche les éboulements, les inondations, les massifs, l'hydrologie, les découpages territoriaux, les dommages, la densité de population et l'occupation du sol. La Figure 69 présente un extrait de l'affichage de ces objets.

³² La spatialisation des inondations historiques est issue d'une vectorisation manuelle des limites sur les cartes anciennes, puis d'une superposition d'éléments exposés récents au moyen du logiciel MapInfo.

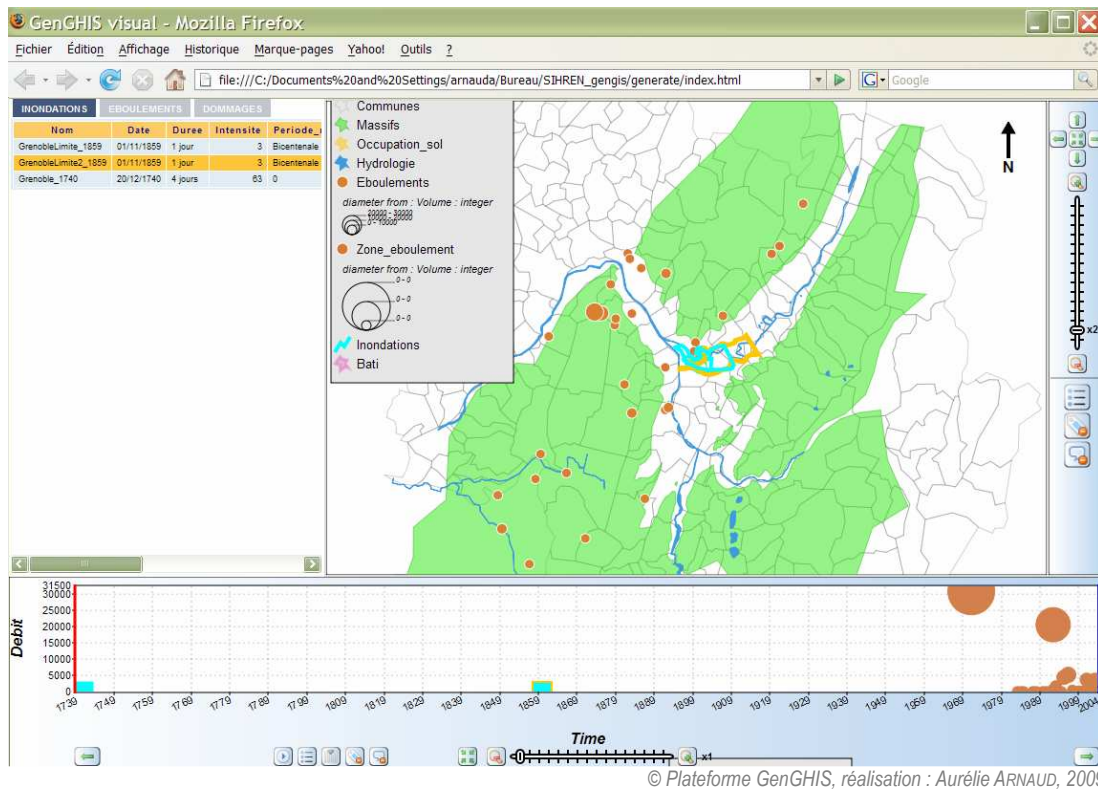


Figure 69 : Affichage à moyenne échelle d'un SIHREN non-Expert

La Figure 69 montre également un exemple d'interactivité propre à GenGHIS : la sélection d'un événement dans une fenêtre (ici, une inondation dans la fenêtre cartographique), met en surbrillance les informations relatives à cet objet dans les autres fenêtres (fenêtre informationnelle et évolution).

A grande échelle, le SIHREN non-Expert affiche en plus les éléments exposés, les projets d'aménagement, les spécificités de l'information (dans le cas de la Figure 70 il s'agit de l'ordre chronologique des éboulements) et les zones réglementaires liées au risque. La Figure 70 montre la chronologie des événements éboulements analysables grâce au croisement de cette information avec celles du nombre d'habitants par commune et la topographie (carte TOP 25de l'IGN). L'acteur peut alors repérer des zones plus où moins sensibles en fonction de la localisation des éboulements récents et du nombre d'habitants sur une commune.

Dans ces scénarii « non-expert », l'utilisateur peut choisir l'année d'affichage du fond de carte IGN « Top25» (ex. 1980 - 1890 – 2000 – 2007).

L'évolution de l'occupation du sol est représentée grâce à un fond de carte inactif de couleur pale présentant les entités de Corine Land Cover, ou d'un cadastre ou encore d'un PLU (Plan Local d'Urbanisme). Comme pour la carte topographique, plusieurs années sont affichables. Les zones de projets d'aménagement sont observables grâce à un fond de carte du schéma directeur.

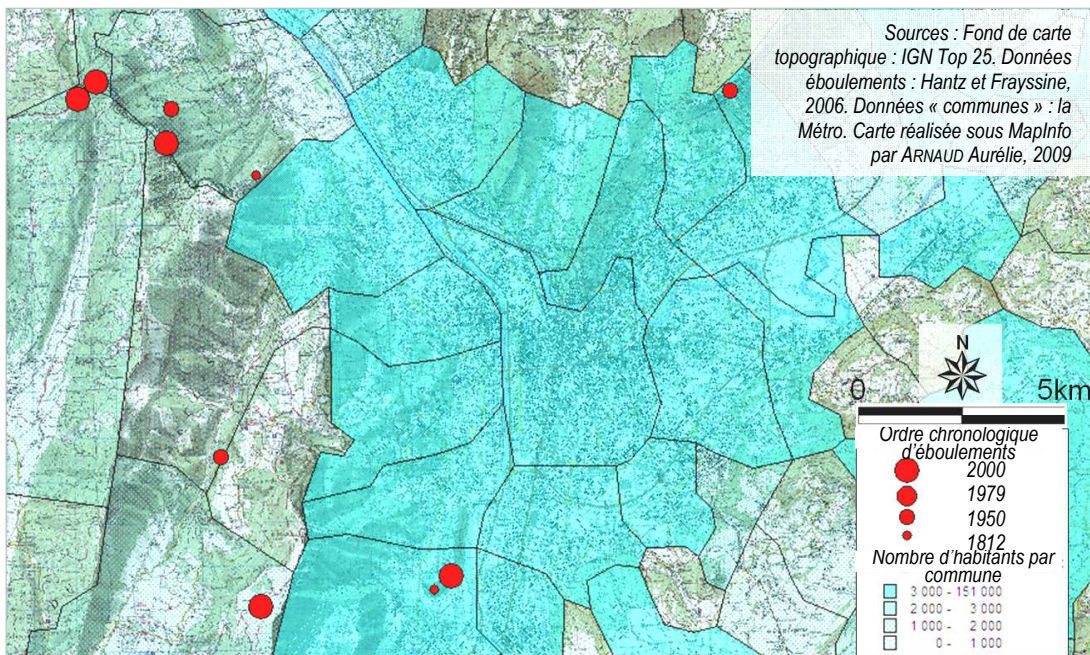


Figure 70 : Fenêtre cartographique à grande échelle d'un SIHREN non-Expert

Les enjeux sont visualisés à travers l'affichage du tracé des éléments exposés et en réalisant une série de cartes représentant chacun des contextes de risque. Toutefois, compte tenu de l'information récoltée, seul le contexte de gestion de risque est ici représentable.

La présentation des SIHREN Expert et non-Expert permet d'élaborer une évaluation de la génération de ce type d'outil de géovisualisation par GenGHIS.

4.3.3 Evaluation du SIHREN

La génération des SIHREN Expert et non-Expert va permettre à présent d'évaluer la capacité de l'outil de géovisualisation à valoriser l'Information Dédiciée aux Evénements (IDE). Cette étape se réalise en répertoriant les fonctionnalités précises demandées par les acteurs (Arnaud, 2003 ; annexe 7) et en montrant quelques correspondances cartographiques du SIHREN (§ 4.3.3.1). Cette étude permet de mettre en lumière les limites et les perspectives du prototype (§ 4.3.3.2).

4.3.3.1 Fonctionnalités réalisables via un SIHREN

Quelles fonctionnalités répondent réellement aux besoins des acteurs ? Une étude des fonctionnalités "réalisables" au moyen des prototypes SIHREN est nécessaire. Une première partie présente les fonctionnalités proposées de manière générale, tandis qu'une seconde partie, s'attarde plus précisément sur les fonctionnalités liées à la visualisation des évolutions.

4.3.3.1.1 Bilan des fonctionnalités proposées par SIHREN

Le Tableau 20 récapitule un certain nombre de fonctionnalités correspondant à de réels

besoins exprimés par les acteurs et affichables au moyen des SIHREN réalisés. Les figures de cette section illustrent ces fonctionnalités.

F. thématiques	F. spatiales	F. temporelles	F. spatio temporelles	F. s-t-thématiques
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Afficher un ou l'ensemble des phénomènes inondations (Figure 67) ▶ Afficher un ou tous les dommages à partir d'une sélection dans une table ▶ Afficher les éboulements dont la roche est calcaire (Carte 8) ▶ Afficher les éboulements en fonction de leurs volumes (Figure 67) ▶ Afficher les volumes des éboulements (Figure 67) ▶ Afficher la capacité d'accueil d'un lieu de transit ▶ Afficher une table selon les objets et champs étudiés (Figure 67, Figure 69) ▶ Afficher les inondations en fonction de leur intensité (non réalisable actuellement en raison de données manquantes) ▶ Afficher les attributs (méta-informations) d'un document (Figure 67, Figure 69) ▶ Afficher les documents en fonction d'un type de source ▶ Afficher le nombre de fois où un événement apparaît dans un ou plusieurs documents ▶ Afficher des événements correspondant aux entités géographiques que l'utilisateur renseigne (massif, volumes, date imprécise, etc.) ▶ Afficher les couches d'informations cartographiables en fonction de l'utilisateur 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Afficher les dommages correspondant à une zone de PPR ▶ Afficher les zones agricoles, les golfs et les terrains de sports, les espaces verts en fonction de leur surface ▶ Afficher le règlement PPR ou le règlement d'urbanisme correspondant à une zone sélectionnée ▶ Superposer une carte historique à des inondations et un cadastre (Carte 10) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ A une date donnée : afficher le bâti et les événements présents ▶ Entre deux dates données : afficher l'évolution des éboulements (Figure 70) ▶ Afficher les phénomènes AEA (Avant, Egal, Après) une date ▶ Afficher l'ordre chronologique des phénomènes (Figure 37) ▶ Pour une année donnée : afficher les hôpitaux et les événements ▶ Afficher la durée d'un événement (Figure 37) ▶ Afficher la fréquence d'un phénomène (Figure 37) ▶ Afficher la période de retour d'un phénomène (Figure 37) ▶ Afficher l'espacement temporel entre deux événements (Figure 37) ▶ Afficher les éboulements qui se sont produits en même temps que l'inondation de 1859 ▶ Afficher des inondations sur un intervalle temporel fixe que l'on peut faire glisser sur une frise chronologique (Figure 37) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Afficher les événements en fonction de leur chronologie d'occurrence croisée avec la densité de population par commune (Figure 70) ▶ Afficher la durée qui sépare chaque événement de cette zone ▶ Afficher l'évolution des phénomènes éboulement (Figure 71) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Entre deux dates données : afficher les phénomènes sur un territoire sélectionné en fonction de l'attribut (Figure 70) ▶ Afficher l'emprise des deux plus grosses inondations avant une date sélectionnée ▶ Afficher toutes les informations (attributaire et spatiale) liées à un territoire pour une date

F. = Fonctionnalités ; t = temporel

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 20 : Exemples de fonctionnalités proposées par les SIHREN

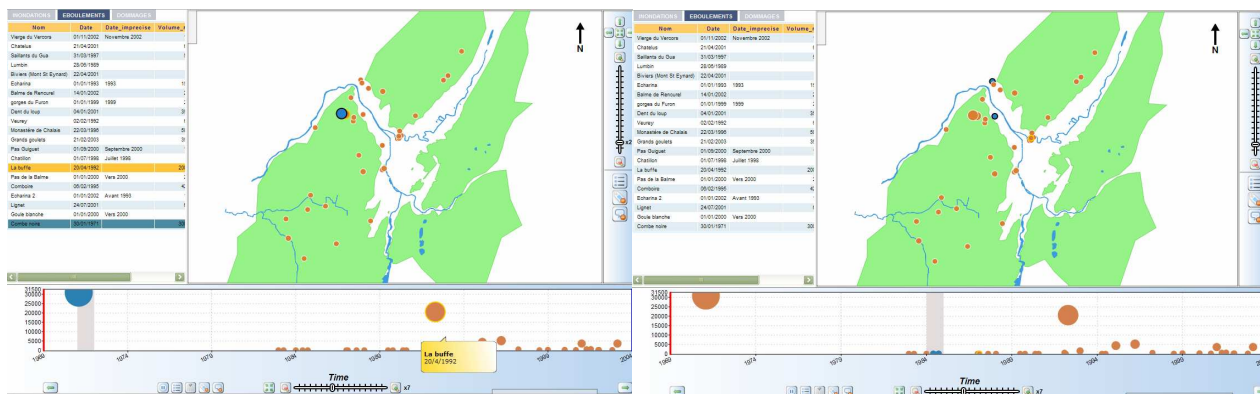
Les fonctionnalités relatives aux temporalités et plus généralement aux évolutions permettent de visualiser de nombreux paramètres relatifs à l'IDE. La partie suivante les détaille.

4.3.3.1.2 Les évolutions dans les SIHREN

Les objets relatifs aux événements d'inondations et d'éboulements possèdent des critères temporels et de mouvement, mais aussi des temps métaphoriques différents. D'après les acteurs de la couronne grenobloise, il est important de les afficher dans un contexte de gestion de risque. Notre objectif est de comprendre ce qui est affiché en terme d'évolutions

au moyen des cartes dynamiques, mais également de comprendre à quoi correspond exactement la visualisation de ces évolutions ?

La carte dynamique permet d'afficher les phénomènes d'un secteur entre deux dates (moment d'occurrences) mais aussi leur fréquence et leur ordre chronologique (Figure 71). L'ordre logique, la durée et la vitesse d'occurrence des phénomènes ne sont pas encore affichables pour deux raisons : un manque de données, et un manque de possibilité d'intégration de ces spécificités de l'information dans GenGHIS.



© Plateforme GenGHIS, réalisation : Aurélie ARNAUD, 2009

Figure 71 : Visualisation des évolutions dans un SIHREN

L'interactivité des trois fenêtres de SI permet la visualisation de la chronologie des phénomènes sur la carte mais également dans la fenêtre « évolutions » et informationnelle. La Figure 71 montre également un cas de synchronisation sur l'écran de droite, où apparaissent simultanément deux éboulements de localisations différentes, mais dont les dates d'occurrence sont proches.

Temporalités de la couronne grenobloise	Temporalités théoriques	Critères temporels	Temps métamorphique
Chapitre 1			
Pas de temps des périodes de retour des phénomènes		Fréquences	Cyclique
Pas de temps de la cinétique des phénomènes		Vitesses	Linéaire
Pas de temps des traces des phénomènes		Durées	Linéaire
Pas de temps des éléments exposés physiques		Durées	Linéaire
Pas de temps des éléments exposés humains		Durées	Linéaire et cyclique
Conjonctions temporelles		Synchronisation	Linéaire
Temporalités des contextes de risque		Durées	Cyclique
Durée de l'événement (catastrophe)		Durée	Linéaire
Longévité des empreintes		Durées	Linéaire
Longévité de la mémoire		Durée	Cyclique
Chapitre 2			
Dates des événements		Moment	Linéaire
Ordre des événements		Ordre	Linéaire
Rapidité d'exécution de l'événement		Vitesse	Linéaire
Fréquence des événements		Fréquence	Cyclique
Période de temps des événements (courte, longue, moyenne)		Durée	Cyclique
Espacement chronologique entre deux événements		Durée	Linéaire

© Aurélie Arnaud, 2009

Tableau 21 : Evolutions réelles et théoriques

L'animation affiche également l'aspect cyclique ou linéaire des événements. Elle met

également en évidence les critères temporels et de mouvement des différents objets de l'IDE (Tableau 21). Ces critères sont relatifs à un ensemble d'événements, ou au déroulement d'un seul événement (cette forme intéresse d'avantage les experts) : Tableau 21 et Tableau 22.

Le Tableau 21 présente les temporalités et mouvements analysés sur le terrain (Chapitre 1 et 2) et les confrontent aux critères d'évolutions étudiés dans le second chapitre et visualisables à travers les fonctionnalités de l'outil SIHREN générés par GenGHIS. Une analyse des critères d'évolutions appliqués à l'IDE est réalisée afin de bien comprendre ce qui est affiché.

Les critères d'évolutions temporelles appliqués à l'IDE

- Le moment d'occurrence (aussi nommé, « moment de représentation ») met en évidence le moment où le phénomène se déclenche (occurrence).
- La durée correspond à un intervalle temps dans lequel s'est produit un événement (intéressant dans les cas d'une inondation de plaine, phénomène à évolution moyenne à lente).
- L'espacement temporel (ou espacement chronologique) correspond à une durée où aucun événement n'apparaît. Cet espacement chronologique peut aussi être révélateur de lacunes informationnelles. N'observant aucun événement sur une longue période, le chercheur peut s'interroger sur le fait que cette période n'aurait pas été renseignée pour une cause définie (ex. une guerre).
- La fréquence est le nombre d'événements qui se produisent dans une unité de temps (ex. une année, un mois). Ces observations peuvent, par exemple, mettre en avant la sensibilité de certaines saisons ou heures de la journée. Elle témoigne d'une période temporelle « calme » ou « turbulente ».
- Les vitesses (rapidité d'exécution, taux de changement) : lorsqu'un phénomène évolue, en utilisant un intervalle de temps régulier, les moments de « stagnation » ou de « forte progression » des phénomènes sont mis en évidence.
- L'ordre chronologique : affiche l'ordre chronologique des phénomènes.
- La période de retour : temps nécessaire pour qu'un événement de même caractéristique physique (ou de même ampleur) se reproduise.

Ces variables s'appliquent pour les événements, mais également pour d'autres objets tels que les « dommages », les « éléments exposés » et les « documents » qui contiennent des attributs temporels (Tableau 22).

Les critères d'évolutions non temporelles de l'IDE

- L'ordre logique : l'ordre affiche des événements en fonction d'un attribut thématique de valeurs quantitatives ou qualitatifs ordinal ordonnés, par exemple les éboulements en fonction des dommages croissants ou des

volumes croissants, ou encore, les valeurs des hauteurs d'eau connues d'un cours d'eau.

- La synchronisation : grâce à l'alternance d'apparition de groupes de figurés sur une carte, il est possible de représenter l'appartenance de mêmes objets à des attributs qualitatifs nominaux différents. Par exemple, l'apparence de groupes simultanément permet de distinguer les dommages liés aux inondations et ceux liés aux éboulements. Une autre technique est le clignotement de figurés sur des cartes ou des graphiques. Toutes les entités et leurs attributs peuvent faire l'objet de synchronisations. La carte peut donc afficher successivement l'emplacement de digues, puis de ponts, de barrages, etc. ; ou encore les dommages en fonction de leur type : les « dommages physiques », puis les « dommages humains », ce qui évite de surcharger la carte (également nommée « carte de mise en place ») ; mais aussi l'attribut « contexte » qui détermine l'enjeu de chaque élément exposé selon son contexte de risque (prévision/prévention, alerte/crise ou reconstruction).
- Le déplacement : le déplacement d'un objet de l'IDE prend la forme d'un seul événement qui évolue, le déplacement représente alors sa trace. Adopté par plusieurs événements, le déplacement témoigne d'une relation entre la fréquence et la localisation de ces derniers. Quant aux déplacements des éléments exposés, il s'agit de leur mobilité.

Le Tableau 22 récapitule les critères d'évolution pour les éléments spécifiques au SIHREN. L'information multimédia est ajoutée au même niveau que les entités afin de montrer qu'elle aussi peut-être décrite par ces critères.

D'après le Tableau 22, les critères d'évolutions sont souvent contenus dans les entités du SIHREN : plusieurs événements, leurs dommages, les éléments exposés et l'information multimédia. Par contre, dans le cas d'un seul événement, les critères ne sont que partiellement existants. Quant à la « période de retour », elle s'exprime seulement à travers un événement ou un type de dommages (ex. un dommage selon sa gravité en €).

Nous déduisons de cette analyse que de nombreux critères d'évolution sont visualisables dans le SIHREN.

GenGHIS est alors un outil qui fait progresser l'accès à la compréhension de l'information. En effet, les trois fenêtres interactives aident par exemple les acteurs à prendre des décisions grâce à l'observation de cartes enrichies par des graphiques et de l'information multimédia associée. Toutefois, même si GenGHIS nous a permis d'implémenter une partie de nos propositions, quelques limites apparaissent.

Objets de l'IE Critères d'évolutions	Plusieurs événements	Un événement	Dommages	Eléments exposés	Information multiméda
MOMENT D'OCCURENCE	Dates début d'occurrence des phénomènes	Dates début d'occurrence d'un phénomène	Dates d'endommagement	Dates de construction	Date de production
DUREE (durée de l'action : date de fin – date de début))	Intervalle de temps où se produit chaque événement	Intervalle de temps où se produit l'événement	Intervalle de temps où se produisent les dommages	Intervalle de temps de la construction à la destruction	
ESPACEMENT TEMPOREL (Durée sans action)	Intervalles de temps sans événements		Intervalles de temps sans dommages	Intervalles de temps sans constructions	Intervalles de temps sans production de documents
VITESSE		Moments de « stagnations » ou de « forte progression » du phénomène	Moments de « stagnations » ou de « forte destructrice »	Moments de « faible croissance » ou « forte croissance » de constructions	Moments de « forte production » ou « faible production » de documents
FREQUENCE	Nombre d'événements par unité de temps		Nombre de dommages par unité de temps	Nombre de constructions par unité de temps	Nombre de productions de documents par unité de temps
ORDRE CHRONOLOGIQUE	Ordre chronologique des événements		Ordre chronologique des destructions	Ordre chronologique de construction	Ordre chronologique des productions
PERIODE DE RETOUR		Temps de retour estimé pour l'occurrence d'un même phénomène	Temps de retour estimé pour l'occurrence d'un même dommage		
ORDRE LOGIQUE	Ordre selon un attribut quantitatif		Ordre selon un attribut quantitatif	Ordre selon un attribut quantitatif	
SYNCHRONISATION	Similitude/différences d'attributs thématiques		Similitude/différences d'attributs thématiques	Similitude/différences d'attributs thématiques	Similitude/différences d'attributs thématiques
DEPLACEMENT	Evolution de localisation	Trace		Mobilités	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 22 : Les critères d'évolution des objets du SIHREN visualisables

4.3.3.2 Limites et perspectives de l'outil de géovisualisation

Certaines limites ont été identifiées. Elles sont dues à GenGHIS mais aussi à un manque d'information (ex. la méta-information, la vitesse d'exécution d'événements : la fiabilité des sources, des informations sur les mise à jours).

Certains aspects ne sont pas encore implémentés dans GenGHIS, tels que les fonctionnalités proposées dans la deuxième section (Tableau 23), mais l'important était l'apport de nos propositions dans un processus de valorisation de l'information : la modélisation de l'IDE et du risque, de leur représentation cartographique, des spécificités de l'information et des besoins des acteurs de territoires à risque.

Fonctionnalités à implémenter	Descriptions
Information multimédia	L'affichage des documents dans la fenêtre informationnelle
Onglets	Les onglets de la fenêtre informationnelle (pour la juxtaposition des documents) et les onglets cartographiques (pour la création de collection de cartes), § 2.3.
Cube spatio-temporel	Visualiser les emprises de plusieurs phénomènes qui se superposent Visualiser des évolutions
Toponymie et noms d'objets	La recherche textuelle et affichage sur la carte
Axes des graphiques	Faire apparaître les noms des différents axes dans la fenêtre évolutions
Généralisation	Généralisation de l'information dans la fenêtre informationnelle
L'affichage cartographique des attributs des objets	Actuellement peu flexible : une légende à arborescence serait davantage adaptée et permettrait un accès plus flexible à l'information thématique
Choix sémiologique	Signes à ajouter : des lettres, des lignes en pointillés, des carrés, des triangles inversés mais aussi des ponts, etc.
Module de présentation	Les « class » et « surclass » apparaissent au même niveau. Un décalage serait préférable pour les distinguer
Problèmes d'affichage	Descriptions
Deux légendes en une	Une seule légende à case à cocher intégrant les signes de représentations cartographiques suffirait
Surbrillance	La surbrillance des objets est difficile à maîtriser. L'ajout d'un outil de sélection d'objet solutionnera ce problème
Affichage d'objets de même classe	L'affichage des phénomènes d'une même classe dans la fenêtre cartographique ne permet pas de les faire apparaître séparément
Généralisation ligne => surface	La gestion de l'affichage cartographique linéaire/surfacique pour un même objet visualisé à différentes échelles doit être possible (Figure 67)
Info-bulles	Pas présente dans la fenêtre cartographique
Echelle cartographique	Pas renseignée sur la carte

© Aurélie Arnaud, 2009

Tableau 23 : Limites de GenGHIS

Quelques perspectives pour GenGHIS sont toutefois présentées.

Les **fonctionnalités d'adaptation** ont pour but d'éviter la surcharge cognitive lorsque l'utilisateur consulte l'information mais également lorsqu'il réalise des cartes et des graphiques. Pour cela, nous proposons trois fonctions : une légende adaptative, la surcharge cartographique évitée, le choix de graphique.

- Légende adaptative : afin de guider l'utilisateur dans le choix d'éléments puis de leurs attributs, la légende fait apparaître en floue les éléments de moindre intérêt compte tenu des objets activés. Lors de la superposition de deux à trois couches, toutes les autres couches sont alors floues. Elles restent toutefois activables.

- Evitement de surcharge cartographique : une adaptation sémiologique en fonction de l'ordre de sélection des couches d'informations est automatisée : la couche sélectionnée la première fois commence à disparaître par un effet d'effacement à partir de la superposition de la 5ème couche d'information.

- Choix des graphiques : le choix des graphiques est adapté à l'origine des acteurs qui manipulent l'outil de géovisualisation. Cette fonctionnalité sera détaillée dans la troisième section (§ 3.2.2.2). Toutefois, la nature des axes est constamment modifiable.

Actuellement, **l'intégration des règles sémiologiques** se réalise manuellement à l'aide de la méthode cartographique proposée dans ce chapitre. Pourquoi ne pas les automatiser ? GenGHIS ne gère pas les paramètres de sémiologie graphique étant de la compétence des

réalisateurs des systèmes d'informations qu'il génère³³. Or les experts et les non-experts possèdent peu de connaissances dans le domaine de la cartographie, il leur est alors difficile de créer des cartes sémiologiquement correctes. GenGHIS pourrait alors intégrer à partir des modèles créés, non seulement les règles de sémiologie classique, mais également les extensions proposées afin de générer des cartes par défaut, sémiologiquement correctes. Ensuite, les utilisateurs les modifieraient selon leurs besoins.

La possibilité **d'afficher les couches d'informations cartographiables en fonction des couches déjà représentées** constitue une fonctionnalité qui permettrait de gérer encore mieux la lisibilité des cartes. Actuellement, elle n'est pas modélisée et ne possède pas de solution technique quant à son implémentation dans GenGHIS.

SIRN permet actuellement de **représenter** seulement quelque **éléments exposés physiques** dans un contexte de risque. Il serait intéressant d'élargir cette information aux autres contextes. Le Tableau 24 fournit une amorce. les contextes de reconstruction et de rétablissement restent à créer. Ils nécessitent des recherches supplémentaires.

Contextes Eléments exposés	De risque	D'alerte	De crise
Eléments exposés actuellement localisables		- Centres hospitaliers - Bâtiments scolaires	- Casernes de pompiers - Centres hospitaliers - Surfaces disponibles pour les réfugiés...
Eléments exposés à localiser	Centres de diffusion de l'information locaux (radiophonie, télévision, IRMA, etc.)	- Cellule de crise - Centres spécialisés	- Cellule de crise - Autres centres de secours

Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 24 : Localisation des éléments exposés liés aux contextes de risque

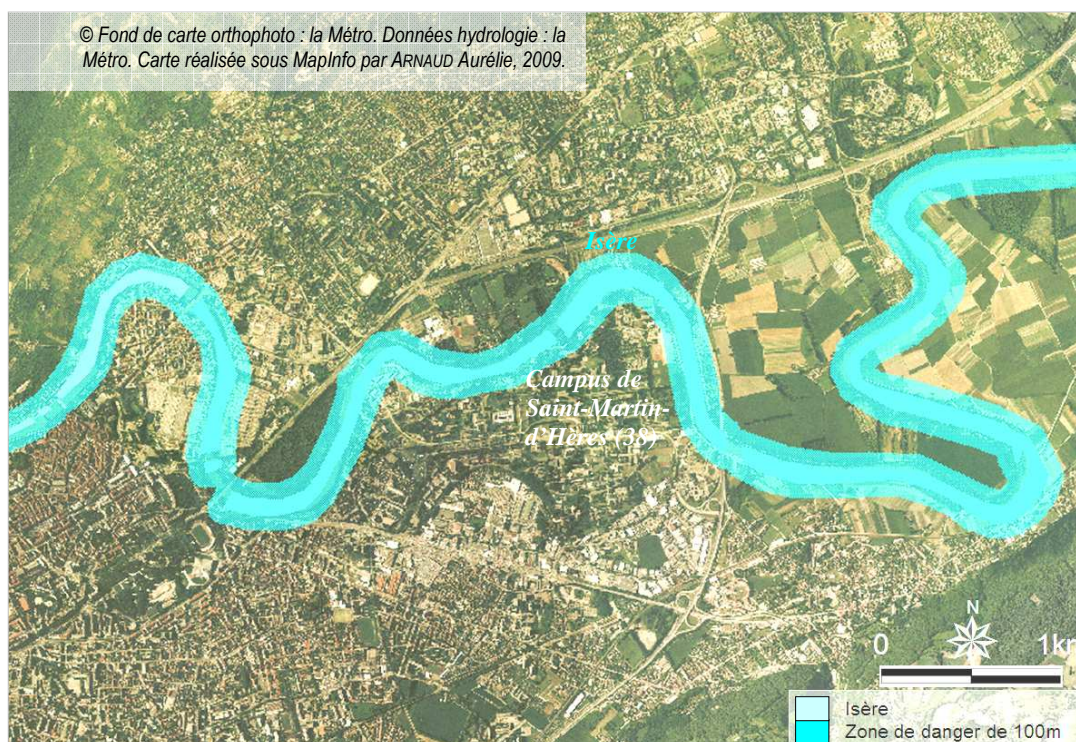
Des fonctionnalités qui permettent la transformation de l'information sont absentes des SIRN. Le Tableau 25, la Carte 11 et la Carte 12 donnent un exemple exhaustif de celles-ci. Ces fonctionnalités permettront de produire de l'information de second ordre directement à partir de l'outil.

³³ « GenGHIS permet aux concepteurs de définir de manière très flexible des présentations spatio-temporelles interactives. En revanche, un modèle de présentation GenGHIS valide n'est pas forcément correct du point de vue sémiologique ou technique. Un concepteur peut donc éventuellement spécifier des visualisations incorrectes du point de vue de la sémiologie graphique. Si GenGHIS n'intègre pas de vérificateur sémiologique, c'est d'abord par souci de flexibilité et de modularité et ensuite parce que GenGHIS vise les concepteurs d'applications de visualisation, qui sont supposés disposer d'un savoir-faire cartographique certain. » (Moisuc, 2007).

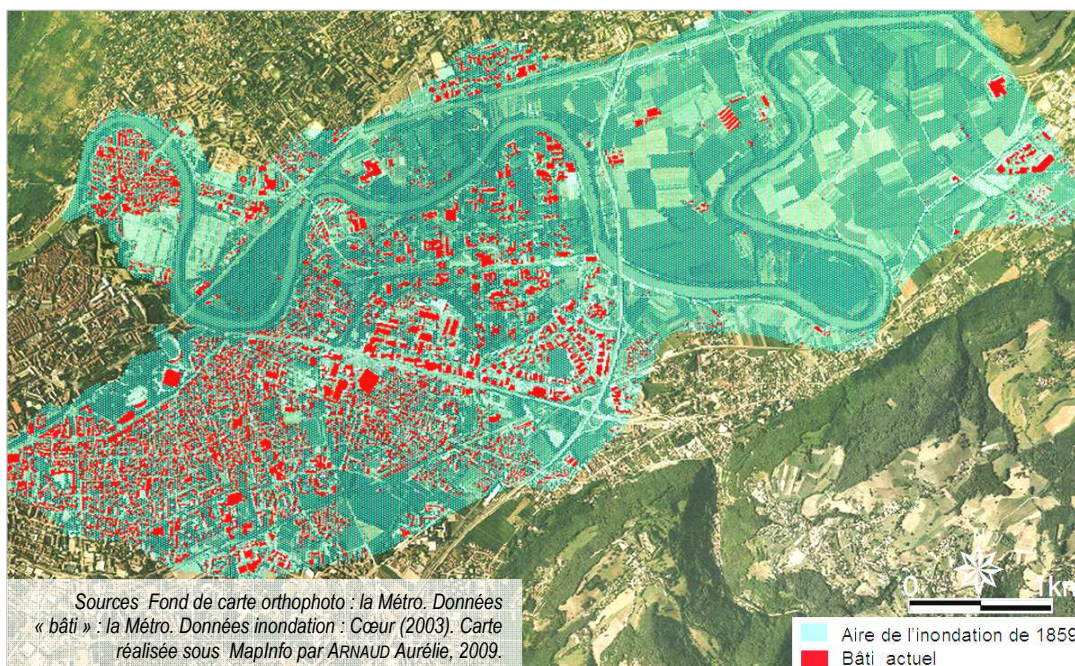
Réponse attributaire	Réponse spatiale	Réponse temporelle	Réponse Spatio/temporelle
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mesurer la surface (d'un phénomène, d'un massif, de champs agricoles, etc.) ▶ Créer une aire de danger large de 100 mètres autour de l'Isère ▶ Créer une aire de sécurité autour des hôpitaux en fonction de leur capacité d'hébergement ▶ Créer une aire de danger de 100m en aval des escarpements rocheux ▶ Créer des zones où sont concentrés les dommages 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Créer une surface résultant de la fusion de toutes les inondations historiques ▶ Créer des zones à risque issues du croisement des spatialisations des phénomènes avec les éléments exposés (bâti et réseaux) ▶ Créer une table qui rassemble toute l'information d'une zone, tous objets confondus 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Entre deux dates : fusionner les surfaces d'inondations ▶ Créer une couche d'information correspondant à tous les objets existants en 1858 et en 1860. ▶ Créer les intervalles de temps dans lesquels se sont produits trois phénomènes à un an d'intervalle maximum 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Créer les zones de risque compte tenu d'un type de roche et du nombre d'événements durant le mois d'avril 1950 sur cette commune ▶ Créer une aire résultant du groupement des surfaces inondations qui ont eu lieu avant 1980 Non réalisable actuellement ▶ Créer une carte des croisements des évolutions de deux objets distincts

Aurélié ARNAUD, 2009

Tableau 25 : Perspectives : exemple de fonctions de transformation de l'information



Carte 11 : Création d'une zone de danger de 100m autour de l'Isère (Grenoble)



Carte 12 : Bâtiments actuels contenus dans l'aire d'inondation de l'Isère de 1859 (Grenoble)

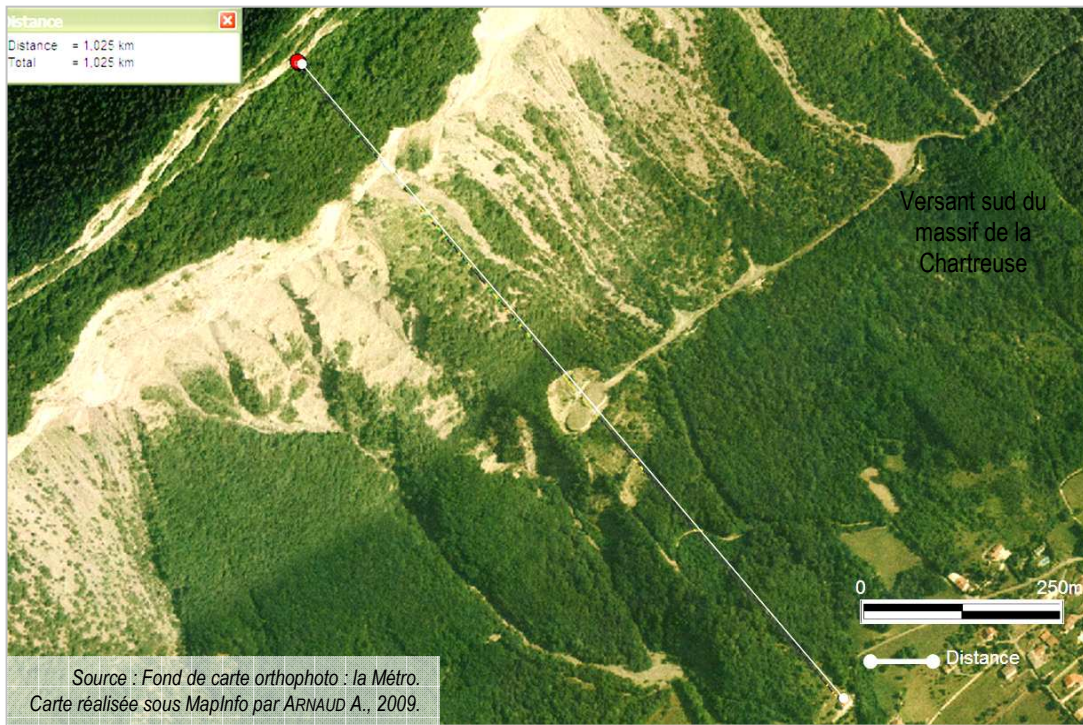
Les transformations proposées dans le tableau (Tableau 25) sont actuellement peu réalisables via des outils de géovisualisation. En revanche, elles demeurent aisément exécutables au moyen des systèmes d'information géographique.

Afin que l'utilisateur puisse approfondir ou préciser des analyses, il serait intéressant d'intégrer à GenGHIS des fonctionnalités de calcul (Tableau 26, Carte 13).

Fonctionnalités thématiques	Fonctionnalités spatiales	Fonctionnalités temporelles	Fonctionnalités Spatio/temporelles
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Calculer les barycentres des aires agricoles ▶ Faire déborder la rivière de 3 mètres (en abscisse) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Afficher les événements (ou éléments exposés : hôpitaux) contenu dans un périmètre, ou intersectant une ligne ou un point (Commune, METRO, un massif, un cours d'eau, etc.) ▶ Afficher les communes traversées par un événement sélectionné ▶ Mesurer une distance à la volée (entre un éboulement et un hôpital, entre les bâtiments agricoles et l'Isère, etc.) ▶ Afficher les dommages correspondant aux éléments exposés actuels à forts enjeux, ou dans un périmètre de 3m autour de ces éléments 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Afficher les phénomènes dont la fin de l'un correspond au début de l'autre ▶ Afficher deux phénomènes qui se sont produits en partie ou entièrement au même moment ▶ Renseigner le champ « date » par une date imprécise ▶ Pour un nombre de jour AEA une date donnée : afficher des phénomènes ▶ Afficher les objets en fonction d'un ordre logique des sources 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ A une date donnée : afficher le nombre d'événements par commune ▶ Afficher les éboulements qui ont eu lieu ce dernier mois (période) au dessus de 2000m

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 26 : Perspectives : exemple de fonctions de calculs



Carte 13 : Calcul de distance entre un éboulement et une première habitation

Cette étude des limites met en évidence des fonctionnalités à intégrer dans l'outil de géovisualisation ainsi que des problèmes d'affichage dont les solutions techniques sont maîtrisées par les informaticiens. Leur implémentation dans GenGHIS relève alors d'une application à court terme. Par contre le manque d'information sera petit à petit résorbé en fonction de la coopération des producteurs de l'information. Quant aux perspectives, les fonctionnalités proposées nécessitent de nouvelles recherches tant dans le domaine de la géographie que de l'informatique. Elles seront donc implémentables dans un temps plus long.

Conclusion du Chapitre 4

Afin de contribuer à la valorisation de l'Information Dédiée aux Evénements (IDE), nos propositions se sont élaborées au moyen de modèles. Leur création s'est réalisée à partir de langages standard (tels que UML, AROM, MADS et *Perceptory*), tout en proposant des pictogrammes permettant d'intégrer la compréhension des dimensions spatiales et temporelles de l'information modélisée.

Une modélisation des notions centrales de notre problématique de gestion des territoires à risque, des fonctionnalités d'un outil de géovisualisation, ainsi que d'une méthode cartographique a été proposée. La méthode cartographique est fondée sur des choix sémiologiques adaptés aux objets à cartographier et aux spécificités de l'information ainsi qu'à une sélection d'objets en fonction des besoins des acteurs.

Ces propositions ont été intégrées dans une plateforme : GenGHIS. En effet, ce générateur de SI contient une Base de Connaissances (BC), un module de données et un module de présentation. Chacun d'eux ont permis d'introduire nos propositions en les appliquant à la couronne grenobloise. Deux SIHREN ont été générés, l'un adapté aux Experts dans le domaine du risque, l'autre aux non-Experts, toujours dans une optique de favoriser la gestion des territoires à risque.

L'implémentation des propositions dans GenGHIS a permis d'atteindre plusieurs objectifs :

- l'information cartographiée est clairement lisible (cartes non surchargées en fonction des échelles cartographiques) ;
- la représentation cartographique de plusieurs spécificités de l'information est valorisée ;
- la sélection des entités à cartographier est adaptée aux besoins des utilisateurs, à leurs connaissances et leurs actions à mener.

Afin d'illustrer l'évolution bien réelle de ce type de travail, Rimbert (in Bord, 2006) affirme que la cartographie a cheminé du simple outil de représentation de répartitions à une véritable « *discipline d'analyse et de simulation de surfaces* ». En effet, l'outil de géovisualisation permet désormais de cartographier l'IDE pour une meilleure compréhension des phénomènes et des dommages associés mais également pour faciliter leur analyse. L'outil permet aussi d'informer et de donner des connaissances sur les événements, et ainsi, d'aider les acteurs à gérer le risque ou à négocier dans le cadre d'action d'aménagement du territoire.

Cette réflexion sur les représentations cartographiques montre bien l'importance du choix de représentation cartographique des objets et de leurs données attributaires à représenter sur une même carte, de la sélection de ces derniers selon l'échelle cartographique.

Une montée en généralité à partir de ces propositions permet maintenant de proposer une méthode de valorisation de l'information générique. Nous conseillons alors aux concepteurs de SI de suivre les trois étapes présentées dans la Figure 72.

La première étape concerne l'objet de recherche dont est dédiée l'information. L'information constituera alors un lien entre le territoire et un autre objet que le risque. Il pourra s'agir de mobilités urbaines, d'agriculture biologique ou bien d'énergies renouvelables et même du changement climatique. Le choix des territoires à expérimenter sera réalisé en fonction de la dynamique de la thématique à exploiter et de la disponibilité des acteurs clés.

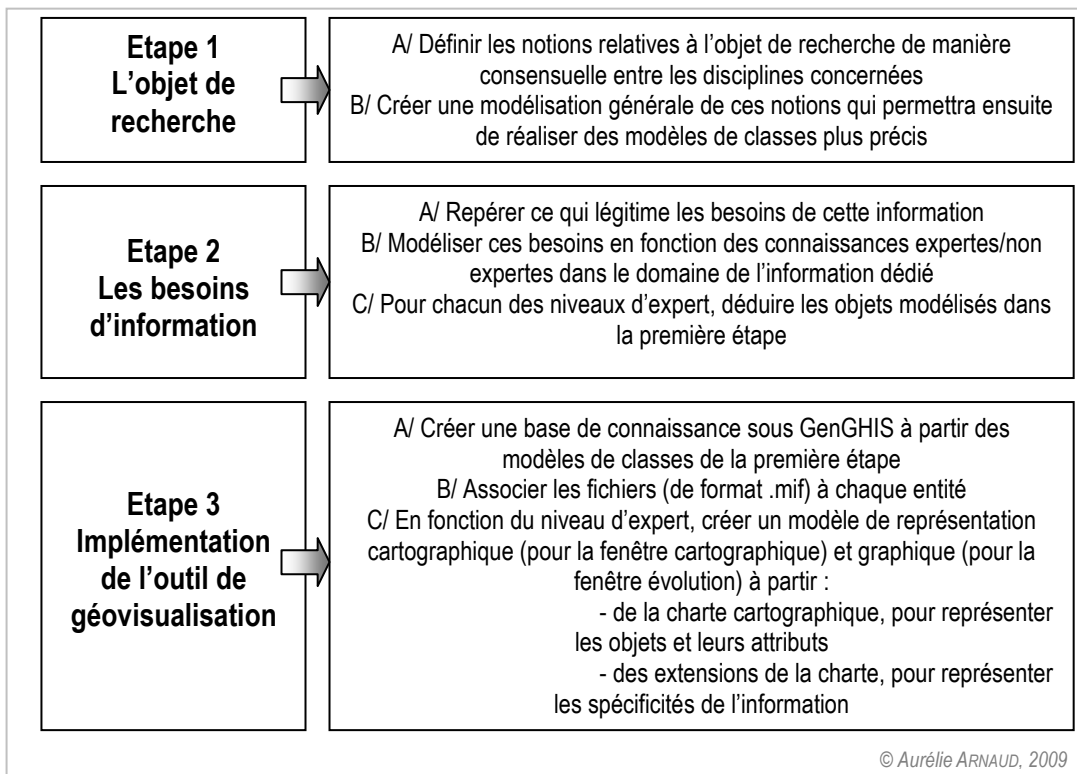


Figure 72 : Une méthode de valorisation de l'information générique

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objet de cette recherche était de mener une réflexion sur la valorisation de l'information dédiée aux événements. Celle-ci constitue en effet un véritable lien entre un territoire et le risque au service de la gestion de territoires à risque. Afin de répondre aux questionnements initiaux, l'hypothèse était que la représentation cartographique et la géovisualisation constituaient des potentiels de valorisation.

Ce travail a tout d'abord cherché à construire un objet géographique, le territoire à risque, légitimant la nécessité de notre objet de recherche : l'information dédiée aux événements issus de risque. Puis, l'hypothèse de départ a été affirmée à travers la spécification d'une méthode cartographique testée dans un outil de géovisualisation : GenGHIS. Cette démarche est peu commune. Habituellement, les recherches portent sur un objet géographique ou sur la création d'un outil informatique, mais la relation entre les deux est rarement effectuée. Cette approche globale et pluridisciplinaire de la problématique cherche à donner un regard neuf sur l'objet de recherche.

Cette thèse a été structurée en quatre chapitres. Les deux premiers constituent un apport théorique dans le domaine de la géographie en se concentrant sur des considérations sémantiques, et surtout sur la légitimité de l'étude de la valorisation de l'IDE, l'objet de cette recherche. Les deux chapitres suivants sont davantage appliqués et fournissent un apport théorique, mais surtout méthodologique dans les domaines de la cartographie et de la géomatique. En effet, ils analysent des solutions théoriques et méthodologiques (Chapitre 3) pour proposer une méthode cartographique (Chapitre 4). Celle-ci est ensuite intégrée dans un module de présentation afin de générer un Système d'Information sur l'Histoire des Événements issus de risque Naturels : SIHREN. Son objectif est d'améliorer la compréhension des événements pour les acteurs dans une optique de gestion de territoires à risque.

Ainsi, nous avons montré dans le premier chapitre qu'il existe une autre manière de considérer le risque sur un territoire, qui va au-delà de la méfiance et de la protection systématique prônées dans les sciences « dures » et les sciences « humaines » à travers les notions d'« aléa » et de « vulnérabilité ». En effet, l'étude des rapports risque/territoire dans la littérature française (Ferrer, 1998 ; Gumuchian, 2003 ; Roussel, 2001) et suisse (November, 2002) mène à une autre issue originale, où le risque devient une ressource territoriale, capable de contribuer au développement de territoires. Cette ressource nécessite d'être activée, et l'amorce la plus visible, est la connaissance et la compréhension des événements issus de risque, de la part des acteurs. L'ensemble de ce raisonnement fonde le territoire à risque, qui constitue désormais un objet géographique (au sens de Maby, 2003) du fait de sa spatialité, qu'il soit construit, systémique, ou issu d'une représentation mentale. L'étude de la couronne grenobloise vérifie l'existence réelle de cet objet géographique, qui se révèle dans des échelles géographiques réduites, telles qu'une commune ou un ensemble de communes, dont l'union est fédérée au travers d'une problématique de risque. Ces

territoires à risque montrent à quel point la compréhension des événements passés, ainsi que des éléments exposés vulnérables et leur enjeu dans un contexte de risque, représente un atout pour la reconsidération du risque d'une façon plus positive. En effet, grâce à leur connaissance, les acteurs gèrent le territoire de manière adaptée afin de réduire les dommages. De plus, nous avons montré que la connaissance des temporalités des événements renseigne sur le type d'événement, l'importance du phénomène qui le constitue, la gravité de ses dommages, la durée des contextes de risque, et finalement sur l'ampleur de l'événement lui-même. Or, ces temporalités intéressent particulièrement les acteurs. Une des temporalités, témoin d'événements, est l'empreinte directe (trace de l'événement dans l'espace physique) ou indirecte (l'information produite sur celui-ci). C'est pourquoi nous nous sommes orientés vers l'étude de cette dernière qui se présente comme un vecteur essentiel de sensibilisation des acteurs, fabriquant du lien entre le territoire et le risque.

Le deuxième chapitre a élaboré des définitions autour de notre objet de recherche, l'information sur les événements, qui tendent vers un consensus entre les disciplines de la géographie et de l'informatique à propos des notions :

- de « donnée » : ici considérée comme une unité élémentaire ou une donnée brute qui a un sens mais qui n'a pas subi de traitement ;
- d'« information » : elle est le résultat d'un premier traitement de la donnée nommé « information de premier ordre » ou son traitement secondaire « information de deuxième ordre », voire plus. Elle est également parfois appelée « donnée produite » ;
- de « connaissance » : elle est composée d'information, d'apprentissage, d'expérience et de vécu, qui aide les acteurs à interpréter les données/informations afin de produire de nouvelles informations qui, à leur tour, alimentent la connaissance.

Reliées à notre objet géographique, de ces définitions naît la notion d'« Information Dédiée aux Événements » (IDE), objet de recherche de cette thèse. L'appellation « IDE » désigne l'ensemble des données, mais aussi des informations de premier ordre et plus. Celles-ci se consacrent à la description de l'occurrence des phénomènes et de leurs dommages associés.

Suite à l'analyse de la connaissance des acteurs des territoires à risque appliquée à la couronne grenobloise, on constate que l'IDE est indispensable à sa construction. Or, qu'elle soit scientifique, technique ou fonctionnelle, la connaissance manque de contenu pour vivre. L'IDE doit alors faire l'objet d'un véritable processus de « valorisation » afin de l'enrichir puis de l'utiliser. Néanmoins, cette information contient un certain nombre d'obstacles liés à ses spécificités (la multi-dimension, la méta-information dont l'incertitude, l'hétérogénéité, la multi-échelle et la dispersion), mais également aux supports de celle-ci (ses sources, sa multi-représentation, les documents qui la stockent et sa généalogie). Ces spécificités freinent sa valorisation malgré son intégration au Web, vecteur d'information aujourd'hui démocratisé, et l'utilisation de la cartographie, support pourtant privilégié des acteurs pour localiser des événements. Toutefois, la représentation cartographique et les

technologies Web font apparaître un grand potentiel de valorisation pour l'IDE. En effet, les règles de sémiologies graphiques qui s'appliquent aux cartes, associées à un environnement à la fois interactif, animé et multimédia, ouvrent des perspectives que nous exploitons dans le troisième chapitre.

Le troisième chapitre a visé à améliorer la compréhension de l'IDE en se sélectionnant des fondements cartographiques. Ceux-ci s'appuient sur des règles de perception visuelle (dont la sémiologie graphique -Bertin, 1967- et ses extensions pour représenter le mouvement – Ormeling, 1995 ; l'Hostis, 2003- et l'incertitude – Bard *et alii*, 2003), des règles de contrastes de la couleur (Itten, 1967 ; Chesneau, 2006), une approche cognitive (Weger, 1999), mais également sur quelques règles de sélection et de généralisation d'entités à cartographier (Beguin *et al*, 1996 ; Cauvin *et alii*, 2007b). Cependant, comme ces fondements ne sont pas suffisants pour représenter l'intégralité des spécificités de l'information (les évolutions, la superposition des objets et l'incertitude), l'étude des formes cartographiques délivrées grâce aux technologies Web, telle que la carte interactive, animée, dynamique ou encore multimédia (Kraak, 2001 ; Peterson, 1999), ouvrent de nouvelles perspectives. Mais au-delà de la représentation de l'information, l'environnement interactif, animé et multimédia sur lequel se basent les cartes, donnent également accès à des analyses supplémentaires (l'analyse exploratoire de l'information) livrant à l'utilisateur non seulement une meilleure compréhension de l'information, mais également une étude de l'IDE plus efficace, lorsque l'analyse révèle des relations peu visibles sur une simple carte statique ou une collection de cartes. Cette association des environnements aux règles cartographiques constitue un domaine de la géovisualisation qui dévoile d'autres opportunités d'analyse loin d'être épuisées (Andrienko, 2007 ; Gatalsky, 2004 ; MacEachren, 2001). Nous nommons alors les outils informatiques relatifs : « outil de géovisualisation ». Cependant, une étude des cartes intégrées à ce type d'outils (Annexe 5) montre que les fondements cartographiques ne sont pas toujours respectés. Or cette association « cartographie/outil de géovisualisation » présente un potentiel bien réel de valorisation de l'IDE et nous l'exploitons au travers de spécifications concrètes de méthodes et techniques.

Des propositions pour améliorer la valorisation de l'IDE sont mises en avant dans le quatrième chapitre, en utilisant les résultats des trois premiers. Elles s'inscrivent dans une démarche d'amélioration d'une plateforme (GenGHIS) qui génère des outils de géovisualisation (Davoine, 2002 ; Moisuc *et alii*, 2005). Plus précisément, cette plateforme est un générateur de SIST dédiée à l'environnement et développé au sein de l'équipe STEAMER du LIG. Les outils créés ont la particularité d'afficher simultanément les dimensions temporelles, spatiales et thématiques de l'information.

Afin de donner un caractère opérationnel à nos propositions, nous avons utilisé une modélisation s'inspirant de langages normalisés : UML (Boock *et alii*, 2003), AROM (Page *et alii*, 2001), MADS (Spaccapietra *et alii*, 2007) et *Perceptory* (Bédard *et alii*, 2004). Cette modélisation propose de nouveaux pictogrammes afin de modéliser les formes cartographiques et quelques spécificités de l'information. Cette démarche facilite la

compréhension de nos propositions et les rend directement applicables par les concepteurs de SIST. Nos propositions reposent sur (Tableau 1) :

- la modélisation des notions qui composent l'information sur le risque et plus particulièrement l'IDE. Elle s'appuie sur les définitions du premier chapitre ;
- des fonctionnalités pour le SI qui permettent de consulter cette information et ses spécificités. Elles reposent sur des techniques de géovisualisation abordées dans le troisième chapitre ;
- la représentation cartographique des objets liés à la problématique du risque en général (le risque, l'espace physique, l'élément exposé) et plus particulièrement aux éléments de l'IDE (l'événement, le territoire à risque). Une charte cartographique propose des règles de sémiologie graphique adaptées à la nature des objets ;
- la représentation cartographique des spécificités de l'information (la superposition de l'information, les évolutions et la dimension thématique) au moyen de l'application d'extension de ces règles ;
- la sélection de l'information à cartographier en fonction des connaissances des acteurs de la couronne grenobloise, afin d'adapter l'outil à leurs besoins en terme de prévision et de prévention du risque, mais également pour l'aménagement du territoire.

Spécificités de l'information		Propositions de modélisation	Propositions cartographiques
Des objets superposés		Pictogramme pour modéliser des objets superposés	Formes cartographiques : collection de cartes, cartes interactives, cartes 3D
Evolutions de l'information (dont temporalités)		Pictogramme pour modéliser l'évolution des objets (temporelle et atemporelle)	- Formes cartographiques : cartes dynamiques, cartes 3D, collection de cartes, - Sémiologie graphique : variables d'évolution
Dimension thématique	L'incertitude	Modèle de la méta-information	Formes cartographiques : cartes interactives Sémiologie graphique : variables d'incertitude
	L'information multimédia	Modèle de la dimension thématique	- Formes cartographiques : cartes interactives - Sémiologie graphique : variables de localisation de l'information multimédia
	Nombreuses informations	Modèle de la dimension thématique	Forme cartographique : carte 3D, cartes interactives
Objets à représenter		Propositions de modélisation	Propositions cartographiques
Objets liés au risque		- Modèle du risque intégrant l'élément exposé et l'espace physique - Diagramme de classes utilisant les pictogrammes	- Application des extensions de la sémiologie graphique - Application des formes cartographiques - Application du prolongement de la méthode aux besoins des acteurs : sélection d'objets
Objets liés aux événements		- Modèle de l'événement intégrant le territoire à risque - Diagramme de classes utilisant les pictogrammes	
Objets liés aux besoins des acteurs		- Diagramme de cas d'utilisation	

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 1 : Propositions en termes de modélisation et de cartographie

Une méthode cartographique est proposée : elle est composée de la charte et ses extensions de règles cartographiques adaptées aux spécificités de l'information, mais aussi d'un prolongement permettant de sélectionner les objets à représenter en fonction des

besoins des acteurs territoriaux. Cette série de propositions nous a permis de concevoir et de réaliser un SIHREN en nous appuyant sur la plateforme de développement GenGHIS. Celle-ci nous permet de générer un « SIHREN Expert » destiné aux experts dans le domaine du risque, et un « SIHREN non-Expert ». L'utilisateur de ces SI a donc la possibilité d'afficher les spécificités de l'IDE (les temporalités et plus généralement les évolutions, la superposition de l'information et les méta-informations telle que l'incertitude) en fonction de ses connaissances dans le domaine du risque.

Par ailleurs, l'implémentation de la méthode a été réalisée à partir des modèles créés par nos soins, tandis que les spécifications des fonctionnalités supplémentaires à GenGHIS sont actuellement en cours d'implémentation par l'équipe d'informaticiens STEAMER. Ces fonctionnalités se fondent sur un environnement interactif, animé et multimédia, de l'outil de géovisualisation. Elles répondent à un certain nombre d'obstacles à la valorisation de l'IDE, liés aux spécificités de l'information. Le Tableau 2 offre une lecture transversale des fonctionnalités en associant les propositions aux points solutionnés.

Spécificités de l'information		Propositions de fonctionnalités
Des objets superposés		Légende interactive de la fenêtre cartographique
Evolutions de l'information (dont temporalités)		- Outils « temporalités » de la fenêtre évolution - Graphiques interactifs de la fenêtre évolution - Choix du type de graphique
Dimension thématique	La méta-information (dont les incertitudes)	- Consultation de la méta-information . affichage qualitatif et quantitatif de l'incertitude . duplication de la fenêtre informationnelle - Sonorisation des cartes
	L'information multimédia	- Choix du format/média/type de documents dans la fenêtre informationnelle - Carte multimédia - Sonorisation des cartes
	Nombreuses informations	- Duplication de la fenêtre informationnelle - Carte modulable - Outils de repérage d'information (spots) de la fenêtre cartographique - Boutons d'accès direct aux thématiques

© Aurélie ARNAUD, 2009

Tableau 2 : Propositions pour un outil de valorisation de l'IDE

L'intégration de ces fonctionnalités à l'outil amélioreront la compréhension de l'information et créeront un contexte favorable à l'analyse.

Finalement, un SIHREN constitue une aide à la formation de connaissances sur les événements, à travers la proposition de cartes d'événements, et la création de nouvelles fonctionnalités appliquées aux besoins des acteurs-utilisateurs.

Intérêts de la recherche

Cette thèse s'est attachée à étudier l'articulation entre le territoire et le risque à travers l'information ce qui a suscité des intérêts de plusieurs ordres :

- scientifique, étant donné que la valorisation d'une information sur le risque fait actuellement l'objet de nombreuses réflexions dans plusieurs disciplines ;

- opérationnel, puisque notre réflexion présente un réel apport en terme de gestion des territoires à risque par des acteurs issus d’horizons très différents (formation, statut, expérience) ;
- méthodologique, car il s’agit d’un sujet pluridisciplinaire qui mobilise simultanément les connaissances de géographes, de spécialistes du risque et de l’informaticien facilitant la conception d’un outil de géovisualisation.

La thématique du risque comme préoccupation contemporaine majeure

Les événements causant de plus en plus de dommages, qu’ils soient matériels ou humains, la thématique du risque fait à l’heure actuelle l’objet d’un grand nombre de réflexions, aussi bien politiques que scientifiques. Par exemple, à l’échelle Nationale, suite aux derniers événements catastrophiques présentés dans le Tableau 3, le gouvernement français souligne un manque de cohésion et de coordination de l’information entre l’échelle de Nationale et l’échelle locale, et notamment un manque d’information préventive¹ auprès des individus sur le terrain (Loi Bachelot, 2003). En conséquence, le gouvernement révisé, complète et établit des lois pour accroître la communication de l’information sur le risque à l’échelle locale (Commune) mais aussi plus large (Département et Région). Cette information préventive doit améliorer la connaissance du risque, et pour cela, elle comprend l’information sur les aléas, les vulnérabilités et l’histoire des événements qui se sont produits sur un territoire. C’est sur ce dernier point que notre attention a été focalisée, d’autant plus qu’elle intéresse fortement les acteurs.

Evénements	Date	Dommages
Série de tempêtes sur l’ouest de la France	Hiver 2008-2009	Pas de bilan encore établi. De nombreux foyers endommagés et des forêts dévastées.
Explosion de la centrale AZF à Toulouse (31)	21 septembre 2001	30 morts, 2500 blessés, 2500 personnes sans logement
Inondations de la Somme (59)	Printemps 2001	Environ 1000 maisons inondées pendant 2 à 3 mois
Avalanche de Montroc, Chamonix (74)	9 février 1999	12 morts, 14 chalets détruits
Tempêtes sur l’ouest de la France (40, 33)	23-27 décembre 1999	500 000 hectares de forêt dévastés
Crue torrentielle de Vaison-la-Romaine (84)	22 septembre 1992	32 morts et 4 disparus. Pertes matérielles : 80 millions d’euros
Crue torrentielle du grand Bornand (74)	14 juillet 1987	23 morts, voitures et caravane emportées

Sources : <http://www.prim.net/> ; <http://www.anena.org/> ; <http://www.jurisques.com/> ; <http://www.vie-publique.fr/> ; <http://www.insee.fr/> ; <http://www.ecologie.gouv.fr/> ; <http://histgeo.ac-aix-marseille.fr/> ; <http://www.nord-nature.org/> ; <http://ouest.france3.fr/> ; www.catnat.net/

Tableau 3 : Catastrophes récentes remarquables sur le territoire français.

La gestion des territoires à risque

D’un point de vue plus opérationnel, cette recherche a un réel apport dans le domaine de

¹ Le terme « information préventive » est reconnu par l’Etat (www.prim.net) et les organismes de prévention du risque (ex. IRMA). L’information préventive a pour but de renseigner les citoyens et les pouvoirs publics sur le risque, dont les événements passés d’un territoire, et les comportements à adopter lors de l’approche et du passage d’un phénomène.

la gestion des territoires à risque : elle définit et valorise une information indispensable aux acteurs en étant capable de les sensibiliser et de les orienter dans leurs choix décisionnels.

- L'information sur les événements au service de l'aide à la prévision

Afin de mieux comprendre les événements passés et évaluer le risque, les scientifiques tentent de reconstituer l'histoire grâce à un travail d'archives qui permet, par la suite, de sélectionner des informations et de les intégrer dans des modèles. Ceux-ci sont capables de simuler les prochaines catastrophes, tandis que l'information sur les événements passés les rend plus précis. Ces travaux exigent une grande quantité d'informations issues d'études de cas historiques. Toutefois, actuellement, les informations sont souvent dispersées mais aussi insuffisamment organisées pour affiner et valider ces modèles. De plus, les incertitudes parfois peu connues entachent cette technique. Seule une multiplication d'un ensemble d'information simultanément accessible et fiable permettrait de réduire les écarts entre la prévision des événements et leur occurrence réelle. La connaissance des événements passés permet également d'orienter le choix sur des cas d'études particulières, comme par exemple des zones à forts enjeux.

- L'information sur les événements au service de l'aide à la prévention

Les techniciens et les scientifiques récoltent des informations sur les événements qui permettent, d'une part, d'alimenter leurs recherches, et d'autre part, d'informer les acteurs du territoire. Chargés de l'aménagement et du développement, les élus locaux et les agents de l'Etat (pour ne citer qu'eux) prennent des décisions en s'appuyant sur des rapports d'experts. Or, ces documents sont techniques et peu adaptés aux connaissances des acteurs territoriaux. Ces derniers souhaitent alors un apport d'information en matière d'histoire des événements issus de risque pour se sensibiliser et comprendre les réels dangers qui affectent leur territoire. Cette connaissance leur permettrait d'améliorer les techniques de prévention du risque en mettant en œuvre des processus de gestion afin d'amoindrir les effets des événements en diminuant les vulnérabilités (Lang *et alii*, 2003 ; Arnaud, 2006).

- L'information sur les événements au service de l'aide à l'aménagement du territoire

La valorisation de l'information a un intérêt scientifique (production, collecte, organisation, traitements, diffusion), mais aussi plus opérationnel lorsqu'elle est utilisée par les acteurs techniciens ou des décideurs tels que des élus non spécialistes du risque. Il est donc nécessaire d'aller en direction de la demande sociale en s'intéressant aux acteurs qui l'utilise.

Ainsi, cette information peut avoir un réel impact sur les processus de décision en terme d'aménagement, par exemple, pour la délivrance de permis de construire, la réalisation des Schémas de COhérence Territoriale (SCOT) et des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU).

Un objet de recherche pluridisciplinaire

Cette thèse se situe dans le champ de la géographie, mais son sujet se positionne clairement à l'interface de la géographie humaine et de la géomatique. En effet, les apports méthodologiques et techniques de l'ensemble des disciplines concourent à des propositions adaptées de notions telles que, l'« Information Dédiée aux Événements » (IDE) ; mais aussi

à faciliter le développement d'un outil à la fois générique pour valoriser les spécificités de l'information, et spécifiquement pour représenter l'IDE adapté à la demande des acteurs.

Synthèse sur l'intérêt de la recherche

La connaissance relative à l'information sur les événements constitue un enjeu important pour les acteurs territoriaux qui doivent constamment anticiper la catastrophe, en préparant et en protégeant les populations. Pourtant, ces actions ont tendance à ralentir le développement des territoires ; comme le gel de zones inconstructibles, des constructions sous conditions, ou encore des ouvrages de protection sur des terrains anciennement constructibles. La valorisation de l'information au moyen d'un outil de géovisualisation permet de reconsidérer le risque.

Dans la continuité de ses nombreux intérêts, la valorisation de l'information constitue également un sujet de recherche novateur. En effet, cette thèse innove à différents niveaux :

La définition de l'objet de recherche

La validation de notions adéquates et originales de risque, de territoire, d'événements issus de risque, de l'information dédiée à ce dernier, mais aussi de la connaissance des événements, oriente l'objet de recherche du territoire à risque vers une démarche théorique pluridisciplinaire qui a permis de le façonner.

Les traitements transversaux de l'objet de recherche

L'information, son origine et ses méthodes de valorisation, sont étudiées sous les angles des temporalités, de l'incertitude, et de l'information multimédia, encore peu analysées aujourd'hui, souvent au profit de réflexions plus théoriques sur la géovisualisation.

Une réponse concrète à la demande sociale

Un outil de géovisualisation à destination des acteurs a été créé, fondé plus précisément sur une méthode cartographique originale. En effet, le prototype SIHREN intègre simultanément les mouvements des objets, leurs méta-informations et informations multimédia relatives. Il affiche également des interfaces dynamiques (interactives et animées), des fenêtres permettant d'observer simultanément l'espace sur une carte, les évolutions sur une frise chronologique et le document dans une fenêtre réservée à l'affichage de documents multi-formats.

Limites et perspectives de la recherche

Néanmoins, l'ensemble des résultats et des intérêts de cette recherche mène à formuler quelques-unes de ses limites, mais aussi quelques perspectives. Celles-ci concernent aussi bien la notion de territoire à risque dans le champ de la géographie et de sa modélisation, que l'approche cartographique proposée et l'outil de géovisualisation, lui même.

Vers une ontologie des territoires à risque ?

La considération du risque comme ressource territoriale est une vision que nous avons construite en proposant un modèle de « territoire à risque ». Son application sur la couronne grenobloise a été réalisée sur deux cas d'école : la commune de Saint-Bathélémy de Séchilienne (38), et un regroupement de communes : le SYndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI). Néanmoins, afin de donner plus de sens à cette notion, il serait intéressant de la confronter à d'autres terrains. Ceci permettrait de généraliser l'approche en vérifiant si cette notion est réutilisable sur d'autres territoires qui possèdent d'autres caractéristiques que la couronne grenobloise, tant au niveau de la nature de l'aléa, que des jeux d'acteurs, mais aussi de la gestion du territoire à risque. De nouvelles recherches sont donc nécessaires, en s'appuyant sur d'autres territoires. La zone du Gard (30), très active en terme de recherches sur la vulnérabilité (Anquetin *et alii*, 2006 et Lutoff *et alii*, 2007), serait un cas intéressant à étudier, tout comme des zones transfrontalières telles que le Val d'Aoste (Anquetin *et alii*, 2006) par exemple. Ces deux zones pressenties sont soumises simultanément à un risque élevé, mais aussi à une forte pression urbaine mobilisant acteurs locaux et scientifiques, autant endogènes qu'exogènes à ces territoires. Le terrain des Philippines est également une ouverture du point de vue de son activité phénoménologique importante (séismes, tsunamis et volcanisme : Gaillard, 2006 et 2009), mais aussi d'une population non occidentale sur un espace physique littoral. L'ensemble de ces terrains permettrait de constituer une typologie de territoires à risque en fonction des éléments qui le compose : des sociétés distinctes, sur des espaces physiques particuliers dont les événements sont singuliers. Ceci permettrait de déduire de nouveaux éléments de gestion de territoire à risque.

Cette généralisation de la notion de territoire à risque permettrait, d'une part la réalisation d'une typologie de territoires à risques et l'émergence d'une conceptualisation qui pourrait alors être modélisée à l'aide d'une ontologie. En effet, cette manière de représenter des concepts de façon explicite (Gruber, 1993) faciliterait la compréhension du fonctionnement des territoires à risques en mettant en évidence les relations entre la population, l'espace physique et les événements (d'origine anthropique ou naturelle). De plus, l'ontologie faciliterait la déclinaison du concept dans un contexte de gestion du risque mais aussi d'alerte, de crise ou de reconstruction. Dans cet esprit, Provitolo (2002 et 2003) propose une modélisation des comportements de populations dans un contexte de catastrophe. Cette perspective mène alors à nous poser des questions sur l'adaptation de nos propositions à une autre information que celle dédiée aux événements et au risque.

Limites de la méthode cartographique et protocole de test

Un questionnement autour de la réutilisation de la méthode cartographique se pose : Si l'approche cartographique proposée peut être applicable à d'autres territoires que la couronne grenobloise, la question est de savoir si elle peut aussi s'appliquer à d'autres types d'information spatio-temporelle que l'IDE, et à d'autres problématiques que la gestion de territoires à risque ? Des éléments de réponses apparaissent dans la conclusion du Chapitre 4 qui propose une méthode de valorisation de l'information générique s'appliquant à d'autres thématiques. Cependant, afin que notre démarche soit entièrement pertinente, cette montée

en généralité, tout comme la méthode cartographique implémentée dans GenGHIS, doivent être testées auprès d'utilisateurs. En effet, un protocole de tests fait partie intégrante de la conception d'un logiciel. Il peut aussi constituer un objet de recherche en lui-même. Or, nos recherches ne l'ont pas permis pour des raisons de manque de temps. C'est pourquoi nous en proposons quelques pistes.

D'un point de vue cartographique, les extensions sémiologiques (les variables d'évolutions et les variables d'incertitude) et les formes cartographiques pourraient être présentées aux acteurs afin d'évaluer leur degré de compréhension. D'un point de vue géomatique, les fonctionnalités de l'outil sont également à tester auprès des utilisateurs en leur faisant manipuler SIHREN. Ceci nous permettrait d'évaluer les outils les plus appréciés et les plus intuitifs. Plus précisément, le test de la perception de l'outil de synchronisation, fonctionnalité encore peu étudiée, constituerait un réel apport à la discipline. Chacune de ces opérations serait chronométrée afin de se rendre compte de son efficacité et de percevoir l'amélioration entre deux versions d'outil.

Ce protocole de tests pourrait également être approfondi avec d'autres travaux réalisés dans le domaine de la géomatique et de la géovisualisation, mais aussi avec ceux de Ware (2004), qui les réalise en collaboration avec des artistes et des psychologues pour mettre au point des méthodes de visualisation de l'information qui s'appuient davantage sur la perception des personnes.

Cet approfondissement de l'association « outil-territoire-information thématique » peut sans doute révéler d'autres spécificités de l'information. Dans ce cas, il faudrait alors penser à de nouvelles extensions de règles cartographiques, de nouvelles formes cartographiques, de nouveaux types d'utilisateurs ou même d'autres territoires à risque.

Vers d'autres langages de modélisation ?

D'un point de vue de la modélisation, nous avons du nous appuyer sur plusieurs langages (UML, MADS, etc.), afin de bien représenter la réalité des territoires à risque mais aussi les méthodes et techniques pour cartographier cette information. Peut-être qu'un nouveau langage serait à formaliser et à implémenter pour mieux prendre en compte la dimension spatio-temporelle et la représentation cartographique. Ceci permettrait d'étendre nos propositions sur l'ensemble des méthodes et techniques de la géovisualisation.

La modélisation a finalement joué un rôle de point d'équilibre entre le territoire à risque, l'information dédiée aux événements, l'outil de géovisualisation et la méthode de cartographie. En effet, au-delà des définitions proposées, elle a permis aux disciplines de la géographie, de la cartographie, de la géomatique et de l'informatique, de comprendre ces quatre aspects et leurs liens d'une manière consensuelle. Elle constitue alors une base du travail pluridisciplinaire.

Table des matières

Chapitre 1 : Les événements de territoires à risque

Section 1. Territoire et risque : des relations peu conciliantes	30
1.1 Le risque, perturbateur d'un territoire support	30
1.1.1 La composition d'un territoire et ses ressources	30
1.1.2 Le risque, un élément perturbateur	37
1.1.2.1 Le risque dans les sciences « dures » et les sciences humaines	39
1.1.2.2 Une classification du risque basée sur le contexte	42
1.1.2.3 Notre définition de risque	44
1.2 L'aléa et la vulnérabilité malmènent le territoire	45
1.2.1 Aléa et territoire	45
1.2.1.1 De l'aléa au phénomène	45
1.2.1.2 « Territoire de l'aléa »	48
1.2.2 Vulnérabilité et territoire	49
1.2.2.1 Recherche d'un consensus sur la notion de vulnérabilité	49
1.2.2.2 « Territoire vulnérable »	56
2 Section 2. Territoire à risque : le risque comme ressource territoriale.	59
2.1 Construction théorique d'un territoire à risque	59
2.1.1 Associations de « territoire » et de « risque »	59
2.1.1.1 Littérature française : le risque devient un facteur de développement	60
2.1.1.2 Littérature suisse : le territoire vu autrement qu'un support	63
2.1.2 Pertinence d'une notion théorique de « territoire à risque »	64
2.1.2.1 Une vision intégrée du risque au territoire : le risque, une ressource territoriale	65
2.1.2.2 D'une recherche de contours à une interterritorialité	69
2.1.2.3 Territoire à risque : un objet géographique	71
2.2 Vérification appliquée à la couronne grenobloise	73
2.2.1 Les territoires à risque de la couronne grenobloise	74
2.2.1.1 Analyse des échelles spatiales	74
2.2.1.2 Problèmes d'imbrication des échelles	86
2.2.2 Les acteurs des territoires à risque : l'événement comme activateur de ressource	89
2.2.2.1 Catégories et jeux d'acteurs	89
2.2.2.2 Les acteurs activateurs de la ressource grâce à l'événement	93
3 Section 3. Du territoire à risque à l'événement : les temporalités à l'oeuvre	95
3.1 Temporalités d'un territoire à risque	98
3.1.1 Temporalités de l'espace physique	98
3.1.2 Temporalités des éléments exposés	100
3.2 L'événement, une conjonction de temporalités	102
3.2.1 Temporalités de l'événement et contextes de risque	104
3.2.2 Les empreintes : témoins d'événements	106
3.2.2.1 Des empreintes pour la mémoire des événements	107
3.2.2.2 Des empreintes pour qualifier l'événement	109
3.2.3 Lecture des événements dans la couronne grenobloise	110
3.2.3.1 Description des événements	110
3.2.3.2 Empreintes des événements	116

Chapitre 2. L'information dédiée aux événements issus de risque

1	<i>Section 1. Définition d'une information sur les événements</i>	127
1.1	De la donnée à l'information	127
1.1.1	La donnée	127
1.1.2	L'information	129
1.2	Information sur les événements	132
1.2.1	Information historique	132
1.2.2	De l' « information historique » à l' « information dédiée aux événements issus de risque » : considération sémantique	134
1.3	IDE accessible sur la couronne grenobloise	136
1.3.1	L'IDE sur la couronne grenobloise	136
1.3.1.1	Information dédiée aux inondations	136
1.3.1.2	Information dédiée aux éboulements	140
1.3.2	Diversité de l'information	142
1.3.3	Etat d'accessibilité de l'IDE de la couronne grenobloise	144
2	<i>Section 2. L'IDE pour enrichir des connaissances et enjeux</i>	149
2.1	La connaissance : considération sémantique	149
2.1.1	La connaissance dans les sciences sociales	149
2.1.2	La connaissance chez les informaticiens	151
2.1.3	La connaissance des acteurs de territoires à risque	154
2.2	Enjeux de l'IDE pour enrichir les connaissances experte et fonctionnelle	157
2.2.1	Connaissance scientifique	158
2.2.2	Connaissance technique	160
2.2.3	Connaissance fonctionnelle	165
3	<i>Section 3. Problèmes posés pour valoriser l'IDE</i>	173
3.1	Démarche de recherche	173
3.1.1	Les technologies Web	173
3.1.2	Représentation cartographique	176
3.1.3	Cartographies de l'IDE en ligne	177
3.2	Problèmes liés à l'information	179
3.2.1	Une information multidimensionnelle	179
3.2.1.1	La dimension spatiale	179
3.2.1.2	La dimension temporelle	184
3.2.1.3	La dimension thématique	192
3.2.2	La méta-information : exemple de la qualité de l'information	197
3.2.3	L'incertitude de l'information	202
3.2.3.1	Les facteurs d'incertitude	203
3.2.3.2	Cas du facteur d'imprécision	208
3.2.3.3	Cas du facteur d'incomplétude	211
3.2.3.4	Cas des facteurs subjectifs	212
3.2.4	Une information hétérogène	213
3.2.4.1	Multi-échelles cartographiques	214
3.2.4.2	Une information dispersée	215
3.3	Problèmes liés aux supports de l'IDE	216
3.3.1	Fiabilité des sources	217
3.3.2	Multi-représentation de l'information	219
3.3.3	Obstacles liés aux documents	220
3.3.3.1	Lisibilité des documents	221
3.3.3.2	Multi-formats numériques	222
3.3.4	Problèmes liés à la généalogie de l'information	224
3.4	Capacité des technologies Web et de la cartographie à valoriser l'IDE	226
3.4.1	Apports et limites des technologies Web	227
3.4.1.1	Etat des capacités des technologies Web	227
3.4.1.2	Adaptation des sites Web aux utilisateurs	228
3.4.1.3	Interactivité, efficacité et affichages	229
3.4.2	Apports et limites de la cartographie en ligne	230
3.4.2.1	Etude des capacités des technologies Web à valoriser l'IDE cartographiée	231
3.4.2.2	Limites des cartes et des outils cartographiques en ligne	233

Chapitre 3 : Des fondements cartographiques à la géovisualisation

1	Section 1. Règles cartographiques	243
1.1	Sélectionner pour généraliser	245
1.1.1	Sélection et hiérarchisation de l'information	245
1.1.2	Généralisation	247
1.2	Règles de perception visuelle	250
1.2.1	Règles cartographiques	251
1.2.1.1	Sémiologie graphique	251
1.2.1.2	Sémiologie des cartes de risque en ligne	255
1.2.1.3	Une sémiologie graphique malmenée	259
1.2.2	Règles cartographiques pour représenter les évolutions	260
1.2.2.1	Les variables de mouvement	261
1.2.2.2	Les cartes de risque en ligne et le temps	263
1.2.3	Règles cartographiques pour représenter l'incertitude	264
1.2.4	Règles cartographiques pour représenter plusieurs thématiques	269
1.3	Les contrastes de la couleur	271
1.3.1	Les contrastes en cartographie	271
1.3.2	Les contrastes dans les cartes de risque en ligne	273
1.4	L'approche cognitive	274
1.4.1	Cognition et couleur	275
1.4.2	Cognition et symboles	277
2	Section 2. Formes cartographiques	283
2.1	Origines de la cartographie en ligne	284
2.1.1	La notion de « Web cartography »	284
2.1.2	Classification des formes cartographiques en ligne	286
2.1.3	Cartographie interactive comme base des formes cartographiques	288
2.1.3.1	La carte cliquable	288
2.1.3.2	Applications de la carte cliquable	291
2.2	De la carte animée à la carte dynamique	292
2.2.1	Cartographie animée	293
2.2.1.1	Définition et apports	293
2.2.1.2	Analyses envisageables	294
2.2.1.3	Techniques cartographiques	295
2.2.2	Cartographie dynamique	298
2.2.2.1	Apparition de la carte dynamique	299
2.2.2.2	Des moyens pour contrôler la carte	299
2.2.3	Les temporalités dans les cartes dynamiques	301
2.2.3.1	Critères temporels	302
2.2.3.2	Temporalités métaphoriques	307
2.2.3.3	Relations temporelles	308
2.3	Carte multimédia	309
2.3.1	Histoire et définitions	309
2.3.1.1	Du multimédia...	309
2.3.1.2	... à la « cartographie multimédia »	311
2.3.2	Des applications	312
2.3.2.1	Le multimédia pour afficher l'incertitude	312
2.3.2.2	Cartes sensibles et temporalités	314
3	Section 3. De la carte à la géovisualisation	316
3.1	Analyse exploratoire de cartes	316
3.1.1	Une définition d' « analyse exploratoire »	316
3.1.2	Méthodes d'interactivité	317
3.1.2.1	Comparaison dynamique de cartes	318
3.1.2.2	Barres dynamiques	318
3.1.2.3	Classification interactive	319
3.1.2.4	Isolation dynamique des valeurs qualitatives	320
3.2	Emergence de la géovisualisation	321
3.2.1	De la visualisation...	321
3.2.2	... à la géovisualisation	322
3.3	Outils de géovisualisation en ligne	325

3.3.1	Les outils en ligne	325
3.3.1.1	Fonctionnalités de recherche	326
3.3.1.2	Fonctionnalités de personnalisation des cartes	326
3.3.1.3	Fonctionnalités d'exploration de l'information	327
3.3.1.4	Fonctionnalités de navigation	327
3.3.2	Vers de nouvelles méthodes d'interactivité	328
3.3.2.1	Principe d'orthogonalité	329
3.3.2.2	Cube spatio-temporel	331

Chapitre 4 : De la cartographie de l'IDE à la conception d'un SI

1	Section 1. Eléments méthodologiques	341
1.1	De GenGHIS à nos propositions pour un SIHREN	341
1.1.1	Présentation de GenGHIS	341
1.1.2	Nos propositions	343
1.2	Diversité des approches méthodologiques	344
1.2.1	Eléments de modélisation	345
1.2.1.1	Langage de modélisation UML	345
1.2.1.2	Langage de modélisation AROM	348
1.2.2	Eléments de modélisation spatio-temporelle	349
1.2.2.1	Modélisation des aspects spatiaux	350
1.2.2.2	Modélisation des aspects temporels	350
1.2.3	Démarche retenue	351
1.2.3.1	Utilisation des langages de modélisation courants	351
1.2.3.2	Une approche par les pictogrammes	353
1.3	Cheminement vers un SIHREN	355
1.3.1	La demande des acteurs en terme d'outil	356
1.3.2	Situation environnementale de l'outil : la géovisualisation	357
2	Section 2. Vers l'outil de géovisualisation SIHREN	361
2.1	Structurer une BC pour GenGHIS : du SIRN au SIHREN	361
2.1.1	Modélisation de l'information dédiée au risque pour SIRN	362
2.1.1.1	De l'information dédiée au risque...	363
2.1.1.2	...à l'information sur les éléments exposés	364
2.1.2	Modélisation de l'IDE pour SIHREN	366
2.1.2.1	De l'information dédiée aux événements...	367
2.1.2.2	...à l'information sur les territoires à risque	368
2.2	Interface de visualisation générique aux SI de GenGHIS	369
2.3	Fonctionnalités d'un SIHREN	371
2.3.1	Fonctionnalités de personnalisation	373
2.3.1.1	Légende interactive du SIHREN	373
2.3.1.2	Choix du type de graphique	374
2.3.2	Fonctionnalités de recherche	375
2.3.2.1	Choix du type/format/média des documents	375
2.3.2.2	Consultation d'une méta-information : l'incertitude	376
2.3.2.3	Outil de repérage	378
2.3.2.4	Carte multimédia	378
2.3.2.5	Outils temporalités : relations temporelles	378
2.3.2.6	Boutons d'accès directs aux thématiques	379
2.3.3	Fonctionnalités d'exploration	380
2.3.3.1	Duplication de la fenêtre informationnelle	380
2.3.3.2	Sonorisation de la carte	381
2.3.3.3	Cartes modulables	381
2.3.3.4	Outils temporalités : les crières temporels	382
2.3.3.5	Graphiques interactifs	383
3	Section 3. Une méthode cartographique pour GenGHIS	387
3.1	Proposition d'une charte cartographique	388
3.1.1	Choix d'une sémiologie graphique	389
3.1.2	Choix de règles de généralisation	391
3.1.3	Choix de règles de cognition	392
3.1.4	Choix de règles de contrastes	393
3.2	Extensions des règles aux spécificités de l'information	394
3.2.1	Extension des règles à la superposition d'information	395
3.2.1.1	Règle cartographique pour la superposition d'objets	396

3.2.1.2	Carte 3D pour la superposition d'objets	396
3.2.2	Extension des règles aux évolutions	397
3.2.2.1	Cartographie statique des évolutions	398
3.2.2.2	Règles cartographiques pour les cartes dynamiques	401
3.2.2.3	Lecture des évolutions sur une carte 3D	403
3.2.3	Prise en compte de la dimension thématique	404
3.2.3.1	Représentation cartographique de nombreux attributs	404
3.2.3.2	Extension des règles à la cartographie de l'incertitude	405
3.2.3.3	Extentions pour les cartes multimédias	409
3.3	Les formes cartographiques	411
3.3.1	Modélisation des formes cartographiques	411
3.3.2	Indication des formes cartographiques dans les classes d'objets	412
4	Section 4. Application à la couronne grenobloise	415
4.1	Considérer les besoins des acteurs (suite de la méthode cartographique)	416
4.1.1	Modélisation : des besoins aux connaissances	416
4.1.2	Adaptation d'un SIHREN aux connaissances des acteurs	418
4.1.3	Sélection des objets en fonction d'un SIHREN expert/non-expert	419
4.2	Application de la méthode cartographique	420
4.2.1	Application aux objets de la BC	420
4.2.1.1	Cartographie des objets d'un SIRN	421
4.2.1.2	Cartographie d'événement et de territoire à risque	423
4.2.2	Application aux spécificités	424
4.2.2.1	Cartographie des évolutions	425
4.2.2.2	Exemple de cartographie de l'incertitude	426
4.3	Implémentation des propositions dans GenGHIS	427
4.3.1	Implémentation de la structure de la BC et du module de données	428
4.3.2	Implémentation de la méthode cartographique	429
4.3.2.1	Implémentation de la méthode cartographique dans le module de présentation	430
4.3.2.2	Scénarii d'utilisation « expert »	433
4.3.2.3	Scénariiii d'utilisation « non expert »	436
4.3.3	Evaluation du SIHREN	438
4.3.3.1	Fonctionnalités réalisables via un SIHREN	438
4.3.3.2	Limites et perspectives de l'outil de géovisualisation	443

Table des figures

Chapitre 1 : Les événements de territoires à risque

Cartes

Carte 1 : Isère en amont de Grenoble et torrents affluents	82
Carte 2 : Périmètre du SCOT de la région Grenobloise	83

Figures

Figure 1 : Organisation du chapitre 1	29
Figure 2 : Composition d'un territoire	35
Figure 3 : Processus de territorialisation	36
Figure 4 : Composition de la notion de « risque »	45
Figure 5 : Territoire de l'aléa	48
Figure 6 : Territoire vulnérable	57
Figure 7 : Une représentation du « territoire à risque »	65
Figure 8 : Quelles limites pour un territoire à risque ?	70
Figure 10 : Système du territoire à risque	95
Figure 11 : Inscription des phénomènes dans le temps	99
Figure 12 : Cinétique des phénomènes	99
Figure 13 : Temporalités du territoire à risque	103
Figure 14 : Temporalités des contextes de risque	104
Figure 15 : Les temporalités de l'événement dictent les temporalités des contextes de risque	105
Figure 16 : Crises fluviales du petit âge glaciaire (Cœur, 2003)	111
Figure 17 : Hauteurs d'eau dans le centre ville de Grenoble (Cœur, 2003)	113
Figure 18 : Nombre d'immeubles sinistrés en 1733 à Grenoble (Cœur, 2003)	114
Figure 19 : Iconographie de l'éboulement du Mont Granier	121

Photographies

Photographie 1 : La société subit les événements	35
Photographie 2 : Canalisation d'avalanches, Besse en Oisan (38)	76
Photographie 3 : Eboulement des Ruines de Séchilienne (38)	79
Photographie 4 : Empreintes dans l'espace physique	100
Photographie 5 : Eboulement du Mont Granier, 1248	115
Photographie 6 : Empreinte de l'ancien méandre du Bois français	117
Photographie 7 : Traces probables d'un ancien méandre	117
Photographie 8 : Repère de crue dans Grenoble	118
Photographie 9 : Echelle hygrométrique et repères de plus hautes crues	118
Photographie 10 : Empreintes d'éboulements dans l'espace physique	120

Tableaux

Tableau 1 : Effets destructeurs des aléas d'origine endogène	46
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des approches de la notion de « vulnérabilité »	54
Tableau 3 : Caractéristiques d'un territoire à risque appliquées à la couronne grenobloise	85
Tableau 4 : Actions des échelles territoriales selon les contextes de risque	86
Tableau 5 : Les acteurs de la prévision et de la prévention du risque	93
Tableau 6 : Catégories d'acteurs étudiées	94
Tableau 7 : Dommages issus de phénomènes à cinétique rapide	101
Tableau 8 : Les plus grandes crues de l'Isère à Grenoble	111
Tableau 9 : Coût des dommages causés aux routes et aux cours d'eau par les inondations du Drac en 1856 (Cœur, 2003).	112
Tableau 10 : Temporalités des empreintes de la couronne grenobloise	119

Chapitre 2 : L'information dédiée aux événements issus de risqueCartes

Carte 1 : Information de premier degré sur une inondation de la couronne grenobloise _____	138
Carte 2 : Localisation des données sur les éboulements de la couronne grenobloise _____	141
Carte 3 : Représentation ponctuelle et surfacique d'un seul événement (Garry et alii, 2004) _____	181
Carte 4 : Représentation ponctuelle d'événements sismiques (Sismalp, 2009) _____	182
Carte 5 : Représentation ponctuelle d'événements issus de plusieurs aléas autour de Grenoble (Infoterre, 2008) _____	182
Carte 6 : Représentation de phénomènes issus de plusieurs aléas entre 1725 et 1995 (Ramirez et alii, 2003) _____	183
Carte 7 : Représentation de phénomènes issus de plusieurs aléas entre 1875 et 1897 (Antoine et alii, 1994) _____	185
Carte 8 : Représentation de multiples coulées volcaniques de 1972 à 2000 _____	186
Carte 9 : Représentation spatio-temporelle de la sismicité dans les Alpes _____	187
Carte 10 : Représentation d'une crue torrentielle récurrente entre 1875 et 1986 grâce à une collection de cartes (Antoine et alii, 1994) _____	188
Carte 11 : Extraits de cartes animées représentant la chronologie de spatialisations d'inondations dans le monde et en Europe de 1985 à 2007 _____	189
Carte 12 : Représentation d'attributs thématiques en anamorphoses _____	194
Carte 13 : Carte interactive _____	195
Carte 14 : Atlas cartographique sur les inondations du Gard _____	196
Carte 15 : Méta-informations sur les avalanches et fonds de cartes variés dans la zone de Chamrousse, massif de Belledonne (38) _____	202
Carte 16 : Imprécision sémantique lors de la représentation d'un périmètre de crue dans un PPR de la couronne grenobloise _____	210
Carte 17 : Problème de lisibilité de la carte _____	222
Carte 18 : Légende interactive composée uniquement de dates _____	232
Carte 19 : Surcharge de la carte entravant sa lisibilité _____	235

Figures

Figure 1 : Organisation du chapitre 2 _____	125
Figure 2 : L'information selon Davis (1984), est un ensemble de données transformées _____	130
Figure 3 : Points de vue diversifiés sur la donnée et de l'information _____	131
Figure 4 : Données sur une inondation de l'Isère : extrait d'une lettre manuscrite _____	136
Figure 5 : Information de second degré sur les inondations de l'Isère _____	138
Figure 6 : Informations de premier ordre sur l'inondation de 2001 provoquée par l'Isère _____	139
Figure 7 : Exemples de documents produits par les géologues _____	142
Figure 8 : Progression de la donnée à la connaissance selon Sena (in Hajji, 2005) _____	152
Figure 9 : Boucles de rétroactions représentant l'enrichissement de la connaissance _____	154
Figure 10 : Actions sur un territoire issues du savoir des acteurs _____	156
Figure 11 : Types de connaissances impliquées dans la problématique du risque _____	156
Figure 12 : Processus de valorisation de l'IDE _____	170
Figure 14 : Une représentation d'Internet et du Web _____	174
Figure 15 : Description des métadonnées (Cauvin et alii, 2007a) _____	198
Figure 16 : Les méta-informations et arborescence de la qualité de l'information _____	199
Figure 17 : Critères de qualité des données de Cauvin et alii (2007a) et correspondances avec notre arborescence _____	200
Figure 18 : L'objet géographique flou selon Roland-May (2000) _____	204
Figure 19 : La dimension floue dans les sciences sociales _____	205
Figure 20 : Typologie de l'incertitude de Thomson _____	206
Figure 21 : Classification de l'incertitude selon Skeels et alii (2007) _____	206
Figure 22 : Des marges d'erreur qui influencent l'objectivité de l'information _____	212
Figure 23 : Interrelations entre les facteurs d'incertitude de l'IDE _____	213
Figure 24 : Les supports de l'information _____	217
Figure 25 : Méthodes et techniques à explorer pour valoriser les spécificités de l'IDE _____	238

Table des figures

Photographies

<i>Photographie 1 : Données sur les inondations de l'Isère : iconographie et photographie</i>	137
<i>Photographie 2 : Affichage de l'information thématique sous plusieurs formats de documents</i>	194
<i>Photographie 3 : Affichage de formats de documents variés sur Géoportail</i>	223
<i>Photographie 4 : Interactivité de l'outil Géoportail</i>	231

Tableaux

<i>Tableau 1 : Exemple d'information dédiée à l'inondation de Grenoble en 1859</i>	139
<i>Tableau 2 : Extrait du tableau d'information sur les éboulements des massifs du Vercors et de la Chartreuse (38)</i>	141
<i>Tableau 3 : IDE sur de la couronne grenobloise qui alimente le système territoire à risque</i>	144
<i>Tableau 4 : Etat d'accessibilité de l'IDE sur la couronne grenobloise</i>	146
<i>Tableau 5 : Trois types de connaissances</i>	155
<i>Tableau 6 : Actions requérant de l'IDE</i>	158
<i>Tableau 7 : Synthèse des obstacles rencontrés par les acteurs lors de la production, de la recherche ou de l'utilisation d'IDE</i>	171
<i>Tableau 8 : Grille de lecture afin d'évaluer la représentation cartographique en ligne</i>	179
<i>Tableau 9 : Représentation statique des temporalités d'un ou plusieurs événements</i>	190
<i>Tableau 10 : Variables temporelles cartographiables</i>	191
<i>Tableau 11 : Les dix facteurs d'incertitude utilisés dans les sciences</i>	207
<i>Tableau 12 : Sources de l'IDE sur la couronne grenobloise</i>	218
<i>Tableau 13 : Evaluation des apports des technologies Web et de la cartographie en ligne</i>	236

Chapitre 3 : Des fondements cartographiques à la géovisualisationCartes

Carte 1 : Sémiologie cartographique du risque éboulement et du séisme dans la couronne grenobloise	257
Carte 2 : Carte du risque technologique et sémiologie graphique (Glatron, 1995)	258
Carte 3 : Extrait d'une carte de localisation de phénomènes naturels linéaires et orientés	258
Carte 4 : Représentation du mouvement de la structure tectonique au moyen de flèches	263
Carte 5 : Cartographie de l'incertitude sur une carte CLPA	267
Carte 6 : Franges d'incertitudes d'une enveloppe CLPA à l'échelle 1/2500 (Bodin, 2002)	268
Carte 7 : Représentation de cinq attributs (Le Monde, 2006)	269
Carte 8 : Extrait du PPR de Veurey-Voroize, 38	276
Carte 9 : Carte des aléas du PPR de Veurey-Voroize (38), IRMA (2008)	277
Carte 10 : Légende à cocher et lisibilité de la carte en ligne	291
Carte 11 : Représentation de la durée d'un trajet à pied dans la ville de Genève, Suisse	303

Figures

Figure 1 : Organisation du Chapitre 3	242
Figure 2 : Processus de construction d'une carte	244
Figure 3 : Transformations (Cauvin et alii, 2007a)	244
Figure 4 : Modélisation de l'organisation des données pour la récolte de retours d'expérience (COMOE, 2001)	246
Figure 5 : Méthodes de généralisation appliquées à la cartographie du risque	248
Figure 6 : Généralisation structurale du PPR de Veurey-Voroize (38), Chesneau (2006)	250
Figure 7 : Signes graphiques élémentaires et variables visuelles (Bertin, 1967)	252
Figure 8 : Chartes graphiques des cartes de risque en ligne	255
Figure 9 : Légende du DICRIM de Saint-Martin-d'Hères (38)	259
Figure 10 : Variables de mouvement par Hayward (Ormeling, 1995)	261
Figure 11 : Proposition d'un principe de représentation de l'incertitude (Bodin, 2002)	267
Figure 12 : Les différents types de contrastes (Chesneau, 2006)	271
Figure 13 : Symboles figuratifs et évocateurs (Weger, 1996)	277
Figure 14 : Panneaux de signalétique symbolisant un risque	278
Figure 15 : Légende des cartes Infoterre (2008, Chapitre 2 : carte 5)	279
Figure 16 : Classification des cartes en ligne	286
Figure 17 : Carte choroplèthe du logiciel Descartes (Andrienko et al, 1999)	290
Figure 18 : De la carte animée à la carte dynamique	292
Figure 19 : Carte animée 3D des « palpitations urbaines » (Banos et al, 2005)	298
Figure 20 : Légende interactive pour la visualisation de cartes animées (Kraak et alii, 1997)	300
Figure 21 : Les 13 relations entre deux intervalles temporels (Allen, 1983)	308
Figure 22 : Interface de visualisation de l'information multimédia The (Raskin, 2000)	313
Figure 23 : Affichage d'une comparaison dynamique (Andrienko et al, 1999)	318
Figure 24 : Barres dynamiques du logiciel Descartes (Andrienko et al, 1999)	319
Figure 25 : Vues d'une classification interactive (Andrienko et al, 1999)	320
Figure 26 : La géovisualisation	324
Figure 27 : Exemple de zoom pour agrandir ou rétrécir une vue de la carte	327
Figure 28 : Interactivité entre trois dimensions (Davoine et alii, 2001a et 2004a)	329
Figure 29 : Principe d'orthogonalité des applications SIDIRA et SPHERE (Davoine et alii, 2001 et 2004 ; Coeur et alii, 2003)	330
Figure 30 : Cube spatio-temporel : représentation de parcours d'un individu (Kraak, 2003)	332
Figure 31 : Cube spatio-temporel pour visualiser les séismes (Gatalsky et alii, 2004)	333

Photographies

Photographie 1 : Peintures préhistorique de chevaux en mouvement, Grotte du Chauvet (07) et représentation de la trace de Bertin (1967)	260
---	-----

Tableaux

<i>Tableau 1 : Cas de généralisations (Cauvin et alii, 2007)</i>	249
<i>Tableau 2 : Choix sémiologiques (Bertin, 1967 ; Cauvin et alii, 2007b)</i>	253
<i>Tableau 3 : Histoire des variables de mouvement</i>	262
<i>Tableau 4 : Variables de représentation de l'incertitude selon Buttenfield (in Thomson et alii, 2005)</i>	265
<i>Tableau 5 : Extensions de la sémiologie graphique</i>	270
<i>Tableau 6 : Adaptations des contrastes aux représentations cartographiques</i>	273
<i>Tableau 7 : Fondements cartographiques retenus</i>	281
<i>Tableau 8 : Analyses possibles grâce à l'animation cartographique</i>	295
<i>Tableau 9 : Appréciation de la variable en mouvement par un lecteur (Ormeling, 1995)</i>	296
<i>Tableau 10 : L'impact de l'animation selon les variables dynamiques ou statiques (Kobben et al, 1995)</i>	305
<i>Tableau 11 : Variables adaptées à la représentation des perceptions visuelles</i>	306
<i>Tableau 12 : Les différents matériaux et nos sens</i>	310
<i>Tableau 13 : Résultats d'analyse des formes cartographiques en ligne</i>	315
<i>Tableau 14 : Information représentée dans les fenêtres des prototypes SPHERE et SIDIRA</i>	330
<i>Tableau 15 : Apports de la géovisualisation</i>	334
<i>Tableau 16 : Tableau récapitulatif des potentiels de valorisation de l'IDE</i>	335

Chapitre 4 : Vers une nouvelle méthode de cartographieCartes

Carte 1 : variable d'incertitude s'appliquant à des attributs thématiques	408
Carte 2 : Représentation de l'imprécision spatiale	408
Carte 3 : Représentation de valeurs imprécises	409
Carte 4 : Moment d'occurrence d'éboulements à grande échelle	425
Carte 5 : Fréquence de phénomènes d'éboulements à localisation imprécise	425
Carte 6 : Ordre chronologique d'éboulements et leur volume	426
Carte 7 : Localisation imprécise d'éboulements sur la couronne grenobloise	427
Carte 8 : Plusieurs éboulements sur un fond de carte géologique	434
Carte 9 : Représentation d'éboulements à grande échelle	435
Carte 10 : Limites d'une inondation historique à grande échelle (Grenoble)	436
Carte 11 : Création d'une zone de danger de 100m autour de l'Isère (Grenoble)	446
Carte 12 : Bâtiments actuels contenus dans l'aire d'inondation de l'Isère de 1859 (Grenoble)	447
Carte 13 : Calcul de distance entre un éboulement et une première habitation	448

Figures

Figure 1 : Organisation du chapitre 4	340
Figure 2 : Interactivité des fenêtres des SI générés par GenGHIS	342
Figure 3 : Architecture générale de GenGHIS (Davoine, 2002)	343
Figure 4 : Propositions	344
Figure 5 : Les diagrammes UML (Proulx et alii, 2002)	345
Figure 6 : Diagramme d'objets UML	346
Figure 7 : Diagramme de classe UML	346
Figure 8 : Diagramme de cas d'utilisation UML	347
Figure 9 : Modélisation sous AROM (Moisuc, 2007)	349
Figure 10 : Hiérarchie des types abstraits de données temporels (Vangenot et alii, 2002)	351
Figure 11 : Le diagramme d'objets utilisant UML, AROM et MADS	352
Figure 12 : Le diagramme de classes utilisant UML, AROM et MADS	353
Figure 13 : Pictogrammes des formes cartographiques d'un outil de géovisualisation	355
Figure 14 : Demande en terme de consultation de l'information	356
Figure 15 : Géovisualisation dans son contexte technologique	358
Figure 16 : De l'information aux SI générés par GenGHIS	362
Figure 17 : Information dédiée au risque	362
Figure 18 : Modélisation détaillée de l'information dédiée au risque	363
Figure 19 : Modélisation détaillée de l'information sur les éléments exposés	365
Figure 20 : L'IDE (extension du modèle d'information dédiée au risque)	366
Figure 21 : Modélisation détaillée de l'IDE	367
Figure 22 : Modélisation détaillée de l'information de territoires à risque »	368
Figure 23 : Demande en terme d'utilisation d'un outil de géovisualisation	369
Figure 24 : Interface d'affichage des outils de géovisualisation générés par GenGHIS	370
Figure 25 : De l'interface des SI aux fonctionnalités de SIHREN	372
Figure 26 : Légende interactive du SIHREN	374
Figure 27 : Barre de dates	375
Figure 28 : Consultation de l'information relative à l'incertitude	377
Figure 29 : Choix d'un fond de carte au moyen de boutons d'accès rapide	379
Figure 30 : Interactivité de la fenêtre informationnelle du SIRN	380
Figure 31 : Cartes modulables pour la lecture de nombreux attributs dans un SIRN	382
Figure 32 : Frise chronologique	384
Figure 33 : Repérer les pics événementiels	384
Figure 34 : Repérer les relations temporelles grâce à l'affichage de plusieurs chronologies	385
Figure 35 : Format de date imprécis sur une chronologie	385
Figure 36 : Lacunes informationnelles sur une chronologie	385
Figure 37 : Graphiques à deux entrées et variables visuelles sous SIRN	386
Figure 38 : Méthode cartographique des SI générés par GenGHIS	387
Figure 39 : Règles cartographiques de la charte	388
Figure 40 : Sémiologie graphique des objets à cartographier	389
Figure 41 : Nature des attributs des objets	390
Figure 42 : Sémiologie graphique en fonction des spécificités de l'information	391
Figure 43 : Règles de généralisation des SI	392

Table des figures

Figure 44 : Règles de cognition des SI	393
Figure 45 : Règles de contraste de SI	394
Figure 46 : Charte cartographique	394
Figure 47 : Spécificités de l'information : nécessité d'extension sémiologique	395
Figure 48 : Superposition d'objets à deux attributs sur une carte 3D	396
Figure 49 : Superposition d'objets et plusieurs attributs sur une carte 3D	397
Figure 50 : Evolutions d'un objet sur une carte	399
Figure 51 : De l'évolution des objets aux variables animées	402
Figure 52 : Modélisation de la Méta-information	405
Figure 53 : Extensions des règles cartographiques appliquées à la dimension thématique	410
Figure 54 : Modélisation de la composition d'un outil de géovisualisation	412
Figure 55 : Exemple de modélisation de la représentation cartographique d'objets	413
Figure 56 : Application de la méthode de cartographie	415
Figure 57 : Utilisations de l'IDE selon les besoins des acteurs	417
Figure 58 : Des SIHREN qui répondent aux besoins des acteurs	418
Figure 59 : Prolongement de la méthode cartographique pour répondre aux besoins des acteurs	419
Figure 60 : Extraits de la base de connaissances	428
Figure 61 : Acquisition de l'information dans le module de données	429
Figure 62 : Acquisition de présentations graphiques dans le module de présentation	430
Figure 63 : Implémentation de la charte cartographique aux objets liés au risque et aux événements	431
Figure 64 : Implémentation des extensions de règles aux spécificités de l'information	431
Figure 65 : Spécification de la fenêtre informationnelle	432
Figure 66 : Du module de présentation à l'interface de visualisation	432
Figure 67 : Affichage à moyenne échelle d'un SIHREN Expert	433
Figure 68 : Affichage à grande échelle d'un SIHREN Expert	435
Figure 69 : Affichage à moyenne échelle d'un SIHREN non-Expert	437
Figure 70 : Fenêtre cartographique à grande échelle d'un SIHREN non-Expert	438
Figure 71 : Visualisation des évolutions dans un SIHREN	440
Figure 72 : Une méthode de valorisation de l'information générique	450

Tableaux

Tableau 1 : Cardinalités et types de relations en UML choisies	347
Tableau 2 : Exemples d'utilisation de la cardinalité de pictogrammes spatiaux (Proulx et alii, 2002)	350
Tableau 3 : Apport de la modélisation à nos objectifs	351
Tableau 4 : Pictogrammes d'objets qui évoluent	354
Tableau 5 : Formes cartographiques	355
Tableau 6 : Fonctionnalités de SIHREN	372
Tableau 7 : Affichage quantitatif de l'information relative à l'incertitude dans un tableau	377
Tableau 8 : Boutons d'accès rapide à l'IDE	380
Tableau 9 : Fonctions des outils temporalités	383
Tableau 10 : Règles sémiologiques statiques appliquées au temps et au mouvement	400
Tableau 11 : Proposition de variables d'évolutions	402
Tableau 12 : Représentation de l'incertitude et variables de l'incertitude	407
Tableau 13 : Variables de localisation de l'information multimédia	410
Tableau 14 : Propositions à implémenter dans GenGHIS	415
Tableau 15 : Sélection des objets en fonction de l'échelle cartographique	420
Tableau 16 : Représentation des entités génériques du risque dans le SIRN	421
Tableau 17 : Représentation ponctuelle du bâti stratégique	423
Tableau 18 : Représentation des entités particulières liées à l'IDE	423
Tableau 19 : Application sémiologique pour les SIHREN	424
Tableau 20 : Exemples de fonctionnalités proposées par les SIHREN	439
Tableau 21 : Evolutions réelles et théoriques	440
Tableau 22 : Les critères d'évolutions des objets du SIHREN visualisables	443
Tableau 23 : Limites de GenGHIS	444
Tableau 24 : Localisation des éléments exposés liés aux contextes de risque	445
Tableau 25 : Perspectives : exemple de fonctions de transformation de l'information	446
Tableau 26 : Perspectives : exemple de fonctions de calculs	447

Table des sigles

AG : Archives du Génie à Vincennes
AMG : Archives Municipales de Grenoble
AN : Archives Nationales
AZF : AZote Fertilisants
AZI : Atlas de Zones Inondables
BC : Base de Connaissances
BD : Base de Données
BMG : Bibliothèque Municipale de Grenoble
BNF: Bibliothèque Nationale de France
CARMEN : application CARtographique du Ministère de l'ENvironnement
CEMAGREF : Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
CLPA : Carte de Localisation Probables des Avalanches
CNMH : Caisse Nationale des Monuments Historiques
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
DDE : Direction Départementale de l'Équipement
DDE : Direction Départementale de l'Équipement
DDRM : Document Départemental sur les Risques Majeurs
DICRIM : Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs
DIREN : Direction Régionale de l'Environnement
EAG : Ecole d'Architecture de Grenoble
EDF : Electricité De France
EGS : Etat Général des Sources
EPA : Enquête sur le Probabilité des Avalanches
GenGHIS : Générateur de Systèmes d'Information intégrant la dimension temporelle
IAL : Information des Acquéreurs Locataires
IDE : Information Dédiee aux Evénements issus de risques naturels
IGA : Institut de Géographie Alpine
IGN : Institut Géographique National
INSPIRE : Infrastructure for Spatial Information in the European Community
INTERREG : programme d'initiative communautaire de coopération transfrontalière
IRMA : Institut des Risques MAgeurs
ISO : Organisation Internationale de normalisation
IUFM : Institut Universitaire de Formation des Maîtres
LIRIGM : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique
LTHE : Laboratoire des études de Transfert en Hydrologie et Environnement
MADS : Modélisation d'Applications à Données Spatio-temporelles
MD: Musée Dauphinois
MEDD : Ministère de l'écologie et du Développement Durable
METRO : communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole

MRN : Mission Risques Naturels
OGC : Open Geospatial Consortium
ONF : Office National des Forêts
PCS : Plan Communal de Secours
PIDAF : Plans Intercommunaux de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier
PLU : Plan Local D'Urbanisme
PPR : Plans de Prévention des Risques
PSS : Plan de Secours Spécialisé
RTM : Service de Restauration des Terrains de Montagne
SAGE : Schémas d'Aménagement de la Gestion des Eaux
SANDRE : Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau
SCOT : Schéma de Cohérence Territoriales
SDAFI : Schémas Départementaux d'Aménagement des Forêts contre l'Incendie
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAP: Société Dauphinoise des Amateurs Photographes
SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours
SI : Système d'information
SIST : Système d'information Spatio-temporelle
SIE : Système d'Information sur l'Eau
SIHREN : Système d'Information dédiée à l'Histoire des Evénements issus de risques Naturels
SIHReN : projet « Système d'Information Historique dédié aux Risques Naturels »
SIRN : Système d'Information dédiée aux Risques Naturels
SMSDRG : Syndicat mixte pour l'élaboration et le suivi du schéma directeur de la région grenobloise
SSH : Sciences Sociales et humaines
SYMBHI : SYndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère
UQAM : Université du Québec à Montréal
UML : Langage Universel de Modélisation

ANNEXES

Annexe 1 : **ECHELLES DE MERCALLI / RICHTER / EMS**

Annexe 2 : **ECHELLE EUROPEENNE DES RISQUES D'AVALANCHES**

Annexe 3 : **CRUE DE L'ISERE DU 24 MAI AU 3 JUIN 2008**

Annexe 4 : **LEGENDE DE LA CARTE DE LOCALISATION PROBABLE DES
AVALANCHES**

Annexe 5 : **ENQUETE DE SITES WEB**

Annexe 6 : **ARTICLE DU DAUPHINE LIBERE, SAMEDI 11 OCTOBRE 2008**

Annexe 7 : **MATERIAUX MOBILISES DANS LA RECHERCHE DE TERRITOIRES À
RISQUE, DES BESOINS DES ACTEURS EN TERME D'INFORMATION SUR LES
EVENEMENTS, ET DE LEUR DEMANDE EN TERME D'OUTIL DE CONSULTATION DE
L'INFORMATION**

Annexe 8 : **CLASSIFICATIONS DES BATIMENTS**

ANNEXE 1

ECHELLES DE MERCALLI / RICHTER / EMS

Sources :

Université de Laval : <http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s1/seismes.html>

Université de Strasbourg, Bureau Central Sismologique Français : <http://eost.u-strasbg.fr/bcsf/Accueil.html>

Académie de Nantes : http://www.ac-nantes.fr:8080/peda/disc/svt/seisme85_2/emscomp.htm

L'échelle de Mercalli a été développée en 1902. L'échelles de Mercalli indique l'intensité d'un séisme sur une échelle de I à XII. Cette intensité est déterminée l'ampleur des dégâts causés par un séisme et la perception qu'a eu la population du séisme. Il s'agit d'une évaluation qui fait appel à beaucoup de subjectivité. De plus, la perception de la population et l'ampleur des dégâts vont varier en fonction de la distance à l'épicentre. L'échelle MSK créée en 1964, du nom des trois sismologues européens Medvedev, Sponheuer et Karnik comporte également douze degrés Le nombre de victimes n'est jamais pris en compte dans ces évaluations car il dépend non seulement de l'intensité, mais du type local de construction, de la densité de population et de l'heure du séisme.

ÉCHELLE D'INTENSITÉ DE MERCALLI	MAGNITUDE À L'ÉCHELLE RICHTER
I Séisme perçu uniquement par quelques personnes dans des circonstances particulières; détecté seulement par des instruments très sensibles.	2
II Perçu par quelques personnes au repos et se trouvant aux étages supérieurs; balancement d'objets suspendus.	3
III Perçu principalement par des personnes à l'intérieur des édifices. Les automobiles stationnées peuvent bouger.	
IV Perçu par la plupart des gens à l'intérieur des édifices et par certains à l'extérieur; suffisant pour réveiller certaines personnes. Bruits de vaisselle, fenêtres et portes.	4
V Perçu par presque tout le monde; plusieurs personnes sont réveillées. Bris de vaisselle et de fenêtres; les objets instables sont renversés.	5
VI Perçu par tout le monde; plusieurs personnes sont effrayées et courent à l'extérieur; quelques meubles sont déplacés; quelques morceaux de plâtre tombent et quelques dommages aux cheminées. Dommages légers.	
VII La plupart des gens paniquent et courent à l'extérieur; dommages minimes aux constructions conçues pour les zones sismiques, de minimes à moyens chez les bonnes constructions ordinaires, importants chez les mauvaises constructions. Meubles renversés.	6
VIII Dommages légers aux constructions conçues pour les zones sismiques, importants chez les bonnes constructions ordinaires avec des effondrements possibles, catastrophiques chez les mauvaises constructions.	7
IX Dommages considérables aux constructions conçues pour les zones sismiques. Edifices déplacés sur leurs fondations. Fissuration du sol. Bris des canalisations souterraines.	
X Quelques bonnes constructions en bois et la plupart des constructions en maçonnerie sont détruites. Sol fortement fissuré. Plusieurs glissements de terrain se produisent.	8
XI Très peu de constructions en maçonnerie restent debout; rails tordus; ponts détruits. Grandes fissures dans le sol.	9
XII Destruction quasi totale. Ondulations visibles à la surface du sol. Objets projetés dans les airs.	

L'échelle de magnitude de **Richter** a été instaurée en 1935. Elle nous fournit ce qu'on appelle la magnitude d'un séisme, calculée à partir de la quantité d'énergie dégagée au foyer. Elle se mesure sur une échelle logarithmique ouverte; à ce jour, le plus fort séisme a atteint 9,5 sur l'échelle de Richter (Chili). Cette fois, il s'agit d'une valeur qu'on peut qualifier d'objective: il n'y a qu'une seule valeur pour un séisme donné. Aujourd'hui, on utilise un calcul modifié du calcul originel de Richter, en faisant intervenir la dimension du segment de faille le long duquel s'est produit le séisme.

ÉCHELLE DE MAGNITUDE la plus utilisée : celle de Richter (1935)	
Magnitude	Nombre de séismes par an dans le monde*
> 0	100 millions
1	10 millions
2	1 million
3	100.000
4	10.000
5	1.000
6	100
7	10
8	1
9	1 tous les 10 ans

Depuis peu, une nouvelle échelle a été adoptée par les pays européens : l'échelle d'intensité **EMS 98** (European Macroseismic Scale 1998). L'échelle EMS, adoptée en 1998, mesure l'intensité d'un séisme à partir des effets sur l'homme, des effets sur les objets et l'environnement, des dégâts aux bâtiments. Elle présente plusieurs degrés.

➤ *Différenciation des structures (bâtiments) en classes de vulnérabilité (Tableau de vulnérabilité)*

Type de structure	Classe de vulnérabilité						
	A	B	C	D	E	F	
MAÇONNERIE	Moellon brut, pierre tout venant	○					
	Brique crue (adobe)	○	—				
	Pierre brute	—	○				
	Pierre massive		—	○			
	Non renforcée, avec des éléments préfabriqués	—	○				
	Non renforcée, avec des planchers en béton armé		—	○			
	Renforcée ou chaînée			—	○		
BÉTON ARMÉ	Ossature sans conception parasismique (CPS)		—	○			
	Ossature avec un niveau moyen de CPS			—	○		
	Ossature avec un bon niveau de CPS				—	○	
	Murs sans CPS		—	○			
	Murs avec un niveau moyen de CPS			—	○		
	Murs avec un bon niveau de CPS				—	○	
ACIER				—	○		
BOIS				—	○		

○ Classe de vulnérabilité la plus probable; — Intervalle probable;
 Intervalle de probabilité plus faible, cas exceptionnels

Intensité EMS	Définition	Description des effets typiques observés (résumé)
I	Non ressenti	Non ressenti.
II	Rarement ressenti	Ressenti uniquement par quelques personnes au repos dans les maisons.
III	Faible	Ressenti à l'intérieur des habitations par quelques personnes. Les personnes au repos ressentent une vibration ou un léger tremblement.
IV	Largement observé	Ressenti à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes, à l'extérieur par très peu. Quelques personnes sont réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent.
V	Fort	Ressenti à l'intérieur des habitations par la plupart, à l'extérieur par quelques personnes. De nombreux dormeurs se réveillent. Quelques personnes sont effrayées. Les bâtiments tremblent dans leur ensemble. Les objets suspendus se balancent fortement. Les petits objets sont déplacés. Les portes et les fenêtres s'ouvrent ou se ferment.
VI	Dégâts légers	De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Chute d'objets. De nombreuses maisons subissent des dégâts non structuraux comme de très fines fissures et des chutes de petits morceaux de plâtre.
VII	Dégâts	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Les meubles se déplacent et beaucoup d'objets tombent des étagères. De nombreuses maisons ordinaires bien construites subissent des dégâts modérés: petites fissures dans les murs, chutes de plâtres, chutes de parties de cheminées ; des bâtiments plus anciens peuvent présenter de larges fissures dans les murs et la défaillance des cloisons de remplissage.
VIII	Dégâts importants	De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à rester debout. Beaucoup de maisons ont de larges fissures dans les murs. Quelques bâtiments ordinaires bien construits présentent des défaillances sérieuses des murs, tandis que des structures anciennes peu solides peuvent s'écrouler.
IX	Destructions	Panique générale. De nombreuses constructions peu solides s'écroulent. Même des bâtiments bien construits présentent des dégâts très importants: défaillances sérieuses des murs et effondrement structural partiel.
X	Destructions importantes	De nombreux bâtiments bien construits s'effondrent.
XI	Catastrophe	La plupart des bâtiments bien construits s'effondrent, même ceux ayant une bonne conception parasismique sont détruits.
XII	Catastrophe généralisée	Pratiquement tous les bâtiments sont détruits.

L'échelle européenne des risques d'avalanche

Degré de danger	<p>Stabilité du manteau neigeux</p> <p>Probabilité de déclenchement</p> <p>Conséquences pour les voies de communications et les habitations / recommandations</p> <p>Conséquences pour des personnes hors pistes / recommandations</p>
1 faible	<p>Le manteau neigeux est en général bien stabilisé.</p> <p>Des déclenchements ne sont en général possibles que par forte surcharge(2) sur de très rares pentes raides extrêmes. Seules des coulées peuvent se produire spontanément.</p> <p>Pas de danger.</p> <p>En général, conditions sûres.</p>
2 limitée	<p>Le manteau neigeux n'est que modérément stabilisé dans quelques pentes raides(1). Ailleurs, il est bien stabilisé.</p> <p>Des déclenchements sont possibles surtout par forte surcharge (2) et dans quelques pentes indiquées dans le bulletin.</p> <p>Des départs spontanés d'avalanches de grande ampleur ne sont pas à attendre.</p> <p>Guère de danger d'avalanches spontanées.</p> <p>Conditions favorables, pour la plupart.</p> <p>La prudence est surtout conseillée lors de passages sur des pentes raides d'exposition et d'altitude indiquées dans les bulletins.</p>
3 marqué	<p>Le manteau neigeux n'est que modérément à faiblement stabilisé dans de nombreuses pentes raides(1).</p> <p>Des déclenchements sont possibles parfois même par faible surcharge(2) et surtout dans de nombreuses pentes indiquées dans le bulletin.</p> <p>Dans certaines situations, quelques départs spontanés d'avalanches de taille moyenne, et parfois assez grosse, sont possibles.</p> <p>Des départs exposés mises en danger sporadiquement.</p> <p>Des mesures de sécurité sont à recommander dans certains cas.</p> <p>Conditions partiellement défavorables.</p> <p>L'appréciation du danger d'avalanche demande de l'expérience.</p> <p>Eviter autant que possible les pentes raides d'exposition et d'altitude indiquées dans les bulletins.</p>
4 fort	<p>Le manteau neigeux est faiblement stabilisé dans la plupart des pentes raides(1).</p> <p>Des déclenchements sont probables même par faible surcharge(2) dans de nombreuses pentes raides.</p> <p>Dans certaines situations, de nombreux départs spontanés d'avalanches de taille moyenne, et parfois grosse, sont à attendre.</p> <p>Des départs exposés mises en danger pour la plupart. Des mesures de sécurité sont à recommander.</p> <p>Conditions défavorables.</p> <p>L'appréciation du danger d'avalanche demande beaucoup d'expérience.</p> <p>Se limiter aux terrains peu raides / considérer les zones de dépôt d'avalanches.</p>
5 très fort	<p>L'instabilité du manteau neigeux est généralisée.</p> <p>Spontanément, de nombreux départs de grosses avalanches sont à attendre y compris en terrain peu raide.</p> <p>Danger aigu. Toutes les mesures de sécurité sont à recommander.</p> <p>Conditions très défavorables.</p> <p>La renonciation est recommandée.</p>

ANNEXE 2

ECHELLE EUROPEENNE DES RISQUES D'AVALANCHES

(1) Le terrain expose au danger d'avalanche est décrites de manière plus détaillée dans le bulletin d'avalanches (altitude, exposition, topographie etc.)

(2) Surcharge: - forte (par exemple skieurs groupés, engin de damage, explosif) - faible (par exemple skieur seul, piéton)

Pentes raides: Des pentes d'inclinaison supérieure à environ 30 degrés Terrain peu raide: Des pentes d'inclinaison inférieure à environ 30 degrés Pentes raides extrêmes: défavorable en ce qui concerne l'inclinaison, la configuration du terrain, la proximité de la crête, la rugosité du sol.

Spontané: sans intervention humaine

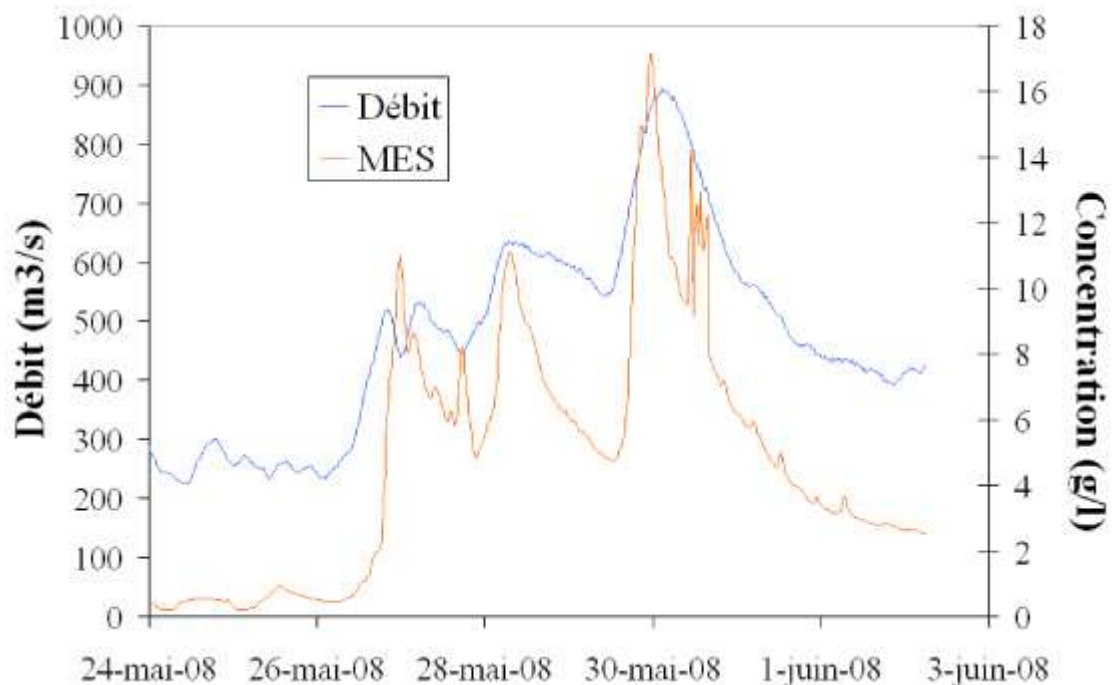
Exposition: point cardinal vers lequel est tournée une pente

Exposé: signifie dans ce cas 'particulièrement exposé au danger'

Les degrés de danger sont valable pour tous les Alpes

ANNEXE 3

CRUE DE L'ISERE DU 24 MAI AU 3 JUIN 2008



© MANO Vincent, LTHE, <http://ltheln21.hmg.inpg.fr/LTHE/spip.php?article369>
 Rq : l'Isère atteint 6,15 m au niveau du Campus. Les crues de références de 1650 et 1859 atteignent respectivement 6,5m et 5,35m.

Graphes du débit de l'Isère et des Matières En Suspension en fonction du temps

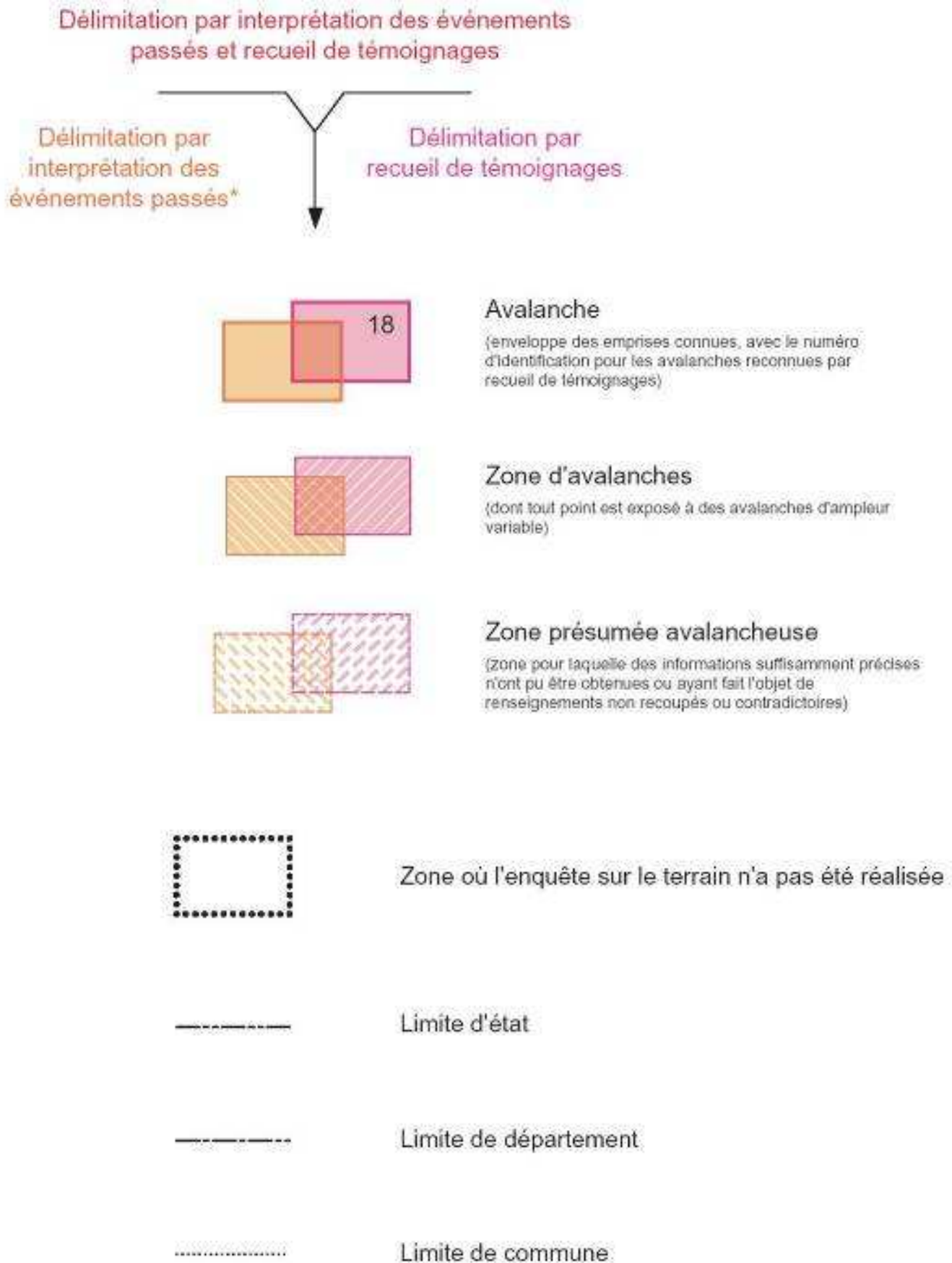


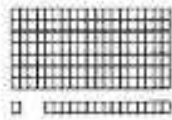
© LTHE, <http://ltheln21.hmg.inpg.fr/LTHE/spip.php?article369>

L'Isère en crue à la station Grenoble-Campus

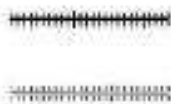
ANNEXE 4

LEGENDE DE LA CARTE DE LOCALISATION PROBABLE DES AVALANCHES





Ouvrages charpentés : claies, râteliers, filets

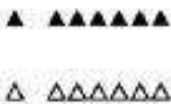


Tournes, digues et murs d'arrêt

[en béton
terrassés



Ouvrages à vent



Étraves et dispositifs freineurs

[en béton
terrassés



Banquettes larges



Banquettes étroites



Galerie sur voie de communication



Câble transporteur d'explosif ; gare



Exploseur à gaz



dans le couloir

Détecteur routier d'avalanches



dispositif d'alerte sur la route

ANNEXE 5

ENQUETE DE SITES WEB

Dernière visite le 07/10/08

Noms des sites	Adresses URL
Récits d'événements qui se réalisent dans le monde	
BD CATNAT	http://www.catnat.net/
NOAA (USA)	http://www.ncdc.noaa.gov/oa/rsad/gibbs/gibbs.html
NCDC	http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/hazards/index.php
Relief Web	http://www.reliefweb.int/rw/dbc.nsf/doc100?openForm
Wikipédia	http://fr.wikipedia.org/
Google hearth et google map	http://earth.google.fr/ et http://maps.google.fr/
World Wind	http://worldwind.arc.nasa.gov/
Charte internationale	http://www.disasterscharter.org/disasters_f.html
Données sur un type d'événement à travers le monde	
Dartmouth Flood Observatory : inondations	http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html
Unisys Weather : tempêtes	http://www.weather.unisys.com/hurricane/index.html
Cartographie et images satellites d'un type d'événements sur un territoire particulier	
Woksat (UK) : phénomènes atmosphériques, images satellites	http://www.woksat.info/wos.html
Infomet (Espagne) : phénomènes atmosphériques, cartes météo et images satellites	http://infomet.fcr.es/
Météo France : phénomènes atmosphériques, cartes météo et images satellite. Annonce des crues.	http://france.meteofrance.com/
EPA : Enquête Probable des Avalanches	http://www.avalanches.fr/
CLPA : Carte de Localisation Probable des Avalanches	http://www.avalanches.fr/
ALEA : recensement des avalanches dans les alpes	http://www.data-avalanche.org/alea_avalanches
BD Mvnt : Base de Données sur les mouvements de terrains	http://www.bdmvt.net/
Sisfrance : Base de Données sur le Séismes	http://www.sisfrance.net/
PPRIF Alpes Maritimes : incendies de forêt	http://www.alpes-maritimes.pref.gouv.fr/sections/1_etat_en_06/les_services_deconcentres/agriculture/environnement/foret/pprif9103/pprif/
Cartographie, histoire ou photographie d'inondations sur un territoire particulier	
PPRI Guyane : inondations	http://www.guyane-education.org/
PPRI de l'Orne	http://www.orne.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=45
PPRI du bassin de l'Allaine	http://www.territoire-de-belfort.equipement.gouv.fr/PPRI/Allaine/Allaine.htm

PPRI du bassin de la Savoureuse	http://www.territoire-de-belfort.equipement.gouv.fr/PPRI/Savoireuse/Savoireuse.htm
PPRI du bassin de la Bourbeuse	http://www.territoire-de-belfort.equipement.gouv.fr/PPRI/Bourbeuse/Bourbeuse.htm
PPRI de la Douce	http://www.territoire-de-belfort.equipement.gouv.fr/PPRI/Douce/Ppri%20Douce.htm
AZI Languedoc-Roussillon	http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/loadPge.php?file=liste_serveurs.file
AZI Saône	http://www.diren-bourgogne.org/web/azi_saone/index.htm
AZI Bas-Rhin	http://www.bas-rhin.pref.gouv.fr/atlas/sommaire.htm
AZI Ile-de-France par Cartorisque	http://cartorisque.prim.net/dpt/75/75_ip.html
AZI Pas-de-Calais par Cartorisque	http://cartorisque.prim.net/dpt/62/62_ip.html
AZI PACA via CARMEN	http://www.paca.ecologie.gouv.fr/docHTML/AZIPACA/AZI_PACA.htm
AZI Eure	http://rp.eure.equipement.gouv.fr/zidde27/default.htm
AZI Gard	http://www.gard.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=58
AZI Bretagne	http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr/Risques/AZI/index_azi.htm
Repère de crue Isère	http://www.grenoble.fr/
SYMBHI : aménagement de l'Isère et inondations	http://www.symbhi.fr/
EPAMA : crues historiques du bassin versant de la Meuse	http://www.epama.fr/files_fr/epama_meuse/epama_meuse_crushistoriques.php4
Keronaus : tornades et orages violents	http://www.keraunos.org/tornades-france-trombes-tubas-bdd.htm
Historic flood photographs	http://www.lib.berkeley.edu/WRCA/flood.html
Salem online history (Oregon, USA)	http://www.salemhistory.net/natural_history/floods_storms.htm
Événements de Fort-collins (USA)	http://www.fcgov.com/oem/historical-flooding.php
Portho Pehealth	http://www.porthohealthconcerns.com/photos/floods/floods.htm
Promethee incendies	http://www.promethee.com/
Flood damage data	http://www.flooddamagedata.org/national.html
Inondations du Canada	http://www.ec.gc.ca/water/en/manage/floodgen/e_event.htm
British Hydrological Event	http://www.ec.gc.ca/water/en/manage/floodgen/e_event.htm
Plusieurs types d'événements sur un territoire	
Infoterre	http://infoterre.brgm.fr/
Cartorisque	http://cartorisque.prim.net/
MRN : Mission Risques Naturels	http://www.mrn-gpsa.org/accueil.php
IRMA	http://www.irma-grenoble.com/04risques_isere/03memoire_index.php
IAL Vaucluse : Information Acquéreurs Locataires	http://www.ial-vaucluse.org/index.php?cont=page&args=accueil
IAL Auvergne	http://risques.auvergne.pref.gouv.fr/index.php?ssrub=frsq
IAL Isère	http://www.isere.pref.gouv.fr/portal_catalog
DDRM Aude : Document Départemental sur les Risques Majeurs	http://www.aude.pref.gouv.fr/ddrm/@@Aude00.htm
DDRM Gard	http://dde-gard.appli.i2/application_ddrmGard/RcsPage/accueil.htm
DDRM Gironde	http://www.gironde.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=66
DICRIM Albi : Document d'Information Communal sur	http://www.mairie-albi.fr/evenements/DICRIMALBI2007.pdf

le Risques Majeurs	
DICRIM Marseille	http://www.marseille.fr/vdm/cms/accueil/Gestion_des_risques
DICRIM Nice	http://www.nice.fr/ressources/dicrim_net.pdf
DICRIM Claix	http://www.ville-claix.fr/contenu/03.vivre_claix/09.risques_majeurs/dicrim.htm
DICRIM Crolles	http://www.ville-crolles.fr/decouvrir/risques.htm
DICRIM Echirolles	http://www.ville-echirolles.fr/images/telechargements/risques_majeurs/risques_majeurs_05.pdf
DICRIM Fontaine	http://www.fontaine38.fr/page_risquesmajeurs.php
DICRIM Pont de Claix	http://www.ville-pontdeclaix.fr/index.php?rubrique=69
DICRIM Saint-Martin-d'Hères	http://www.ville-st-martin-dheres.fr/DicrimSMH2007.pdf
DICRIM Sassenage	http://www.sassenage.fr/b/s/431/fiches/Dicrim_Sassenage.pdf
PPR Verey-Voroise	http://www.irma-grenoble.com/10veurey/04prevention/
PPR Martinique	http://www.martinique.equipement.gouv.fr/risques/
PPR Vaucluse par IAL	http://www.ial-vaucluse.org/index.php?cont=page&args=info
PPR île de Réunion	http://www.reunion.equipement.gouv.fr/
CARMEN Lorraine	http://carto.ecologie.gouv.fr/HTML_PUBLIC/Site%20de%20consultation/site.php?map=Risque_inondation.map&service_idx=21W
CARMEN Nord-pas-de-Calais	http://www.nord-pas-de-calais.ecologie.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=159
CARMEN Guyane	http://carmen.ecologie.gouv.fr/spip.php?article78 (pour toute la France)
HRM : Histoire des Risques Majeurs dans les Hautes Pyrénées	http://www.risquesmajeurs-hautes-pyrenees.pref.gouv.fr/public/page.php?id=6
Inventaire grenoblois	http://www.ac-grenoble.fr/CARMI-Pedagogie/itindex.htm
Événements mémorables en Languedoc-Roussillon	http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/meteocdrom/
INM Espagne = Météo France	http://www.aemet.es/es/nuevaweb
Histoire d'un événement ou d'une série d'événements particulier(s)	
Crues 2006 Lorraine	http://www.lorraine.ecologie.gouv.fr/spip.php?rubrique121
Bassin méditerranéen 2002-2003	http://pedagogie.ac-toulouse.fr/histgeo/meteo/pages/catastro/inonda/nov2003.htm
Inondation Sud France 1999	http://www.ecologie.gouv.fr/ecologie/article.php3?id_article=1177
Événement Cévenol 2002	http://www.meteo60.fr/dossiers/09-09-02-cevenol/
Crue de la Seine 1910	http://lefildutemps.free.fr/crue_1910/index.htm
Inondation Nouvelle-Orléans	http://www.nola.com/katrina/graphics/flashflood.swf
Inondations Olavaria	http://www.olavarria.com/archivos/laciudad/historia/inundaciones/cronologia_inundacion/index.php

ANNEXE 6

ARTICLE DU DAUPHINE LIBERE, SAMEDI 11 OCTOBRE 2008, P5

HTTP://WWW.LEDAUPHINE.COM/INDEX.JSP?ARTICLE=62349

RUINES DE SECHILLENNE Le site a enregistré cette année sa plus importante vitesse de déplacement

« Pas de risque majeur à court terme »

ISÈRE

La commission d'analyse et d'information sur le risque Séchillienne n'avait pas communiqué officiellement depuis juillet 2007. Hier matin, dans les salons de la préfecture, ils étaient une bonne centaine, parmi lesquels de très nombreux élus locaux, avides d'en apprendre plus à la fois sur l'évolution du site, sur les études conduites par le Syndicat mixte des bassins hydrauliques de l'Isère (Symbhi), de même que sur les différentes parades envisagées. « Nous nous étions réunis cet été », a expliqué le préfet Michel Morin, « mais avons retardé la rencontre de ce jour, afin de porter à votre connaissance un maximum d'informations ». Des informations à la fois inquiétantes et rassurantes.

Des fractures qui évoluent à la vitesse de plus

à la vitesse de plus d'un mètre par an

Inquiétantes, car les capteurs qui surveillent en permanence la partie frontale du site [la plus à risque] ont relevé les pires mesures de leur histoire, entre août 2007 et août 2008. Deux d'entre eux ont enregistré une évolution des fractures dépassant largement un mètre, « ce qui est une première, en partie due aux fortes précipitations de l'année », a précisé Pierre Potherat, du centre d'études techniques de l'Équipement, « mais qui n'a pas entraîné d'événement du type de celui de novembre 2006 avec un effondrement massif de roche. Des blocs importants sont toutefois tombés, dont un de 25 m³ sur l'ancienne RN 91, au pied du versant, le 21 juillet ».



Jean-Louis Durville, de l'inspection des Ponts et Chaussées, ici aux côtés des députés isérois Michel Issindou et Didier Migaud.

Les précipitations sont-elles seules en cause ? Apparemment non, selon M. Potherat : « Il y a bien entendu une corrélation, mais il faut désormais beaucoup moins d'eau qu'auparavant pour obtenir des évolutions similaires. Le phénomène s'accélère ». Le collège d'experts le

confirme et dresse le portrait d'« une zone frontale de plus en plus dégradée et de plus en plus sensible, dont l'avenir est très noir ». Prochainement, il va être procédé à des forages profonds pour comprendre ce qui se passera après son éboulement, total ou partiel.

La rupture brutale d'un barrage n'est plus envisagée

Des informations plus rassurantes sont venues tempérer ce tableau préoccupant, avec les résultats de la modélisation du barrage qui se formerait en cas d'effondrement. Cette étude, effectuée à la demande du Symbhi par la Compagnie nationale du Rhône (CNR), a été lancée en décembre 2007. Elle a reconstitué au

soixantième toute la vallée, au sein d'un grand hall industriel à Lyon. Trente-cinq tests ont mis en évidence, dans tous les cas de figure, une érosion beaucoup plus lente et progressive du barrage que celle envisagée, sans risque - a priori - de rupture brutale. Pour Robert Veyret, président du

Symbhi : « Cela nous a permis de mettre en évidence qu'il n'y avait pas de risque majeur à court terme et de relativiser l'urgence. Concernant le risque à long terme, c'est en fin d'année que nous devrions en savoir plus ». Autre élément important : la valeur centennale du débit de la Romanche a été revue très sensiblement à la baisse, passant de 880 m³/s à 550 m³/s.

Sont désormais attendus les résultats définitifs du Symbhi, prévus pour fin février 2009. Sur cette base, les choix d'aménagements hydrauliques devraient intervenir au cours de l'été 2009. « Il faudra bien que l'on finisse par s'arrêter à l'avis d'experts. Ce que je

REPÈRES

LE FINANCEMENT

■ Toutes les études conduites dont la dernière en date, de modélisation, ont été financées à 50 % par l'État, à 20 % par Feder (Fonds européen de développement régional), à 5,50 % par la Région ; le restant étant à la charge du Symbhi (conseil général de l'Isère, avec diverses intercommunalités).

LA PARADE ROUTIÈRE

■ Le conseil général s'est engagé, en octobre 2007, à prendre en charge la maîtrise d'ouvrage ainsi que les travaux visant à surelever de 30 m environ la RD 1091, directement menacée. Le projet est celui d'une déviation à deux fois deux voies, de 1,3 km, dont la chaussée fera 7 m de large. Le dimensionnement précis de l'ouvrage se fera lors du rendu des études du Symbhi, en février 2009. Le début des travaux est envisagé pour

l'automne 2009 et la mise en service de cette nouvelle route est prévue courant 2011.

LES PARADES HYDRAULIQUES

■ Plusieurs solutions sont envisagées : un système de casiers de contention juste en aval du site ; une galerie hydraulique ; ou une combinaison casiers/galerie.

« passe et qui risquerait de passer... » a conclu le député isérois Michel Issindou, se faisant l'écho d'une crainte partagée par nombre d'élus locaux. Il est vrai que la confirmation de l'existence d'un risque d'effondrement majeur date tout de même de... 1983.

ANNEXE 7

MATERIAUX MOBILISES DANS LA RECHERCHE DE TERRITOIRES À RISQUE, DES BESOINS DES ACTEURS EN TERME D'INFORMATION SUR LES EVENEMENTS, ET DE LEUR DEMANDE EN TERME D'OUTIL DE CONSULTATION DE L'INFORMATION

Documents analysés	Documents d'urbanisme	Documents officiels	Entretiens	Observation lors de séminaires, réunions ou sorties sur le terrain	Articles de presse	Article scientifique	Internet
Echelles et territoires							
Nationale		- Appels à projets de recherche - Loi Barnier - Loi Bachelot					Prim.net MDAD
Région Rhone-Alpes							Région Rhône Alpes
Dép. Isère							Département de l'Isère Site de DDRM
La Métro Intercommunalités							La Métro Sites des intercommunalités
Communes	PPR de Saint Martin d'Hères	Rapport d'expertise de Ruines de Séchillienne	1 entretien avec le Maire de Séchillienne	- 3 sorties terrain à Séchillienne - Réaction des personnes travaillant sur le campus de Saint Martin d'Hères lors de la crue de l'Isère du printemps 2008 - 3h de formation pour l'élaboration de PCS - Séminaire Thésorisk (2007) « les décideurs »	Articles en annexes 7	L'effort Lully (November et alii, 2008)	Sites DICRIM Site de l'IRMA
SYMBHI		- Le montage du projet - Plaquettes d'information	1 entretien avec une personne qui a participé au projet	- 1 réunion publique à Pontcharat - 1 réunion publique à Domaine			Site Internet du SYMBHI
SMSDRG			1 entretien avec un technicien				
Environnementale							Sites Internet du PNR, PN
Autre				- 5 Séminaires Thésorisk (2007): séminaires dont le but était de faire réagir les acteurs sur la notion de risque - Séminaire « risque – territoire », Paris (2009)		Cf. bibliographie	81 sites Internet

ANNEXE 8

CLASSIFICATION DES BATIMENTS

Sources :

http://legt-henin.fr:8080/~olivier.soron/IMG/File/MAITRISE%20DOEUVRE/CLASSIFICATION%20DES%20BATIMENTS%20POUR%20INDICATION%20GENERALE.doc

TYPE	CATEGORIE 1	CATEGORIE 2	CATEGORIE 3	CATEGORIE 4	CATEGORIE 5
INDUSTRIEL	- entrepôts	- usines entrepôts - ateliers - garages de service	- usines et entrepôts spéciaux - garages et salles d'exposition de voitures		
AGRI-COLE	- granges et étables - écuries	- étables d'élevage intensif			
COMMERCIAL	- parking aériens	- parking superposés	- supermarchés - magasins - entrepôts commerciaux - bureaux - agences commerciales	- centres d'expositions et congrès - grands magasins - centres commerciaux - bâtiments de haute technicité (par exemple : Alimentation, Télécom...) - restaurants - bars - banques - bureaux spécialisés - sièges sociaux	- bâtiments pour recherche et production à grands risques - laboratoires de recherche - studios d'enregistrement audiovisuels
BATIMENTS PUBLICS		- salles à usage multiple	- centres sociaux - centres de secours (pompiers) - bibliothèques simples - bureaux de poste - postes de police - gares routières	- mairies - bâtiments de cultes - funéraires, crématoriums - salles de concert - bibliothèques spécialisées - musées - galeries d'art - tribunaux locaux - maisons d'arrêt - gares ferroviaires et de métropolitain	- théâtres - opéras - auditoriums - aéroports et terminaux
HABITATION			- maisons groupées et appartements individuels - immeubles collectifs - maisons simples	- hôtels simples - foyers sociaux - résidences pour personne âgées et handicapées	- maisons et appartements particuliers - hôtels haute catégorie
SCOLAIRE			- écoles maternelles et primaires	- autres écoles - collèges - lycées - établissements d'enseignement supérieur	- laboratoires universitaires - centres de recherche
LOISIRS			- bâtiments et équipements sportifs et de loisirs simples	- piscines - centres de loisirs et de sports	- centres aquatiques - centres récréatifs spécialisés
MEDICO-SOCIAL			- dispensaires	- hôpitaux - cabinets de consultation - laboratoires privés - cliniques - établissements thermaux	- hôpitaux spécialisés - laboratoires spécialisés - cliniques spécialisées

Sources :

www.legifrance.gouv.fr/

Arrêté du 29/05/97 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite "à risque normal" telle que définie par le décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique

(JO du 3 juin 1997)

NOR : ENVP9760254A

Vus

Le ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, le ministre de la défense, le ministre de l'équipement, du logement, des transports et du tourisme, le ministre de l'intérieur, le ministre de l'économie et des finances, le ministre de l'environnement, le ministre de l'industrie, de la poste et des télécommunications, le ministre de la fonction publique, de la réforme de l'Etat et de la décentralisation, le ministre délégué à l'outre-mer, le ministre délégué au logement, le ministre délégué au budget, porte-parole du Gouvernement, et le secrétaire d'Etat à la santé et à la sécurité sociale,

Vu la directive de la Communauté économique européenne 83/189/CEE modifiée, et notamment la notification 96/0246/F ;

Vu le code de la construction et de l'habitation, notamment ses articles R. 122-2, R. 123-2 et R. 123-19 ;

Vu le code de la santé publique, et notamment son article L. 711-2 ;

Vu la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, notamment son article 41, tel que modifié par l'article 16-II de la loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement ;

Vu le décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique,

Arrêtent :

Article 1er de l'arrêté du 29 mai 1997

Le présent arrêté définit les règles de classification et de construction parasismique pour les bâtiments de la catégorie dite à risque normal en vue de l'application de l'article 5 du décret du 14 mai 1991 susvisé mentionnant que des mesures préventives sont appliquées aux bâtiments, équipements et installations de cette catégorie, et vise notamment l'application des règles aux bâtiments nouveaux ainsi que, dans les conditions définies à l'article 3 du présent arrêté, à certains bâtiments existants faisant l'objet de certains travaux de construction.

Article 2 de l'arrêté du 29 mai 1997

I. Classification des bâtiments.

Pour l'application du présent arrêté, les bâtiments de la catégorie dite à risque normal sont répartis en quatre classes définies par le décret du 14 mai 1991 susvisé et précisées par le présent article. Pour les bâtiments constitués de diverses parties relevant de classes différentes, c'est le classement le plus contraignant qui s'applique à leur ensemble.

Les bâtiments sont classés comme suit:

En classe A :

- les bâtiments dans lesquels est exclue toute activité humaine nécessitant un séjour de longue durée et non visés par les autres classes du présent article;

En classe B :

- les bâtiments d'habitation individuelle;

- les établissements recevant du public des 4e et 5e catégories au sens des articles R 123-2 à R 123-19 du code de la construction et de l'habitation;

- les bâtiments dont la hauteur est inférieure ou égale à 28 mètres:

- bâtiments d'habitation collective;

- bâtiments à usage de bureaux, non classés établissements recevant du public au sens de l'article R 123-2 du code de la construction et de l'habitation, pouvant accueillir simultanément un nombre de personnes au plus égal à 300;

- les bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle pouvant accueillir simultanément un nombre de personnes au plus égal à 300;

- les bâtiments abritant les parcs de stationnement ouverts au public;

En classe C :

- les établissements recevant du public des 1e, 2e et 3e catégories au sens des articles R. 123-2 et R 123-19

du code de la construction et de l'habitation;

- les bâtiments dont la hauteur dépasse 28 mètres :

- bâtiments d'habitation collective;

- bâtiments à usage de bureaux;

- les autres bâtiments pouvant accueillir simultanément plus de 300 personnes appartenant notamment aux

types suivants:

- les bâtiments à usage de bureaux, non classés établissements recevant du public au sens de l'article R 123-

2 du code de la construction et de l'habitation;

- les bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle;

- les bâtiments des établissements sanitaires et sociaux, à l'exception de ceux des établissements de santé au sens de l'article L. 711-2 du code de la santé publique qui dispensent des soins de courte durée ou concernant des affections graves pendant leur phase aiguë en médecine, chirurgie et obstétrique a qui sont mentionnés à la classe D ci-dessous;

- les bâtiments des centres de production collective d'énergie quelle que soit leur capacité d'accueil;

En classe D :

- les bâtiments dont la protection est primordiale pour les besoins de la sécurité civile et de la défense nationale ainsi que pour le maintien de l'ordre public et comprenant notamment:

- les bâtiments abritant les moyens de secours en personnels et matériels et présentant un caractère opérationnel;

- les bâtiments définis par le ministre chargé de la défense, abritant le personnel et le matériel de la défense et présentant un caractère opérationnel;

- les bâtiments contribuant au maintien des communications, et comprenant notamment ceux:

- des centres principaux vitaux des réseaux de télécommunications ouverts au public;

- des centres de diffusion et de réception de l'information;

- des tours hertziennes stratégiques;

- les bâtiments et toutes leurs dépendances fonctionnelles assurant le contrôle de la circulation aérienne des aéroports classés dans les catégories A, B et C2 suivant les instructions techniques pour les aéroports civils (ITAC) édictées par la direction générale de l'aviation civile, dénommées respectivement 4 C, 4 D et 4 E suivant l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI);

- les bâtiments des établissements de santé au sens de l'article L 711-2 du code de la santé publique qui dispensent des soins de courte durée ou concernant des affections graves pendant leur phase aiguë en médecine, chirurgie et obstétrique;

- les bâtiments de production ou de stockage d'eau potable;

- les bâtiments des centres de distribution publique de l'énergie;

- les bâtiments des centres météorologiques.

II. Détermination du nombre de personnes :

Pour l'application de la classification ci-dessus, le nombre des personnes pouvant être simultanément accueillies dans un bâtiment est déterminé comme suit:

- pour les établissements recevant du public: selon la réglementation en vigueur;

- pour les bâtiments à usage de bureaux ne recevant pas du public: en comptant une personne pour une surface de plancher hors oeuvre nette égale à 12 mètres carrés;

- pour les autres bâtiments: sur déclaration du maître d'ouvrage.

Article 3 de l'arrêté du 29 mai 1997

Les règles de construction, définies à l'article 4 du présent arrêté, s'appliquent dans les zones de sismicité Ia, Ib, II ou III définies par l'article 4 du décret du 14 mai 1991 susvisé :

1° A la construction de bâtiments nouveaux des classes B, C et D;

2° Aux bâtiments existants des classes B, C et D dans lesquels il est procédé au remplacement total des planchers en superstructure;

3° Aux additions par juxtaposition de locaux:

- à des bâtiments existants de classe C ou D dont elles sont désolidarisées par un joint de fractionnement;

- à des bâtiments existants de la classe B dont elles sont ou non solidaires;

4° A la totalité des bâtiments, additions éventuelles comprises, dans un au moins des cas suivants:

- addition par surélévation avec création d'au moins un niveau supplémentaire, même partiel, à des bâtiments existants de classe B, C ou D;

- addition par juxtaposition de locaux solidaires, sans joint de fractionnement, à des bâtiments existants de classe C ou D

- création d'au moins un niveau intermédiaire dans des bâtiments existants de classe C ou D.

Pour l'application des 3° et 4° ci-dessus, la classe à considérer est celle des bâtiments après addition ou transformation. Au cas où l'application des critères ci-dessus ne permet pas de définir sans ambiguïté la nature des travaux d'addition ou de transformation et notamment, d'opérer la distinction entre la surélévation et la juxtaposition, c'est la définition la plus contraignante qui s'applique.

Article 4 de l'arrêté du 29 mai 1997

I. Les règles de construction applicables aux bâtiments mentionnés à l'article 3 du présent arrêté sont celles de la norme NF P 06-013, référence DTU, règles PS 92 Règles de construction parasismique, règles applicables aux bâtiments, dites "règles PS 92".

Ces règles doivent être appliquées avec une valeur de l'accélération nominale a_N résultant de la situation du bâtiment par rapport à la zone sismique, telle que définie par l'article 4 du décret du 14 mai 1991 susvisé et son annexe, et de la classe, telle que définie à l'article 2 du présent arrêté, à laquelle appartient le bâtiment.

Les valeurs minimales de ces accélérations, exprimées en mètres par seconde au carré, sont données par le tableau suivant :

II. Pour les bâtiments appartenant à la classe B définis au paragraphe 1.1 (Domaine d'application) de la norme NF P 06-014 Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés, règles PS-MI 89 révisées 92 et qui sont situés dans l'une des zones de sismicité Ia, Ib ou II, l'application des dispositions définies dans cette même norme dispense de l'application des règles indiquées au I du présent article.

Article 5 de l'arrêté du 29 mai 1997

L'arrêté du 16 juillet 1992 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite à risque normal telle que définie par le décret du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique est abrogé aux dates d'entrée en application du présent arrêté telles que précisées à l'article 6 ci-dessous.

Article 6 de l'arrêté du 29 mai 1997

Les dispositions du présent arrêté sont applicables, au plus tard, le premier jour du septième mois suivant sa publication, aux bâtiments faisant l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une demande d'autorisation au sens de l'article R 123-23 du Code de la construction et de l'habitation ou, en dehors des cas indiqués précédemment, d'un début de travaux, à l'exception des bâtiments d'habitation collective dont la hauteur est inférieure ou égale à 28 mètres, pour lesquels l'application des dispositions du présent arrêté est reportée, au plus tard, au premier jour du treizième mois suivant la publication.

Article 7 de l'arrêté du 29 mai 1997

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques, délégué aux risques majeurs, le directeur de l'eau, le directeur général des enseignements supérieurs, le directeur de la recherche et des affaires scientifiques et techniques, le directeur de l'administration générale du ministère de la défense, le directeur général de l'aviation civile, le directeur de la sécurité civile, le directeur du Trésor, le directeur du budget, le directeur du service public au

ministère de l'industrie, de la poste et des télécommunications, le directeur général des collectivités locales, le directeur des affaires économiques, sociales et culturelles de l'outre-mer, le directeur de l'habitat et de la construction, le directeur général de la santé et le directeur des hôpitaux sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal Officiel de la République française.

Fait à Paris, le 29 mai 1997.

Le ministre de l'environnement,

Corinne Lepage

Le ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche,

François Bayrou

Le ministre de la défense,

Charles Millon

Le ministre de l'équipement, du logement, des transports et du tourisme,

Bernard Pons

Le ministre de l'intérieur,

Jean-Louis Debré

Le ministre de l'économie et des finances,

Jean Arthuis

Le ministre de l'industrie, de la poste et des télécommunications,

Franck Borotra

Le ministre de la fonction publique, de la réforme de l'Etat et de la décentralisation,

Dominique Perben

Le ministre délégué à l'outre-mer,

Jean-Jacques de Peretti

Le ministre délégué au logement,

Pierre-André Périssol

Le ministre délégué au budget, porte-parole du Gouvernement,

Alain Lamassoure

Le secrétaire d'Etat à la santé et à la sécurité sociale,

Hervé Gaymard

Sources :

http://www.urgencyclopedia.info/index.php/Initiation_%E0_la_Pr%EA9vention#La_construction

1.1 Initiation à la Prévention

1.2 Textes de prévention

La prévention peut se définir comme la somme des contraintes, imposées aux maîtres d'oeuvre au stade de la conception de leurs projets de construction (habitation, industrie, établissements recevant du public) en vue de limiter les risques de naissance du feu, d'empêcher la propagation d'un éventuel incendie, de permettre aux occupants d'évacuer aisément les locaux sinistrés et de faire en sorte que les secours puissent intervenir dans des conditions optimales.

En d'autres termes, prévoir un risque, c'est penser qu'il pourra exister à un moment donné et prendre un ensemble de mesures destinées à le minimiser au cas où il apparaîtrait.

2 La protection des personnes

La sécurité des personnes est l'objectif prioritaire. La prévention a pour objectif de mettre les personnes qui ont accès aux locaux (bureaux, salles de spectacles, immeubles, etc.) à l'abri des risques d'accidents liés à l'éclosion d'un incendie.

Le code de la construction et de l'habitation fixe les grands principes qui doivent être respectés pour assurer la sauvegarde des personnes.

Au nombre de 8:

1. Permettre l'évacuation rapide et en bon ordre de la totalité des occupants et la mise en service rapide des moyens de secours
2. Comportement au feu des matériaux et éléments de construction appropriés aux risques

3. Locaux aménagés et isolés entre eux
4. Sorties et dégagements intérieurs qui y conduisent permettant l'évacuation rapide et sûre des occupants avec un minimum de deux sorties
5. Éclairage électrique toujours secouru par un éclairage de sécurité
6. Interdiction d'utiliser ou de stocker des produits dangereux
7. Équipements techniques présentant des garanties de sécurité et de bon fonctionnement
8. Établissements dotés de dispositifs d'alarme, d'avertissement, d'un service de surveillance et de moyens de secours appropriés aux risques

2.1 L'évacuation

[...]

2.2 Les bâtiments d'habitation

La réglementation les définit comme tels (y compris les logements-foyers comme les résidences étudiantes) Dès lors que le plancher bas du dernier niveau est situé à moins de 50 mètres au dessus du sol accessible aux engins des sapeurs-pompiers.

Il existe quatre familles de bâtiments auxquelles s'appliquent des règles de construction et d'accès des secours sensiblement différentes.

- **Arrêté du 31 janvier 1986**
- Définissent les règles générales de construction et les mesures de sécurité
- Classent les bâtiments en fonction de leur hauteur
- Contiennent les détails des règles particulières applicables à chaque famille

2.2.1 1ère FAMILLE

En Bande : R+0 Maximum

En bande à structures indépendantes : R+ 1 Maximum.

Isolées – Jumelées : R+1 Maximum.

2.2.2 2ème FAMILLE

Plus de 2 niveaux : R + 3 maxi

En bande, Structures liées

2.2.3 3ème FAMILLE

3ème A : R+7 maxi

3ème B : Hauteur < 28 mètres

2.2.4 4ème FAMILLE

28 mètres < Hauteur < 50 mètres

2.3 Les IGH

Arrêté du 18-10-1977

Article R.122-2.

Constitue un IGH, tout corps de bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau accessible est situé, par rapport au niveau du sol le plus haut utilisable pour les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie :

- À plus de 50 mètres pour les IGH-A.
- À plus de 28 mètres pour tous les autres types.

Le texte fixe:

- les règles de sécurité pour la construction
- les règles particulières en fonction de l'activité*
- Le classement en fonction de la nature d'activité.

**GHA GHO GHR GHS GHU GHW GHZ GHA GHO GHR GHS GHU GHW
GHZ**

2.4

2.5 Les ERP (établissement recevant du public)

Arrêté du 25 juin 1980

Article R. 123-2

Constituent des ERP tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque,

ou dans lesquelles sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitations, payantes ou non.

Classement en fonction de la nature d'activité :

2.5.1 Les TYPES

- L** . Salles d'auditions, de conférences, de réunions, de spectacles ou à usage multiple
- M** . Magasins de vente, Centres Commerciaux
- N** . Restaurants, Débits de boissons
- O** . Hôtels, Pensions de famille
- P** . Salles de danse, Salles de jeux
- R** . Établissements d'enseignement, Colonies de vacances, Internats, Crèches, Maternelles, Jardins d'enfant, Haltes-garderies,
- S** . Bibliothèques, Centres de Documentation
- T** . Salles d'Exposition
- U** . Établissements Sanitaires
- V** . Établissements de Culte
- W** . Administrations, Banques, Bureaux
- X** . Établissements Sportifs couverts
- Y** . Musées
- J** . Structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées
- PA** . Établissements de Plein Air
- CTS** . Chapiteaux, Tentes et Structures itinérantes ou à implantation prolongées ou fixes
- SG** . Structures Gonflables
- PS** . Parcs de stationnement couverts
- GA** . Gares et aéro-gares accessibles au public
- OA** . Hôtels-Restaurants d'Altitude
- EF** . Établissements Flottants
- REF** . Refuges de Montagne

2.5.2 Les catégories

Les établissements sont classés en catégories d'après le nombre de personnes qu'ils peuvent recevoir.

1ère catégorie : au-dessus de 1 501 personnes

2ème catégorie : de 701 à 1 500 personnes

3ème catégorie : de 301 à 700 personnes

4ème catégorie : 300 personnes et au-dessous (à l'exception des établissements compris dans la 5ème catégorie)

5ème catégorie : établissements faisant l'objet de l'article R 123-14 dans lesquels l'effectif du public n'atteint pas le chiffre minimum fixé par le règlement de sécurité pour chaque type d'exploitation (Seuil d'assujettissement).

2.5.3 Les groupes

En outre, pour l'application du règlement de sécurité, les ERP sont classés en deux groupes :

- **Le premier groupe** comprend les établissements de la 1ère, 2ème, 3ème et 4ème catégories
- **Le deuxième groupe** comprend les établissements de 5ème catégorie

[...]

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- ABADIE L., 2003. « La couverture des risques : un futur rôle pour les élus locaux ? » *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 21-26.
- ABRY C. et JOISTEN A., 1998. « Peut-on expliquer l'absence de récits de catastrophes surnaturelles en Bas-Dauphiné ? » *Revue de Géographie Alpine*, n°2, pp. 11-24.
- ACKOFF R., 1967. « Management Misinformation Systems ». *Management Science* : <http://www.umsl.edu/~sundaravejf/IS7890/week3/Management%20Misinformation%20Systems.doc>.
- AKOKA J. et COMYN-WATTIAU I., 2006. « Introduction – Systèmes d'information ». *Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information*, Vuibert, Paris, pp. 1463-1468.
- ALIPRANDI L. et ALIPRANDI G., 2005. *Les grandes alpes dans la cartographie 1482-1885*, LIBRIS, Turin, Vol 1, 359p.
- ALLEGRA P., TURCONI L. et TROPEANO D., 2001. « Répertoire cartographique et historique des sites routiers soumis aux risques naturels dans la province de Turin ». *Gestion spatiale des risques*, Hermès Science Publications, collection Lavoisier, pp. 97-113.
- ALMER A. et STELZL H., 2002. « Multimédia Visualisation of Géoinformation for Tourism Regions Based on Remote Sensing Data ». *ISPRS – Technical Commission IV/6*, ISPRS Congress Ottawa, 8-12 July 2002.
- ALPES GEOCONSEIL, 2008. « La cartographie des risques naturels ». <http://www.alpesgeoconseil.com/risques/Zona.html>, 6p.
- AMBRASEYS N., 1981. « Le tremblement de terre d'EL Asnam du 10/10/1980 ». Actes des journées scientifiques sur *le séisme d'EL Asnam du 10/10/1980*. Organisme national de la Recherche Scientifique, Alger, 15-16 juin 1981 pp. 14-55.
- ANCEY C., RAPIN F., MARTIN E., COLEOU C., NAAIM M. et BRUNOT G., 2000. « L'avalanche de Péclerey du 9 février 1999 ». *Revue de l'ANENA, Neige et Avalanches*, n° 92 - décembre 2000.
- ANDRIENKO G., ANDRIENKO N., WROBEL S., 2007b. « Visual Analytics Tools for Analysis of Movement ». *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, Volume 9, Issue 2, December 2007, pp. 38-46
- ANDRIENKO G., ANDRIENKO N., 2008. « Exploration of Massive Movement Data: a Visual Analytics Approach ». *AGILE 2008* : <http://geoanalytics.net/and/papers/agile08.pdf>
- ANDRIENKO N. et ANDRIENKO G. et GATALSKY P., 2003. « Exploratory Spatio-Temporal Visualization : An Analytical Review ». *Journal of Visual Languages and Computing*, n°14 (2003), pp. 503-541.
- ANDRIENKO N. et ANDRIENKO G., 1999. « Interactive Maps for Visual Data Exploration ». *int. j. geographical information science*, vol. 13, no. 4, pp. 355 -374.
- ANDRIENKO N. et ANDRIENKO G., 2006. « Exploratory Analysis of Spatial and Temporal Data. A Systematic Approach ». Chapitre de livre, dir. Andrienko N., Springer, Berlin : New York, pp. 49-53.
- ANDRIENKO N. et ANDRIENKO G., 2007a. « Designing Visual Analytics Methods for Massive Collections of Movement Data ». *Cartographica*, n° 42(2), pp. 117-138.

- ANQUETIN S., RUIN I., CRETON-CAZANAVE L., LUTOFF C., VANDERVAERE J.-P.,
et VIALLET P., 2006. « The UJF Contribution to Amphore », Rapport final,
INTERREG IIIb-AMPHORE European Project.
- ANTOINE J.-M., DESAILLY B. et METAILIE J.-P., 1994. « Cartographie des risques
naturels dans les Pyrénées et sur leur piémont ». *Mappemonde* n°4, pp. 27-30
- ANTONI J.-P. et KLEIN O., 2003. « L'animation d'anamorphoses. Un atout pour la
communication en cartographie ». *Revue internationale de géomatique*, volume13 –
n°1, pp. 81-92.
- ANTONI J.-P., 2003, « Modélisation de l'étalement urbain. Aspects conceptuels et
gestionnaires. Application à Belfort ». Résumé de thèse, Université Strasbourg I, 4p.
- ANTONI J.-P., KLEIN O. et MOISY S., 2004. « Cartographie interactive et multimédia :
vers une aide à la réflexion géographique ». *Cybergegeo*, Systèmes, Modélisation,
Géostatistiques, article 288, mis en ligne le 21 octobre 2004,
<http://www.cybergegeo.eu/index2621.html>.
- APPARICIO P. et PETKEVITCH V., 2006. « Déploiement d'atlas interactifs sur Internet :
nouvelles avenues avec le *Scalable Vector Graphics*, le C# et l'ASP.Net ». *Cybergegeo*,
Cartographie, Imagerie, SIG, article 340, mis en ligne le 26 juin 2006, modifié le 04
mai 2007, <http://www.cybergegeo.eu/index2395.html>.
- ARNAUD A., 2003. *Vers de nouvelles spécifications spatio-temporelles pour la valorisation
de l'information historique dédiée aux risques naturels*. Mémoire de DEA de
géographie, IGA et LSR-IMAG, 117 p.
- ARNAUD A., 2004. « Cartographie historique de la vulnérabilité : application au risque
inondation ». Actes de colloque, *Spatialisation et Cartographie en Hydrologie*, Metz,
12 p.
- ARNAUD A., 2005. « La quantification de la vulnérabilité dans le temps : intérêts et
difficultés rencontrés ». Actes de colloque, *Rencontres ThéoQuant*. Besançon, 26-28
janvier 2005.
- ARNAUD A., CARTIER S., CRETON-CAZANAVE L., GAILLARD J.-C. et RUIN I.,
2006. « Le quotidien et l'exceptionnel : Les dimensions schizochrones du
risque ». En soumission à *Cybergéo*.
- ARNAUD A., DAVOINE P.-A. et MOISUC B., 2005. « De la demande sociale à la
spécification spatio-temporelle d'un système d'information dédié aux risques
naturels ». Actes de colloque *SIRNAT*, 10-11 février 2005, Montpellier, 8p.
- ASALIN S. et SEGURA L., 2003. « Cartographie animée de la diffusion spatiale :
application à la migration des patronymes de la moyenne vallée du Rhône depuis
1891 ». *Cybergegeo : Revue européenne de géographie*, n°284, septembre 2003.
- ASTÉ J.-P., DUMOLARD P., LEONE F. et JIN S., 1993. « SIG et risques naturels : le
glissement de terrain de Séchilienne (Isère) ». *Mappemonde*, n°4, pp. 24-25.
- ASTRADE L., BRAVARD J.-P. et LANDON N., 1998. « Mouvements de masse et
dynamique d'un géosystème alpestre: étude dendrogéomorphologique de deux sites de
la vallée de Boulc (Diois, France) ». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 52, n°
2, 1998, pp. 153-166.
- ATILF, 2008. Dictionnaire du Laboratoire d'Analyse et de Traitement Informatique de la
Langue Française, <http://atilf.atilf.fr/>.
- AUGENDRE M., 2004. « Le risque naturel devenu symbiose ? Les volcans actifs
d'Hokkaidô, Japon ». *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n°2 - 2004,
pp.101-116.
- AUGIER P., TAHMAZIAN C., GILLET F., CŒUR D. et PEZET-KUHN M., 2004. « Les
dossiers / Risques naturels : pour une meilleure prise en compte des risques naturels

- dans les documents d'urbanisme et les projets d'aménagement dans la région grenobloise ; bilan et perspectives ». Dossier collectif du Syndicat mixte pour l'élaboration et le suivi du schéma directeur de la région grenobloise, 17p.
- AYRAL P-A., SAUVAGNARGUES-LESAGE S. et DUSSERRE G., 2001. « L'étude des risques naturels à travers un outil commun : le SIG ». Conférence *SIRNAT, Forum GERI*, Sophia Antipolis, 12p.
- AZOUAOU F., CHEN W. et DESMOULINS C., 2004. « Semantic Annotation Tools for Learning Material ». Actes de conférence *SW-EL'04: Semantic Web for E-Learning. Applications of Semantic Web Technologies for Educational Adaptive Hypermedia*, Eindhoven, The Netherlands, 7p.
- BABIN C., 2005. *Autour du catastrophisme, des mystères et légendes aux sciences de la vie et de la terre*. Collection inflexions, Vuibert.Adapt, Paris, 168 p.
- BAILLY A., 1991. « Mégalopoles du monde en image ». *Mappemonde* n°4/1991, p. 6-7.
- BAILLY A., 2005. « Géographie régionale et représentation ». *Géographie régionale et représentations*, (dir.) Bailly A., Bernard M. et Debarbieux B., Anthropos, p. 25-34.
- BANOS A. et THEVENIN T., 2005. « Révéler les rythmes quotidiens par la carte animée ». *Revue internationale de géomatique*, vol. 15, n° 1, pp. 11- 32.
- BANOS A., CHARDONNEL S., 2007. « Animer l'aquarium pour révéler trajectoires spatio-temporelles et poches d'ordre local ». *Rencontres Théoquant*, résumé pp. 54-55, http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2007/tq2007_resumes.pdf.
- BANOS A., CHARDONNEL S., LANG C, MARILLEAU N. et THEVENIN T., 2005. « Modéliser et simuler la "fourmilière" urbaine par les systèmes multi-agents ». Actes de colloque *SAGEO*, Avignon, juin 2005, pp. 1-21, http://fig-st-die.education.fr/actes/actes_2005/banos/article.htm.
- BARD S., BOUCHON-MEUNIER B., RUAS A. et DETYNIIECKI M., 2003. « Gestion des connaissances imprécises pour évaluer la généralisation cartographique ». Actes de la conférence *LFA'03*, Cepadues Editions, Tours, France, pp. 89-96.
- BARGE O. et JOLIVEAU T., 1996. « Démarche territoriale et systèmes d'information géographique pour une gestion concertée de l'eau ». *Revue de Géographie de Lyon*, n° 71(2/96), pp. 297-309.
- BARGE O., JOLIVEAU T. et ROGER C., 1998. « Value of Water and Aquatic Ecosystems: for a Territorial Approach to Participatory Planning ». *Proceedings of the European seminar on water geography on "Perceptions of the values of water and water environment"*. London, 23p.
- BARNIKEL F., FRANK C. et BECHT M., « Natural Hazard Maps in the Alps Derived from Historical Data on a Local Scale - Results from the Tegernsee Valley (Bavaria, Germany) ». Chapitre 24, www.ccma.csic.es/dpts/suelos/hidro/images/chapter_24_phefra.pdf.
- BARON V., GRISET H., 2007. « Service de capitalisation et diffusion de connaissances : Application aux recherches du CIRAD. Base de connaissances Agricultures Familiales et Mondes à venir ». *Cybergeog : Revue européenne de géographie*, n° 390, 16 juillet 2007.
- BARRUE M., 2002. « Le risque vécu et construit en pays montagnard pyrénéen : le cas des villages des hautes vallées du Lavedan dans les Pyrénées centrales françaises ». *Les pouvoirs publics face aux risques naturels dans l'histoire*, sous la direction de Favier R., Grenoble, CNRS-MSH-Alpes, octobre 2002, 444 p.
- BARRUE-PASTOR M. et BARRUE M., 1998. « Mémoire des catastrophes, gestion des risques et architecture paysanne en montagne. L'exemple des vallées du Haut-Lavedan dans les Pyrénées centrales françaises ». *Revue de Géographie Alpine*, n°2, tome 89, pp. 25-36.

- BAUELLE G. et REGNAULT H., 2004. *Echelles et temporalités en géographie*, SEDES-DIEM, 176 p.
- BEAURAIN C. et LONGUEPEE J., 2004. « De l'importance des formes de proximité géographique dans l'élaboration et l'efficacité de la coordination : l'exemple du risque d'inondation ». *Quatrième journée de Proximité*, Actes de colloque, Marseille, 17 et 18 Juin 2004.
- BECK U., 2002. « La dynamique politique de la société mondiale du risque ». *Les séminaires de l'Iddri*, Paris, 21p.
- BEDARD Y., 2002. « Site Web de Perceptory ». <http://sirs.scg.ulaval.ca/perceptory>
- BEDARD, Y, LARRIVEE S., PROULX M.J. & NADEAU M., 2004. « Modeling Geospatial Databases with Plug-Ins for Visual Languages: A Pragmatic Approach and the Impacts of 16 Years of Research and Experimentations on Perceptory ». Wang S. et al. (Eds.): *COMOGIS Workshops ER2004*, LNCS 3289, pp. 17–30.
- BEGUIN M. et PUMAIN D., 1994. *La représentation des données géographiques : statistique et cartographie*. Armand Colin, édition Coursus, 192 p.
- BELLA B. et PLA M., 2001. « Map Generalization to Obtain the Topographic Map of Catalonia 1:10 000 ». 4th Workshop on *Map Generalization*, Institut Cartogràfic de Catalunya, Beijing, August 2001. 22 Diapositives.
- BENSA A. et FASSIN E., 2002. « Les sciences sociales face à l'événement ». *Terrain* « *Qu'est-ce qu'un événement ?* », n° 38, pp. 5-20, mis en ligne le 06 mars 2007, <http://terrain.revues.org/index1888.html>.
- BENSLIMANE D., VANGENOT C., ROUSSEY C. et ARARA A., 2003 « Multirepresentation in Ontologies ». Chapitre de livre, *Advances in Databases and Information Systems*, Vol. 2798/2003, 13 p. <http://www.springerlink.com/content/5pag0dn59ycyj9r/fulltext.pdf>
- BERGER F. et CHAUVIN C., 1996. « Cartographie des fonctions de protection de la forêt de montagne. Appréciation des potentialités d'avalanche sous couvert forestier, le département de Savoie ». *Revue de Géographie de Lyon*, Volume 71 - 2/96, pp. 137-144.
- BERNIER, E., BEDARD Y. et LAMBERT M., 2003. « Cartographie sur demande sur le Web : de la personnalisation par couches cartographiques à la personnalisation par occurrences ». *Revue Internationale de Géomatique*, Vol. 13, n° 3, p. 339-359.
- BERTIN J., 1967. *La sémiologie graphique*. Paris, Gauthiers-Villars, 431 pages.
- BESSAT F., 2003. « Risque, environnement et société : le cas du réchauffement climatique ». *Question de géographie : Les risques*, Nantes, pp. 222-237.
- BESSION L., 1996. *Les risques naturels en montagne, traitement, prévention, surveillance*. Artès-publialp, Grenoble, 430 p.
- BILLET P., 2001, « La territorialisation juridique des risques naturels : du droit des limites aux limites du droit ». *Risque et territoire*, colloque international, *Atelier gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 189-198.
- BILLET P., 2003. « Les nouveaux territoires du risque : vers un renouvellement de l'approche territoriale des risques naturels majeurs ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 15-20.
- BIORET F. et GOURMELON F., 1999. « Cartographie des milieux naturels et semi-naturels du littoral de Corse du sud ». *Cybergéo*, n° 102, 06/07/99.

- BLANCHI R. et GODFRIN V., 2001. « De la cartographie réglementaire. Le cas des PPRIF », *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 173-186.
- BLANCHOT F., 1999. « La Connaissance Objective » de Karl Popper : principales thèses et apports pour les recherches en gestion ». *Finance Contrôle Stratégie*, Vol. 2, N° 3, septembre 1999, p. 25 - 62.
- BLANDINIÈRES S., 2005. « L'art contemporain à l'œuvre... cartographique ; deux expositions pour regarder la carte autrement ». *Cartes et SIG : Coup d'œil*, 2p.
- BODIN X., 2002. « La représentation des incertitudes spatiales de la carte de localisation probable des avalanches ». Mémoire de Maîtrise en géographie, dir. Morel A., 130p.
- BOOCK G., RUMBAUGH J., JACOBSON I., 2003. *Le guide de l'utilisateur UML*. Eyrolles, Paris, 500p.
- BORCHERT A., 1999. « Multimedia Atlas Concepts ». Chapitre de livre : *Multimedia Cartography*. (Eds) Cartwright W., Peterson M-P. et Gartner G, Springer-Verlag, Berlin, pp. 75-86
- BORD J.P., 1997. « Le géographe et la carte. Point de vue et questionnement de la part d'un géographe cartographe ». *Cybergeo*, Cartographie, Imagerie, SIG, article 17, mis en ligne le 20 mars 1997, modifié le 31 juillet 2007. <http://www.cybergeo.eu/index6470.html>.
- BORRAZ O., GILBERT C., JOLY P-B., 2005. « Risques, crises et incertitudes : pour une analyse critique ». *Cahiers du GIS Risque Collectif et Situations de Crise*, MSH Alpes, n°3, 253p.
- BORREL G., 1994. « Carte de localisation probable des avalanches ». *Mappemonde*, n°4/1994, pp. 17-19.
- BOTCHEN R-P. et WEISKOPF D., 2006. « Interactive Visualization of Uncertainty in Flow Fields Using Texture-Based Techniques ». Actes de colloque, 12th International Symposium on Flow Visualisation, September 10-14, Göttingen, Germany, 12p.
- BOUISSET C., 2001. « La gestion du risque d'incendie de forêt en France et en Espagne : acteurs, échelles et territoires d'intervention ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 7-18.
- BOURRELIER P-H., 1997. *La prévention des risques naturels*. Comité interministériel de l'évaluation des politiques publiques – Premier ministre – Commissariat Général au Plan, La documentation Française, 700p.
- BOZONNET J-P., 1992. *Des monts et des mythes : l'imaginaire social de la montagne*. Presses universitaires de Grenoble, Collection Montagnes, Grenoble, 294 p.
- BREWER C., 1992. Review of Colour Terms as Simultaneous Contrast Research for Cartographica, vol. 29 n°3-4, automne et hiver 1992. pp. 20-30.
- BREWER C-A. 1999. « Color Use Guidelines for Data Representation ». *Proceedings of the Section on Statistical Graphics, American Statistical Association*, Alexandria VA. pp. 55-60.
- BREWER C-A. et MARLOW K.A., 1993. « Color Representation of Aspect and Slope Simultaneously » *Proceedings, Eleventh International Symposium on Computer-Assisted Cartography (Auto-Carto-11)*, Minneapolis, October/November 1993, pp. 328-337
- BRICMONT J., 1994. « Contre la philosophie de la mécanique quantique ». Colloque "Faut-il promouvoir les échanges entre les sciences et la philosophie?" , Louvain-la-Neuve, 24 et 25 mars.

- BROCHOT S., 2001. « L'insertion des connaissances dans l'action publique locale, le cas des risques naturels ». *Action scientifique structurante Risques naturels 2000*, 89p.
- BROCHOT S., 2003. « Savoirs et expertise pour l'action publique locale ; le cas des risques naturels en montagne ». *Ingénieries n°spécial Risques naturels et aménagement du territoire (CEMAGREF)*, pp. 5-20.
- BROCHOT S., 2004. « Savoirs, expertise et décision pour l'action publique locale ; le cas des risques naturels en montagne ». Pollotec 2004, *Forum Risque, développement et territoire*, 7 p.
- BRUNET R., FERRAS R. et THERY H., 1993. *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique*, Reclus, La documentation Française, Collection dynamiques du territoire.
- BURNET R. et MANCHE Y., 2003. « La multireprésentation de données spatio-temporelles appliquée en risques naturels ». *Systèmes d'Information et Risques Naturels*. Ecole des Mines de Paris, Les Presses, pp.23-37.
- BURTON I., KATES R-W. et WHITE G-F., 1978. *The Environment as Hazard*. New York, NY: Oxford University Press. 240 p.
- BUSIEK G., 1999. « Dynamic Elements ». Chapitre de livre : *Multimedia Cartography*. (Edi) Cartwright W., Peterson M-P. et Gartner G, Springer-Verlag, Berlin.
- BUSSET-HENCHOZ M-C. et SCHOENEICH P., 1998. « La tradition écrite dans la vallée des Ormots (Préalpes vaudoises) : une réponse à la situation de risque ? » *Revue de Géographie Alpine*, n°2, pp. 37-44.
- CALCAGNI Y. et JOLIVEAU T., 2002. « Séquences pédagogiques SIG pour les lycées. Faisabilité technique et test d'une solution d'enseignement à distance sur le Web avec ArcImS ». Actes de la conférence française d'ESRI, SIG 2002, Communication sur invitation, Paris, octobre 2002. 7 p.
- CALLENS S., 2002. « Valérie November, les territoires du Risque. Le risque comme objet de réflexion géographique, Berne : Peter Lang, 2002 ». *Développement Durable et Territoires*, 2p.
- CALLON M., 2001. « Les différentes formes de démocratie technique ». *Risque et Démocratie*, Les cahiers de la sécurité intérieure, Revue de sciences sociales, pp. 37-54.
- CAQUARD S. et FISET J-P., 2007. « Un cyber cartogramme gravitationnel pour la géovisualisation de proximités ». Actes de colloque *SAGEO'2007*, 15 P.
- CAQUARD S. et TAYLOR F., 2005a. « Art, Maps and Cybercartography : Stimulating Reflexivity Among Map-Users ». *Cybercartography: Theory and Practice*, Taylor F. Amsterdam: Elsevier Science. pp.285-307, (partiellement disponible : pp. 285-286).
- CAQUARD S., 1998. « La visualisation cartographique sur Internet ». *NETCOM*, vol.12, n°1/2, pp. 349-357.
- CAQUARD S., 2001a. « Cartographie dynamique et gestion concertée de l'eau. Vers une évolution fondamentale de la fonction de la carte ». Actes des journées *CASSINI, Géomatique et espace rural*, pp. 13-29.
- CAQUARD S., 2001b. « Des cartes multimédias dans le débat public - Pour une nouvelle conception de la cartographie appliquée à la gestion de l'eau ». Thèse de géographie, Université J. Monnet de Saint-Etienne, 277p.
- CAQUARD S., 2003. « Internet Maps and Public Participation: Contemporary limits and possibilities ». *Maps and the Internet*, (Ed.) Peterson M-P., Elsevier Science, pp. 345-357.

- CAQUARD S., 2003. « Evolution cartographique et participation publique. Un prototype de cartes multimédia pour la gestion de l'eau ». *Revue internationale de géomatique*, volume 13, n°1, pp. 15-27.
- CAQUARD S., PULSIFER P., Fiset J-P. et D.R. FRASER TAYLOR, 2005b. « Introduction au concept d'acte cybercartographique : Genèse d'un atlas cybercartographique ». *Cybergeo*, Sélection des meilleurs articles de SAGEO 2005, article 395, mis en ligne le 19 juillet 2007, <http://www.cybergeo.eu/index9272.html>.
- CARCANO E., 2002. « Séchilienne, quand la montagne s'écroulera ». *Alpes Magazine*, n°77, pp. 77-80.
- CARON C. et ROCHE S., 2001. « Vers une typologie des représentations spatiales ». *Espace Géographique*, Concepts et méthodes, tome 30 2001/1, pp. 1 à 12.
- CARRENO R., 1994. *Première approche pour une étude des risques dans la ville de Cusco-Pérou*. Mémoire de DEA. IGA, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.
- CARTER M., 2003. « Information et connaissance ». Cours, http://www.michelcartier.com/McArticleC.php3?id_article=201, et http://www.michelcartier.com/McPopB.php3?id_article=296
- CARTHRIGHT W., PETERSON M-P. et GARTNER G., 1999. *Multimedia Cartography*. Springer Verlag, Berlin, 343p.
- CARTWRIGHT W., 2003. « Maps on the Web ». *Map and the internet*, Peterson M-P., International Cartographic Association, Elsevier, pp. 35-55 (partiellement disponible : pp. 35-39)
- CARTWRIGHT W., PETERSON M-P. et GARTNER G., 1999. *Multimedia Cartography*, Springer Pub. Co. pp.11-30.
- CARYOL V. et GRAMACCIA G., 2001. « La communication du risque ». *La revue de Communication et Organisation* n°20 - 2^{ème} semestre, pp. 251-258.
- CASENAVE J., MARQUESUZAÀ C., DAGORRET P. et GAIO M., 2004. « La revitalisation numérique du patrimoine littéraire territorialisé ». Colloque *ENSSIBES*, 13 - 15 octobre 2004, Montréal, Québec, Canada, à paraître, 26p.
- CATHALA F., MERIAUX P. et ROYET P., 1998. « Développement d'une base de données sur les scénarios de vieillissement des barrages (projet CASCAD) ». *Ingénieries EAT*, n° spécial "risques naturels", p.69-76.
- CAUVIN C., 1997. « Au sujet des transformations cartographiques de position ». *Cybergeo*, Cartographie, Imagerie, SIG, article 15, mis en ligne le 14 janvier 1997, modifié le 27 avril 2007, <http://www.cybergeo.eu/index5385.html>.
- CAUVIN C., 1998. « Des transformations cartographiques ». *Mappemonde*, n°49-1998.1, pp. 12-15.
- CAUVIN C., 2001. « Représentations cartographiques et cognitives: quelques propositions méthodologiques ». <http://www.cybergeo.presse.fr/revgeo/cartogrf/cauvin/cauvin1.htm>
- CAUVIN C., 2002. « Cognitive and Cartographic Representations: Towards a Comprehensive Approach ». *Cybergeo*, Cartographie, Imagerie, SIG, article 206, mis en ligne le 15 janvier 2002. <http://www.cybergeo.eu/index194.html>.
- CAUVIN C., ESCOBAR F., SERRADJ A., 2007. *Cartographie thématique*. Paris : Hermes science, IGAT, information géographique et aménagement du territoire Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale, 2 volumes de 280p.
- CAUVIN C., ESCOBAR F., SERRADJ A., 2007a. *Cartographie Thématique 1, une nouvelle démarche*. Hermes Science, Lavoisier, Paris, 280p.
- CAUVIN C., ESCOBAR F., SERRADJ A., 2007b. *Cartographie Thématique 2, des transformations incontournables*. Hermes Science, Lavoisier, Paris, 260p.

- CAUVIN C., ESCOBAR F., SERRADJ A., 2007c. *Cartographie Thématique 3, méthodes quantitatives et transformations attributaires*. Hermes Science, Lavoisier, Paris, 284p.
- CAUVIN C., ESCOBAR F., SERRADJ A., 2007d. *Cartographie Thématique 3, des transformations renouvelées*. Hermes Science, Lavoisier, Paris, 198p.
- CHAPUIS A. et GOLBERY L., 2000. « Aux cartes citoyens. La démocratie par les cartes ». *Cybergeo*, n° 150, 17 novembre 2000.
- CHARDON A-C., 1994. « Etude intégrée de la vulnérabilité de la ville de Manizales (Colombie) aux risques naturels ». *Revue de géographie alpine*, n°4, tome LXXXII, p. 97, pp.111-.
- CHARRE J., 1997. « Dessine-moi un climat. Que penser du diagramme ombrothermique ? ». *Mappemonde*, n°2/1997, pp. 29-31.
- CHARRE J., 2003. « Un Objet géographique : les territoires à risque. Un indicateur : les probabilités ». *Objets et indicateurs géographiques*, Actes Avignon, UMR Espace, Université Avignon – CNRS, pp. 308-316.
- CHAVEZ J., GOULA X., ROCA A., MANA F., PRESMANES J.A. et LOPEZ-ARROYO A., 2000. « Earthquake Risk in Catalonia : Vulnerability Assessment for Dwelling Buildings ». *Third congress on regional cartography and information systems*. Munic, 24-27 octobre 2000. 6p.
- CHAVEZ VELAZCO G., 2004. *Adaptation à une ville moyenne d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité au risque sismique. Le cas d'Ensenada (Basse Californie, Mexique)*. Thèse de géographie, Grenoble 1, dir. Schoeneich, 203 p.
- CHESNEAU E., 2004. « Un système pour améliorer de façon automatisée la représentation cartographique du risque ». Actes de colloque, Spatialisation et cartographie en hydrologie, Metz 2004, 9p.
- CHESNEAU E., 2006. *Modèle d'amélioration automatique de contrastes couleur en cartographie. Application aux cartes de risque*. Thèse en science de l'information géographique, dir. Ruas A., COGIT, Université de Marne La vallée. 370p.
- CHEYLAN J-P., 2007. « Les processus spatio-temporels: quelques notions et concepts préalables à leur représentation ». *Les dossiers de Mappemonde « cartographie animée »*, N° 87 (3-2007), 21 p.
- CHIROIU L., GUILLANDE R., BAHOKEN F. et ANDRE G., 2003. « Crues de la Seine. Analyse spatio-temporelle et estimation rapide des dommages économiques du bâti. Application sur Vitry-sur-Seine ». *Journées pour la Prévention des Risques Naturels / Systèmes d'Information sur les Risques Naturels (JPRN-SIRNAT). Session " Risques Naturels et Modélisations "*. Orléans, France, janvier 2003.
- CHIROLLET J-C., 2000. « Modélisation cartographique de la fractalité ». *Terre Fractale*, carte numérisée, traitement numérique d'image, collage numérique. 2p.
- CLARAMUNT C. et JIANG B., 2000. « A Representation of Relationships in Temporal Spaces ». *Innovations in GISVII: Geocomputation*, (Eds.) Atkinson P., Martin D., Taylor and Francis, London, pp 41–53.
- CLARAMUNT C. et PARENT C., 2002. « Modelling Concepts for the Representation of Evolution Constraints ». *Proceedings of the International Workshop on Emerging Technologies for Geo-Based Applications*, May 22-25, Ascona, Switzerland (selected for a special issue of *Computers Environment and Urban Systems*, pp. 169-184.
- CLARAMUNT C. et THERIAULT M., 1995. « Managing Time in GIS: An Event-Oriented Approach ». *Recent Advances in Temporal Databases*, Springer-Verlag, pp. 23-42.
- CLARAMUNT C., PARENT C., et THERIAULT M., 1997. « Design Patterns for Spatiotemporal Processes ». *Searching for Semantics: Data Mining, Reverse Engineering*, (Eds.) Spaccapietra S. and Maryanski F. pp. 415-428.

- CLAVAL P., 1969. « La cartographie thématique comme méthode de recherche ». *Cahiers de géographie de Besançon*, n°18-19.
- COEUR D. et LANG M., 1998. « L'information historique des inondations : l'histoire ne donne-t-elle que des leçons ? » Colloque d'hydrotechnique. *La gestion des risques liés aux inondations rapides et lentes*, n° 161, Paris, pp. 15-22.
- COEUR D., LANG M. et FACY J., 2003. « Un outil pour le développement de la mémoire des inondations : le projet de borne d'information sur les crues historiques (BICH) sur la Saône à Lyon ». *Ingénieries-EAT n°spécial Risques naturels et aménagement du territoire*, Cemagref, pp. 33-36.
- COEUR D., LANG M., NAULET R., BURNET R. et STRAZZERI D., 1998. « Histoire et connaissance des phénomènes naturels extrêmes ». *Ingénierie – EAT – Risques naturels*, pp. 15-26.
- COLLET L., LANDEL P.A. et PAPA F., 2006. « TIC et développement durable : du maillage à la valorisation des territoires de montagne ». *Revue de Géographie Alpine*, Tome 94, n°3, pp. 89-97
- COMBY J., 2004. « La mise en carte et risques de dérives technocratiques dans la prévention des risques ». *Risques naturels et Aménagement en Europe*, Armand Colin, pp. 79-85.
- COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN, 1997. « La prévention des risques naturels, rapport d'évaluation ». Commission interministérielle de l'évaluation des politiques publiques - La documentation Française, 702 p.
- COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN, 2002. *La décision publique face aux risques*. La documentation Française, Paris, 168 p.
- COMOE, 2001. *Retour d'expérience relatif aux risques naturels. Etude de faisabilité et de dimensionnement d'un dispositif de retour d'expérience dans un domaine des risques naturels. Etat des lieux et besoins*. Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Réf. DPPR.LIV1/00/01, Version 3, 31 août 2001, 54p. www.comoe.fr
- COMPIETA P., Di MARTINO S., BERTOLOTTI M., FERRUCCI F. et KECHADI T., 2007. « Exploratory Spatio-Temporal Data Mining and Visualization ». *Journal of Visual Languages and Computing & Computing*, n°18 (2007), pp. 255-279.
- CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES, INSPECTION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT, 2005. *Le risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne : Quelles parades techniques ?* Rapport définitif, mars 2005, 82 p.
- CONSUEGRA D., JOERIN F., VITALINI F., PROF. E. TODINI P. et Di GIAMMARCO P., 1993. « Flood Delineation and Impact Assessment with GIS ». *La cooperazione nella ricerca con i paesi in via di sviluppo e quelli dell'est Europa*, Atti del 20 Convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze, a cura di A. Aureli, Pitagora Editrice Bologna (It), <http://ruisseau.oieau.fr/inondations/esp/annexes/annexe21.htm>.
- CRETON-CASANAVE, 2002. « Analyse d'une vulnérabilité : le système d'alerte. Cas des crues rapides du Gard, septembre 2002 ». Laboratoire TERRITOIRES, équipe Risque Laboratoire, 23 p.
- CROZIER M. et FRIEDBERG E., 1977. *L'acteur et le système, les contraintes de l'action collective*. Edition du Seuil, 518p.
- CUDENNEC C., 2001, « Le bassin versant, territoire structurant les risques hydrologiques ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier gestion des risques territorialisés, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 247-260.
- CULLOT N., PARENT C., SPACCAPIETRA S. & VANGENOT C., 2003. « Des SIG aux ontologies géographiques ». *Revue Internationale de Géomatique*, 13p.

- D'ERCOLE R., 1994. « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse ». *Revue de Géographie Alpine*, t. LXXXII, n°4, pp. 87-96.
- D'ERWANN M. et SID-AHMED S., 2003. « L'analyse statistique et spatiale. Statistique, cartographie, télédétection, SIG ». Chapitre 5 *Sémiologie graphique et cartographie automatique*, Edition du temps, Nantes, 12 p.
- DAB W., 1994. « Le risque à l'hôpital. Pourquoi et comment l'évaluer ? » *Gestions Hospitalières* n°339, octobre 1994. <http://nosobase.chu-lyon.fr/recommandations/Personnel/CCLinguide%20.pdf>
- DANZART A., MOISSINAC J-C. et POTIER C., 2003. « Standards pour la cartographie animée sur Internet ». *Revue internationale de géomatique*, vol. 13, n°1, pp. 49-68.
- DAUPHINÉ A. et PÉGUY C-P, 2003. *Les théories de la complexité chez les géographes*. Anthropos (Economica), Paris, 248 p.
- DAUPHINE A. et PROVITOLLO D., 2001. « Les catastrophes et la théorie des systèmes auto-organisés critiques ». *Les risques*, Edition du temps, ouvrage collectif coordonné par Vincent Moriniaux, Nantes, pp. 23-37.
- DAUPHINÉ A., 2001. *Risques et catastrophes – Observer – Spatialiser – Comprendre – Gérer*. Armand et colin, Paris, 290p.
- DAVOINE P., MOISUC B., GENSEL J. et MARTIN H., 2006. « SIHREN : conception de systèmes d'information spatio-temporelle dédiés aux risques naturels ». *Revue Internationale de Géomatique*, ARTICLE VOL 16/3-4, pp.377-394.
- DAVOINE P-A. et LANG M., 2003. « Un système d'information pour la connaissance historique des inondations : premières spécifications dans le cadre du projet européen SPHERE ». Actes de colloque SURNAT – JPRN, Orléans 2003.
- DAVOINE P-A., 2002. « Les pouvoirs publics et les risques naturels à la lumière de l'histoire ». Table ronde, *Les pouvoirs publics face aux risques naturels dans l'histoire*. Sous la direction de Favier R., Colloque, MSH-Alpes, Grenoble, 2002.
- DAVOINE P-A., ARNAUD A., GENSEL J. et MARTIN H., 2005. « A Tool for Historical Cartography about Natural Hazards ». Colloque international "*International Consortium Cartographie*", Coroña, Espagne. 26-28 janvier, 10 p.
- DAVOINE P-A., BRUNET R., CLAVANDIER G., CHARRIER PH., FAVIER R., et MARTIN H., 2001. « Le projet SIDIRA : une approche pluridisciplinaire pour une meilleure appropriation des risques naturels via les nouvelles technologies de l'information ». Actes du colloque - SURNAT 2001, Nice, Décembre 2001, 13 p.
- DAVOINE P-A., GENSEL J. et MARTIN H., 2004a. « A Web-based multimedia framework for diffusing spatio-temporal information : Application to natural hazards ». *Geoinformatics 2004*, Proc. 12th Int. Conf. on Geoinformatics - Geospatial Information Research: Bridging the Pacific and Atlantic University of Gävle, Sweden, 7-9 June 2004.
- DAVOINE P-A., MARTIN H. et CŒUR D., 2004b. « Historical Flood Data Base Linked to a Wb-Based Interface ». Systematic, Palaeoflood and Historical Data for the Improvement of Flood Risk Estimation (SPHERE), Methodological Guidelines, pp. 95-101.
- DE DAINVILLE F., 1964. *Le langage des géographes - Termes - Signes - Couleur des cartes anciennes - 1500-1800*, Paris, éd. A. Et J. Picard et Cie, 392 p.
- DE GUISE J., 2004. « Communication du risque ». Cours de l'université de Laval, <http://www.com.ulaval.ca:16080/COM-65611/site.html>
- DEBABIEUX B. et VANIER M., 2002. *Ces territoires qui se dessinent*. L'aube Datar, bibliothèque des territoires, 270 p.

- DECROP G. et CHARLIER C., 1995. « De l'expertise scientifique au risque négocié : vers des scènes locales du risque ? » Grenoble : *Futur Antérieur*, Cemagref, 48p.
- DECROP G., 1997. « De l'expertise scientifique au risque négocié : le cas du risque en montagne ». Longjumeau : Cémagref Edition.
- DEGARDIN F., GAIDE P-A. et NOYELLE J., 2001, « Prise en compte des risques par la valorisation des zones inondables en ville ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 213-224.
- DESAUTELS J., 2001. « Rapport aux savoirs technoscientifiques et citoyenneté : un point de vue ». *Cahier du CIRADE*, vol.2, 15 p.
- DESBOS E., 1995. *Qualification de la vulnérabilité du territoire face aux inondations*. Mémoire de D.E.A. « Techniques urbaines », Institut National des Sciences Appliquées- Cemagref, Lyon. – 44 p.
- DESCONNETS J-C., LIBOUREL T. CLARC S., 2007. « Cataloguer pour diffuser les ressources environnementales ». *INFORSIDN* <http://134.214.81.35/articles/a655c1CbC7SUTxtg Y.pdf>
- DESHAIES M., 2003. « Les Alpes, un espace à risques ». *Question de géographie : les risques*, Nantes, pp. 205-221.
- DEVILLERS R. et JEANSOULIN R., 2005. *Qualité de l'information géographique*. Traité IGAT (Information Géographique et Aménagement du Territoire), Hermes, Lavoisier, Paris, 350 p.
- DEWAELE J-M. et WOURM N., 2002. « L'acquisition de la compétence sociopragmatique en langue étrangère ». in Publications Linguistiques, Revue Française de Linguistique Appliquée, 2002/2, Vol. VII, pages 139 à 153, http://www.cairn.info/article.php?ID_REVUE=RFLA&ID_NUMPUBLIE=RFLA_072&ID_ARTICLE=RFLA_072_0139
- DIBIASE D., MACEACHREN A-M., KRYGIER J. B., REEVES C., 1992. Animation and the role of map design in scientific visualisation. *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 19 (4), pp.201-214.
- DI MÉO G., 1991. *L'Homme, la Société, l'Espace*, Anthropos, Economica, Paris, 320p.
- DI MÉO G., 2000. *Géographie sociale et territoire*, Fac.Géographies, Nathan Université, Paris, 320p.
- DION E., 1997. *Invitation à la théorie de l'information*. Inédit Science, Point, 160p.
- DONZE J., 2001. « Risques technologiques et urbanisation ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 225-226.
- DOSSIER ALEAS, 2002. « Les inondations ». BD Catnat, 43p. (Partie consultable sans abonnement).
- DOUGLAS M. et WILDAVSKY A., 1984. *Risk and Culture, An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*. University of California Press, London.
- DOUKHAN G. et PIEL S., 2004. « La responsabilité vis-à-vis du rendu cartographique : spécifications de la carte et conséquences engendrées par son utilisation ». Module du DESS SIGMA, Université de Toulouse, 11p.
- DRAGICEVIC S. et MARCEAU D., 2000. « A Fuzzy Set Approach For Modelling Time In GIS ». *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 14, n. 3, pp. 225-245.

- DRANSCH D., 1999. « Theoretical Issues in Multimedia ». Chapitre de livre : *Multimedia Cartography*. (Eds) Cartwright W., Peterson M-P. et Gartner G, Springer-Verlag, Berlin, pp. 41-50.
- DROIT-VOLET S., 2001. « Les différentes facettes du temps ». *Vivre le temps*, Enfances et Psychologie, pp. 26-40.
- DUBOIS-MAURY J., 2001. « A la recherche de nouveaux outils juridiques de prévention des risques naturels prévisibles ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 149-156.
- DUBOIS-MAURY J., 2005. « Les risques naturels et technologiques et leur prévention - Enjeux pour les sociétés contemporaines ». *Les risques naturels et technologiques*, Problèmes politiques et sociaux n° 908, La Documentation Française- janvier 2005.
- DUCHENE F., 2001. « Quand le risque se heurte au territoire : la révision du Plan d'Occupation des Sols autour d'une usine chimique ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 109-126.
- DUCHENE F., MARTINAIS E. et MOREL JOURNAL C., 2003. « Le risque comme représentation : une contribution à la géographie sociale ». *Question de géographie : les risques*, Nantes, pp.88-105.
- DUFAUT P., 2006. « Du bon usage des cartes ». *La cartographie des risques naturels*. Rencontre géo-risque, 7 février 2006, laboratoire Gester, Montpellier III, p. 12-13. <http://recherche.univ-montp3.fr/gester/IMG/pdf/Resumes.pdf>
- DUHAMEL P-M., 2003. « L'élú local face aux risques technologiques majeurs ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 7-8.
- DUKACZEWSKI D., 2006. « Entities – Cartotropic Method of Selection of Static and Dynamic Variables for Temporal Cartographic Animations ». International Conference on *Cartography and GIS*, january 2006. http://www.datamap-bg.com/conference_cd/pdf/38_215_Dukaczewski_Pol.pdf
- DUMONT G-F., 2003. « Les inégalités des populations face aux risques ». *Question de géographie : Les risques*, Nantes, pp.238-256.
- DURAND H., 2003. « Mise en ligne de l'Atlas des Dossiers Communaux Synthétiques des risques majeurs sur le département de l'Aude ». *Systèmes d'Information et Risques Naturels*. Ecole des Mines de Paris, Les Presses, pp. 103-111.
- DURAND, D., 1979. *La systématique*, Que sais-je, P.U.F, 127 p.
- DURVILLE J-L., HUET P., MADIÉ de CHAMPVERMEIL P. et BADRE M., 2005. *Le risque d'éboulement des Ruines de Séchilienne : Quelles parades techniques ?* Conseil Général des Ponts et Chaussées et Inspection Générale de l'Environnement, IGE n°04 / 007, 81p. http://www.isere.pref.gouv.fr/sections/risques3689/risques_naturels/sechilienne/rapport_sur_les_ruin/view.
- ECOBICHON C., 1994. *L'information géographique*. Hermès, Paris, 104 p.
- ECOBICHON, 1994. *L'information géographique, nouvelles techniques, nouvelles pratiques*. Collection perspectives, Hermes, Paris, 122p.
- ECOLE NATIONALE D'ADMINISTRATION, 2001. « L'interministérialité au niveau local : analyse comparée du rôle des préfets et des représentants territoriaux de l'Etat en Europe – sécurité du citoyen et risques naturels ». Séminaire d'administration comparée de la promotion « Nelson Mandela » (1999 – 2001), 51 p.
- ECOLOGIE.GOUV, 2007. « Les atlas des zones inondables ». <http://www.ecologie.gouv.fr/Les-atlas-des-zones-inondables.html>.

- ELISSADE B., 2000. « Géographie, temps et changement spatial ». *L'espace géographique*, n°3-2000, Belin-Reclus, Paris, pp. 224-236.
- ENJALBERT P., 2000. « Nouvelles perspectives pour le traitement sémantique de documents ». Projet TACIT et info-Doc, <http://infodoc.unicaen.fr/Cide/2000/Conf/patrice/>, 45 diapositives.
- ENROPA, 1998. *Guide de l'information numérique*, DLM-Forum, Electronic records, Luxembourg, 60p. <http://europa.eu.int/ISPO/dlm/documents/gdlines-fr.pdf>
- EPEES, 2000a. « Événement spatial ». *Espace géographique*, n°3-2000, Belin-Reclus, Paris, pp. 193-199.
- EPEES, 2000b. « Le concept d'événement spatial ». *Espace géographique*, n°3-2000, Belin-Reclus, Paris, pp. 200-217.
- ESCOBAR F-J., 2000. « Distribution of Online Cartographic Products in Australia ». *Cybergeo*, n° 124, 07 mars 2000.
- ETCHES A., CLARAMUNT C., BARGIELA A., et KOSONEN I., 1998. « An Integrated Temporal GIS Model for Traffic Systems ». *Innovations in GIS 6*, Taylor & Francis, pp 217-228.
- ETCHEVERRY P., MARQUESUZAÀ C. et LESBEGUERIES J., 2005. « Revitalisation de documents territorialisés : principes, outils et premiers résultats ». Congrès *INFORSID*, Atelier MetSI, 11p.
- FAIZ S. OTHMAN, 1996. *Modélisation, exploitation et visualisation de l'information, qualité dans les bases de données géographiques*. Thèse en informatique, université de Paris-Sud UFR scientifique d'Orsay, 201p.
- FANTHOU T. et KAISER B., 1990. « Évaluation des risques naturels dans les Hautes-Alpes et la Savoie. Le recours aux documents d'archives et aux enquêtes ». *Bulletin de l'Association des géographes français*, n° 67, pp. 323-341.
- FARGE A., 2002. « Penser et définir l'événement en histoire. Approche des situations et des acteurs sociaux ». *Terrain « Qu'est-ce qu'un événement ? »*, n° 38, pp. 69-78, mis en ligne le 06 mars 2007, <http://terrain.revues.org/index1929.html>.
- FAUVET M-C., DUMAS M. et SCHOLL P-C., 2006. « Base de données temporelles ». *Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information*, Vuibert, Paris, pp. 577-584.
- FAVIER R. et GRANET-ABISSET A-M. (direction), 2001, « Histoire et mémoire des risques naturels ». CNRS - Maison des Sciences de l'Homme-Alpes, Grenoble, 282 p.
- FERRIER J-P., 1998. *Le contrat géographique, ou, L'habitation durable des territoires*, Antée 2. Lausanne : Payot, 247 p.
- FLEZ C., LAHOUSSE P., 2001. « Interaction entre gestion du risque torrentiel et extension urbaine dans une station touristique de montagne : l'exemple de St-Chaffrey (Serre-Chevalier), Hautes-Alpes, France ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier gestion des risques territorialisés, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 275-288.
- FONTANABONA J., JOURNOT M. et THEMINES J-F., 2002. « Production de croquis en classe de géographie et pratiques innovantes ». *L'information géographique*, Vol 66, juin 2002, pp. 167-185.
- FRANK H., 2001. *Les sens de la mitigation*. Prise de note suite à une réplique sismique à San Salvador, 7 février 2001 04h23, Catastrophes naturelles, tremblement de terre, portail éducatif francophone sur les risques naturels, http://www.prevention2000.org/cat_nat/risques/seisme/hubert/f_hubert.pdf

- FRAYSSINES M. et HANTZ D., 2006. « Failure Mechanisms and Triggering Factors in Calcareous Cliffs of the Subalpine Ranges (French Alps) ». *Engineering Geology*, 86 (4), Aug 2006, p.256-270.
- FREMONT A., 2006. « Histoire de la géographie ». Emission *La fabrique de l'histoire*, Radio France Culture, 30 janvier 2006.
- FRIHIDA A., MARCEAU D. et THERIAULT M., 2003. « Dimension temporelle et modélisation d'une animation cartographique dans un SIG orienté objet ». *Revue internationale de géomatique*, vol. 13 – n°1, pp. 94-127.
- FROCHOT D., 2003. *Document, donnée, information, connaissance, savoir*. http://www.defidoc.com/information_doc_connaissance.htm
- FUMEY, 2005. « Echelles et temporalités en géographie (Guy Baudelle et Hervé Régnault) ». Compte rendu de lecture, http://www.cafe-geo.net/article.php?id_article=517.
- FUNNEL D., 2000. « Connaissances locales, retour et action. Les problèmes d'analyse des communautés montagnardes et les développement des stratégies ». *Montagnes Méditerranéennes*, n°12, pp. 109-111
- GAILLARD J-C., 2007. « De l'origine des catastrophes : phénomènes extrêmes ou âpreté du quotidien ? » *Nature Science Société*, n°15, pp. 44-47.
- GAILLARD J-C., CLAVE E., VIBERT O., AZHARI, DEDI, DENAIN J-C., EFENDI Y., GRANCHER D., SARI D.S.R., SETIAWAN R., 2009. « Acihais, Minangkabaus et Simeulues: Trois ethnies face à la catastrophe du 26 décembre 2004 ». Lavigne F., Paris R. (eds.), *Tsunarisque: Le tsunami du 26 décembre 2004 à Aceh, Indonésie*. Publications de la Sorbonne, Paris, in press.
- GAILLARD J-C., LIAMZON C. et VILLANUEVA J., 2006. « Natural Disaster ? A Retrospect into the Causes of the Late-2004 Typhoon Disaster ». *Eastern Luzon, Philippines*.
- GARCIN P., 2003. « L'adaptation territoriale du service public de gendarmerie à l'évolution des risques : la communauté de brigades ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 27-36.
- GARITTE G., 2006. « Les limites de la cartographie du risque torrentiel : l'exemple de la Vallée de la Claret, Alpes du sud ». *La cartographie des risques naturels*. Rencontre géo-risque, 7 février 2006, laboratoire Gester, Montpellier III, p. 11. <http://recherche.univ-montp3.fr/gester/IMG/pdf/Resumes.pdf>
- GARRY G. et DECAILLOT P., 1987. « La représentation cartographique des risques naturels ». Bulletin de Liaison des Laboratoires des ponts et Chaussées, Paris, n°150-151, Juil., Aout., Sept., Oct., pp. 20-28.
- GARRY G., 2001. « Cartographie des risques naturels et gestion des territoires ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp.187-188.
- GARRY G., GAUME E. et MESCHINET de RICHEMOND N., 2004. « Cartographie et outils de gestion des risques naturels en France ». *Risques naturels et Aménagement en Europe*, Armand Colin, pp. 18-45.
- GATALSKY P., ANDRIENKO N., et ANDRIENKO G., 2004. « Interactive Analysis of Event Data Using Space-Time Cube ». *Information Visualization*, IEEE, pp. 145–152.
- GAUTHERON A. et PIGNOL C., 2003. « Utilisation de la cartographie des zones inondables en Loire moyenne pour l'aide à la décision en cas de crise ». *Systèmes d'Information et Risques Naturels*. Ecole des Mines de Paris, Les Presses, pp.55-67.

- GENDREAU N. et OBERLIN G., 1998. « Modélisation de synthèse des crues : modèles hydrologiques en débit-durée-fréquence et modèles hydrauliques ». *Ingénieries n° spécial « risque naturels »*, Cemagref, pp. 79-85.
- GILARD O., 1998. *Les bases techniques de la méthode inondabilité*. Edition Cemagref, Paris, 134 p.
- GILBERT C., 2004. « Risque, crise et science politique : l'évitement de la question du pouvoir ? » Colloque du 40^{ème} anniversaire du Cerat. *Les sciences de l'action publique, genèses, pratiques, usages*. 28-30 septembre, IEP de Grenoble, 10p.
- GILBERT C., 2005. « L'expertise et le politique : comment échapper au face à face ? ». Table ronde, *Cahiers du GIS Risque Collectif et Situations de Crise*, n°4, MSH Alpes, 10 p.
- GILBERT C., 2006. « La vulnérabilité, une idée à creuser ». *Catastrophe Humaine*. Pour la science, dossier n°51, pp. 116-120.
- GIRAULT J-M. et NICOURT C., 2001. « Production agricole et qualité des eaux. Quelle gestion collective du risque dans un espace de grande culture à proximité de l'agglomération capitale ? ». *Risque et territoire*, colloque international, *Atelier gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 81-96.
- GIVONE P., 1998. « Risque naturels et transcriptions cartographiques », *Ingénieries – EAT Risques naturels*, pp. Cemagref, 87-96.
- GLADE T., 2003. « Vulnerability Assessment in Landslide Risk Analysis ». *Die ERDE Contributions to Geography of Hazard*. Summery, Helf 2, Berlin, 2p.
- GLATRON S., 2003. « Culture des risques ». *Question de géographie : Les risques*, Nantes, pp.71-87.
- GLEYZE J.-F., 2002. « Réseaux, Territoires et Accessibilité ». Synthèse bibliographique, rapport interne au laboratoire COGIT, version 2, 136 pages.
- GLOSSAIRE ERUDIUM. <http://www.erudium.polymtl.ca/html-fra/glossaire.php>
- GOMINET S., 2000. « Les apports du Web pour l'information de la population en matière de risques naturels : le cas de Veurey-Voroize ». Actes de colloques *SIRNAT*, Grenoble, 28 septembre 2000, 6p.
- GONZALEZ M., CHAVEZ J., SUSAGNA T., GOULA X. et ROCA A., 2000. « Simulación de escenarios de daños: aplicación al terremoto del Ripollès (Girona) de 1428 ». Colloque international "*International Consortium Cartographie*", 2p.
- GOULD P. et BAILLY A., 1995. *Le pouvoir des cartes. Brian Harley et la cartographie*. Anthropos, Paris, 120 p.
- GRADAZZI G. et LEMARCHAND F., 1998. « Risque et société ». Compte rendu de colloque, 18,19 et 20 octobre 1998, cité des sciences et de l'industrie, Paris.
- GRAILLOT D., LONDICHE H., DECHOMETS R. et BATTON-HUBERT M., 2001. *Analyse multicritère spatiale pour l'identification de la vulnérabilité aux inondations*. Ecole Normale Supérieure des Mines de Saint Etienne, 12 p.
- GRANET-ABISSET A-M. et BRUGNOT G., 2002. *Avalanches et risques, regards croisés d'ingénieurs et d'historiens*. MSH Alpes, Grenoble, 180 p.
- GRANET-ABISSET A-M., 2001, « La connaissance des risques naturels: quand les sciences redécouvrent l'histoire ». *Histoire et mémoire des risques naturels*, MSH-Alpes, Grenoble CNRS, dir. Favier R.
- GRASLAND C., MARTIN H., VINCENT J-M., GENSEL J., MATHIAN H., OULAHAL S., CUENOT O., EDI E. et LIZZI L., 2005. « Le projet Hypercarte : analyse spatiale et cartographie interactive ». Actes de colloque *SAGEO* 2005, 13p.

- GRELOT F., GUILLAUME B., ACHARD V. et GENDREAU N., 2003. « Participation du public à la gestion préventive des inondations : utilisation d'une échelle de crue pour l'estimation des consentements à payer ». *Ingénieries n°spécial Risques naturels et aménagement du territoire*, Cemagref, pp. 21-31.
- GRIETHE H. et SCHUMANN H., 2006. « The Visualization of Uncertain Data: Methods and Problems ». Proceedings of *Simulation and Visualization*, Magdeburg, Germany.
- GRIFFIN A-L., MACEACHREN A-M., HARDISTY F., STEINER E., et LI B., 2004. « A Comparison of Animated Maps with Static Small-Multiple Maps for Visually Identifying Space-Time Clusters ». *Annals of the Association of American Geographers*, n° 96-4, pp. 740-753.
- GRISELIN M. et NAGELEISEN S., 2003. « "Quantifier" le paysage au long d'un territoire à partir d'un échantillonnage photographique au sol ». *Cybergeo : Revue européenne de géographie*, n° 253, 12 p.
- GUARNIERI F., RIGAUD E., NAPOLI A., NUSSBAUM R. et ROBERT F., 2003. « Apport des systèmes d'information dans la gestion des risques naturels par les sociétés et mutuelles d'assurances ». *Systèmes d'Information et Risques Naturels*, Ecole des Mines de Paris, Les Presses, pp. 113-125.
- GUIBERT B., 2003. « Information et concertation locale ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003, n°9, pp. 37-44.
- GUMUCHIAN H. et PECQUEUR B., 2007. *La ressource territoriale*, Economica, Anthropos, Paris, 250p.
- GUMUCHIAN H., 2000. « La montagne : un des hauts lieux de connaissance ». *Montagnes Méditerranéennes*, n°12, pp. 109-111
- GUMUCHIAN H., 2003. « Entre forme et sens : le territoire comme objet géographique soumis à l'observation ». Actes des *entretiens du Pradel*, septembre 2002, ed. Académie de l'agriculture, Paris. 8 p.
- GUMUCHIAN H., GRASSET E., R. et ROUX E., 2003. *Les acteurs, ces oubliés du territoire*, Paris : Anthropos, 186 p.
- GUMUCHIAN H., MAROIS, C. et FEVRE, V., coll. 2000. *Initiation à la recherche en géographie. Aménagement, développement territorial, environnement*, Paris, Montréal : Economica, Presses de l'Université de Montréal, 425 p.
- HAJJI H., 2005. *Gestion des risques naturels : une approche fondée sur l'intégration des données*. Thèse : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, <http://docinsa.insa-lyon.fr/these/pont.php?id=hajji>
- HAMPARIAN Robert, 1999, « L'ouragan Hugo sur la Guadeloupe : les enseignements d'une cartographie des effets locaux ». *Les Antilles, terres à risques*, Géode Caraïbe, terres d'Amérique/2, Karthala, pp.19- 39.
- HARDISTY F., MACEACHREN A. et TAKATSUKA M., 2001. « Cartographic Animation in Three Dimensions: Experimenting with the Scene Graph ». 20ème International Cartographic Conference, Beijing, China, August 6-10, 2001.
- HARROWER M., 2007. « The Cognitive Limits of Animated Maps ». *Cartographica*, University of Toronto Press, Vol. 42; n° 4, pp. 349-358
- HEWITT K. 1983. « The Idea of Calamity in a Technocratic Age ». *Interpretation of Calamities*, (ed.) Hewitt K., The risks and hazards series #1, Allen & Unwin Inc., Boston, pp. 3-32.
- HOWARD T. ODUM., 1983. « Systems Ecology : An Introduction ». John Wiley & Sons, New York, USA.

- HUBERT G. et LEDOUX B., 1999. « Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations ». Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- IMBERNON J., 2002. « Cartographie participative à très haute résolution ». *Revue internationale de géomatique*. Volume 12, n°1/2002, pp. 115-128.
- INRIA, 1999a. « Manuel Utilisateur du Noyau AROM ». *Projet Sherpa*, INRIA Rhône-Alpes. 23p. <http://www.inrialpes.fr/sherpa/pub/arom/docManuals.html>
- INRIA, 1999b. « UML / AROM Mapping User Guide ». *Projet Sherpa*, INRIA Rhône-Alpes. 17p. <http://www.inrialpes.fr/sherpa/pub/arom/docManuals.html> et Diagramme de cas d'utilisation : <http://laurent-audibert.developez.com/Cours-UML/html/Cours-UML008.html>
- ITTEN J., 1967. *Art de la couleur*, Edition originale en 1961 : *Kunst Der Farbe*, Traduction en français en 1967, puis 2001. Ed. Dessain et Tolra, 155 p.
- JAPPIOT M. et DE LAMPIN C., 2001. « Interfaces habitat / forêt et risque d'incendie ». Cemagref, Aix en Provence, 4p.
- JEGOU L., 2007. « La troisième dimension en cartographie statistique, des cartes en prismes imprimées aux modèles 3D interactifs ». *Les dossiers de Mappemonde* « cartographie animée », n° 86 (2-2007), 10 p.
- JENSEN C. S., CLIFFORD J., ELMASRI R., GADIA S. K., HAYES P. et JAJODIA S., 1994 (Eds.). « A Glossary of Temporal Database Concepts ». *ACM SIGMOD Record*, March 1994, n°23(1), pp. 52-64.
- JOERIN F., NEMBRINI A., REY M-C. et DESTHIEUX G., 2001. « Information et participation pour l'aménagement du territoire. Potentiels des instruments d'aide à la décision ». *Revue internationale de géomatique*, volume 11 – n° 3-4/2001, pages 309 à 332.
- JOLIVEAU T. et AMZERT M., 2002. « Les territoires de la participation, problème local, question universelle ? » *Géocarrefour*. Vol.76.3/01, pp. 171-174.
- JOLIVEAU T., 1996. « Les systèmes d'information géographique pour gérer les territoires et l'environnement ». *Revue de Géographie de Lyon*, n° 71(2/96), pp. 101-110.
- JOLIVEAU T., 2003. « La conception consultative d'un SIG participatif ». *Géomètre*, le mensuel des géomètres experts français, mars 2003, n° 3, pp. 44-45.
- JOLIVEAU, T., CARLOT Y., COLLICARD J.-P. et GENEVOIX S., 2001. « Un SIG pour l'enseignement de la géographie au lycée ». Actes de la conférence française d'ESRI. SIG 2001, Communication sur invitation, Paris, 9p.
- JOLIVEAU, T., DUPUIS B. et RUELLAND D., 2001. « Outils informatiques pour l'analyse de documents dans l'enseignement de la géographie ». *Géomatique Expert*, n°13, avril/mai 2001, pp. 38-42.
- JOLY F., 1994. *La cartographie*. Que sais-je ?, Presse Universitaire de France, Paris, 130 p.
- JOSSELIN D. et FABRIKANT S., 2003. « La « cartactive », cartographie en mouvement : un nouveau domaine de recherche pluridisciplinaire ou un plan de la géomatique ? » Editorial de la *Revue internationale de géomatique*, vol. 13 – n°1, pp 7-9.
- JOSSELIN D., 2003. « L'analyse de la discontinuité spatiale avec le Distogramme. Contexte théorique, présentation, évaluation ». *Revue internationale de géomatique*, vol. 13 – n°1, pp 29 – 48.
- KATES R-W., 1970. «Natural Hazard in Human Ecological Perspective : Hypotheses and Models». *Natural Hazard Research working Papers. Department of Geography of Toronto*, vol. 14, 27 p.

- KLEIN O., 2007. Modélisation et représentations spatio-temporelles des déplacements quotidiens urbains. Thèse de doctorat en Géographie. Dir. Kleinschlager, 250 p.
- KÖBBEN B. et YAMAN M., 1995. « Evaluating Dynamic Visual Variables ». International Cartographic Association, Escuela Universitaria de Ingeniera Tecnica Topografica, Madrid, Spain, August 30 - September 1, 1995, 7p.
- KOUSSOULAKOU A. 1999. « Geographical Reference in Multimedia Cartography ». Chapitre de livre : *Multimedia Cartography*. (Eds) Cartwright W., Peterson M-P. et Gartner G, Springer-Verlag, Berlin, pp. 281-290
- KRAAK M.-J. 2003. « The space-time-cube revisited from a geovisualization perspective ». Proceedings of the 21st *International Cartographic Conference (ICC) "Cartographic Renaissance"*, Durban, South Africa, 1988-1996.
- KRAAK M.-J. et KLOMP A., 1995. « A Classification of Cartographic Animations: Towards a Tool for the Design of Dynamic Maps in a GIS Environment ». International Cartographic Association, Escuela Universitaria de Ingeniera Tecnica Topografica, Madrid, Spain, August 30 - September 1, 1995, 6p.
- KRAAK M.-J., 2001. « Web Cartography: Developments and Prospects ». Résumé du livre : <http://www.kartografie.nl/webcartography/webbook/contents/contents.htm>.
- KRAAK M.-J., 2003. « Geovisualization Illustrated ». *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 57, n° 5-6, pp. 390-399.
- KRAAK M.-J., 2007. « Geovisualization and Visual Analytics ». Vol. 42, Number 2 / Summer 2007, University of Toronto Press, 2p.
- KRAAK M.-J., EDSALL R. et MACEACHREN A.-M., 1997. « Cartographic Animation and Legends for Temporal Maps: Exploration and or Interaction ». Proceedings of the 18th *International Cartographic Conference*, Stockholm, Sweden, pp. 253-260. http://www.geovista.psu.edu/publications/MacEachren/Kraak_etal_97.PDF
- KRYGIER J., 1999. « Cartographic Multimedia and Praxis in Human Geography and the Social Sciences ». Chapitre de livre : *Multimedia Cartography*. (Eds) Cartwright W., Peterson M-P. et Gartner G, Springer-Verlag, Berlin, pp. 245-256.
- L'HOSTIS A., 2003. « De l'espace contracté à l'espace chiffonné. Apports de l'animation à la cartographie en relief des distances-temps modifiées par les réseaux de transport rapides ». *Revue internationale de géomatique*, vol. 13, n°1, pp. 69- 80.
- LACORD, 1848. In ATILF : <http://www.atilf.fr/>
- LAGANIER R. et SCARWELL H.-J., 2001. « De l'eau ressource à l'eau territoire : articulation et processus de recomposition dans la gestion du risque inondation ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 67-80.
- LAGANIER R. et SCARWELL H.-J., 2003. « Risques hydrologiques et territoire ». *Les risques*, Edition du temps, ouvrage collectif coordonné par Vincent Moriniaux, Nantes, pp. 106-137.
- LAHOUSSE P., 1997. « L'apport de l'enquête historique dans l'évaluation des risques morphodynamiques : l'exemple de la vallée de la Guisane (Hautes-Alpes, France) ». *Revue de Géographie Alpine*, n°1, tome 85, pp. 53-60.
- LAJARGE R., 2000. *Territorialités intentionnelles : des projets à la création des Parcs naturels régionaux (Chartreuse et Monts d'Ardèche)*. Thèse de doctorat en Géographie, Grenoble 1, 662 p.
- LANDEL .P.-A., PAPA F. et PECQUEUR, B., 2005. « Tourismes et technologies de l'information et de la communication : vers un ré-agencement significatif des ressources culturelles territoriales ». *Montagnes Méditerranéennes*, n° 22, pp. 23-31.

- LANDEL P.A. et PECQUEUR B., 2004. « La culture comme ressource spécifique ». XL^{ème} Colloque de l'ASRDLF Bruxelles, 1-3 Septembre 2004, www.ulb.ac.be/soco/asrdlf/, 16p.
- LANG M., CŒUR D., BROCHOT S. et NAUDET R., 2003. *Information historique et ingénierie des risques naturels. L'Isère et le torrent du Manival*. Etudes : gestion des milieux aquatiques, n°18, Cemagref édition, 180 p.
- LAVIGNE F. et THOURET J-C., 1994. « Proposition d'une méthode d'évaluation et cartographie des risques liés aux lahars sur le volcan Merapi (Java, Indonésie) ». *Revue de géographie alpine* n°4, tome LXXXII, pp. 151-166.
- LAWRENCE R., 2003. *La régulation au niveau des sociétés humaines*. Cours du Centre universitaire d'écologie humaine et des sciences de l'environnement. <http://ecolu-info.unige.ch>, 5 p.
- LE BARS Y., 2003. « Le principe de précaution dans la gestion des déchets radioactifs ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 51-56.
- LEGER S., 2006, *Monte Carlo pour les nuls*, 15p. <http://homepages.nyu.edu/~sl1544/MonteCarloNuls.pdf>
- LEONE F. et LESALES T., 1999. « Un aperçu de l'impact des mouvements de terrain en Martinique, en France et dans le monde ». *Les Antilles, terres à risques*, Géode Caraïbe, terres d'Amérique/2, Karthala, pp. 97-113.
- LEONE F., 1996. *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain*. Thèse de doctorat, BRGM – Marseille, Laboratoire de la Montagne Alpine (LAMA), Université Joseph Fourier – Grenoble. 274 p.
- LEONE F., 2001. « Les menaces naturelles en Martinique : Implications territoriales et socio-économiques ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 127-148.
- LEONE, F., ASTE, J-P. et LEROI, E., 1996. « L'évaluation de la vulnérabilité aux mouvements de terrains : pour une meilleure quantification du risque ». *Revue de Géographie Alpine*, n°1, t. 83, 35-46 pp.
- LES DOSSIERS DE L'INGENIERIE EDUCATIVE, 2003. *Cartes et SIG*. Les dossiers de l'ingénierie éducative. n° 44, octobre 2003.
- LESAGE N., 2004. « Panorama sur les Métadonnées relatives à l'information géographique ». *Aleliers du CNES*. Contribution de la Cellule de Normalisation de l'IGN. Toulouse, 24 novembre 2004. 12 diapositives. http://vds.cnes.fr/manifestations/metadonnees_2004/01_IGN1.pdf
- LEVY J. et LUSSAULT M., 2003. Dictionnaire de la géographie, et de l'espace des sociétés. Belin, Paris, 1030p.
- LEVY J., 2002. *Un tournant cartographique. Ces territoires qui se dessinent*. Bibliothèque des Territoires, L'aube DATAR, pp.129-146.
- LEVY J., 2006. « A pied, vite ». *EspacesTemps.net*, Mensuelles, 03.02.2006, <http://www.espacestemp.net/document1826.html>
- LIBOUREL, 2006.
- LIEBAULT F., CLEMENT P., PIEGAY H. et ZAHND E., 2001. « La gestion des zones d'érosion en montagne : gestion du risque ou gestion de l'environnement ? Le cas des massifs du Diois et des Baronnies, Préalpes du Sud, France ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 261-276.

- LIEVOIS J., 2001. « Scène de risque ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 159-172.
- LOLIVE J., 2001. « Comment traiter la question environnementale : politique d'impact ou cosmopolitique ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 49-64.
- LONGUÉPÉE J., 2003. « Analyse économique des aménités, une application au domaine des risques naturels ». Actes du séminaire interdisciplinaire sur le développement durable, décembre 2003, Lille. 22p.
- LUSSAULT M., 1999. « Action(s) ! ». *Logiques de l'espace, esprit des lieux*, Levy J., Lussault M., Géographies à Cerisy, Paris, Belin, pp. 11-36.
- LUTOFF C. et RUIN I., 2007. « Risk to Life : Gard River Case Study », Rapport final, FLOODsite Project, T10-07-11.
- LUTOFF C., 2000. *Le système urbain niçois face à un séisme. Analyse des enjeux et des fonctionnements potentiels*. Thèse de doctorat, dir : Meyzenc C., Université de Chambéry, 400p.
- MABY J., 2003. « Proposition liminaires pour éclairer le concept d'objet géographique ». *Objets et indicateurs géographiques*, Actes Avignon, UMR Espace, Université Avignon – CNRS, pp.7-13.
- MACDONOUGH A-M., 1963. *Information Economics and Management Systems*. McGraw-Hill Education.
- MACEACHREN A. et KRAAK M-J., 2001. « Research Challenges in Geovisualization ». Forthcoming in *Cartography and Information Science*, Vol. 28, n°1, 11p.
- MACEACHREN A. M., 2000. « Cartography and GIS: Facilitating Collaboration ». *Progress in Human Geography*, n° 24(3), pp. 445-456. <http://www.geovista.psu.edu/publications/amm/ammP99.pdf>.
- MACEACHREN A.M., ROBINSON A., HOPPER S., GARDNER S. et MURRAY R., 2005. « Visualizing Geospatial Information Uncertainty: What we Know and What we Need to Know ». *Cartography and Geographic Information Science*, n° 32(3), pp. 139-160.
- MACEACHREN, A. M. 1995. *How Maps Work: Representation, Visualization and Design*: Guilford Press.
- MACEACHREN A-M., 1994, Time as a cartographic variable. *Visualization in Geographic Information Systems*, Unwin D.J. Hearnshaw H.M. (Eds.), Wiley, pp.115-130.
- MALET P. et LIONS P., 2003. « Le Système d'information géographique du bassin des risques majeurs de l'estuaire de la seine : SIGRIMAS ». *Systèmes d'Information et Risques Naturels*. Ecole des Mines de Paris, Les Presses, pp.69-101..
- MANCEBO F., 2003. *Question d'environnement pour l'aménagement et l'urbanisme*. Edition du temps, Nantes, 285 p.
- MANCHE Y., 1997. « Propositions pour la prise en compte de la vulnérabilité dans la cartographie des risques naturels prévisibles ». *Revue de Géographie Alpine*, n°2, t. 85, p. 49-62.
- MANCHE Y., 1999. « Analyse spatiale pour la prise en compte de la vulnérabilité dans l'étude des risques naturels ». Actes de colloques. Les quatrièmes rencontres de *Théo-Quant*, Besançon, 11-12 février 1999, 8 p.
- MANCHE Y., 2000. *Analyse spatiale et mise en place de systèmes d'information pour l'évaluation de la vulnérabilité des territoires de montagne face aux risques naturels*. Thèse de géographes, Grenoble 1, Dir. Dumolard P., 175 p.

- MANGEAS M., LARGOUET C., TOURAIVANE F. et LILLE D., 2005. « Le système EAUNET. Un Système d'information intégrant une modélisation dynamique des risques de pollution pour l'aide à la gestion de l'eau ». *Revue Internationale de Géomatique*, n°10, pp. 11-34.
- MARCHISIO A., 2005. « Prévention des risques majeurs, quels moyens pour informer ? ». Mémoire de Master Recherche Sciences du Territoire, Université Joseph Fourier, IRMA, Grenoble, 57p.
- MARNEZY A., 2001. « Une commune et son torrent : Sollières-Sardières, Savoie, France ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 227-228.
- MARTIN P., 1998. « Ces risques que l'on dit naturels ». Aix-en-Provence, Edisud, 250 p.
- MARTIN P., 2003. « Construire une recherche géographique, recherche d'une méthodologie ». *Objets et indicateurs géographiques*, Actes Avignon, UMR Espace, Université Avignon – CNRS, pp. 45-88.
- MEDD (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable), 2005. « Elément pour l'élaboration des plans de prévention du risque inondation. La mitigation en zone inondable. Réduire la vulnérabilité des biens existants ». Document d'étape. Risques naturels majeurs, Paris, 21p.
- MEDD (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable), 2006. « Les plans de prévention des risques technologiques, Guide méthodologique PPRT ». Prim.net, http://www.prim.net/professionnel/procedures_regl/r2_pprt.html, 136p.
- MERIAUX P., WOLFF M. et FOLTON C., 2003. « Recensement national des digues de protection contre les inondations. État d'avancement de l'opération, premiers résultats et perspectives ». *Ingénieries-EAT, n° spécial Risques*, Cemagref, pp. 103-126.
- MESCHINET de RICHEMOND N., 2001. « Expertise et indemnisation des inondations catastrophiques roussillonaises du XVIII^{ème} au XX^{ème} siècle ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 231-246.
- MESCHINET de RICHEMOND N., 2003. « Statut et perception des catastrophes passées ; vers une histoire des risques naturels ». *Question de géographie : Les risques*, Nantes, Edition du temps, ouvrage collectif coordonné par Vincent Moriniaux, pp.138-156.
- MIEGE B., 2004. *L'information – communication, objet de connaissance*. Collection Médias-Recherche, Bruxelles, 248 p.
- MIGNOTTE A., 2002. *Vers une gestion concertée et participative des réseaux de sentiers et des espaces naturels protégés*, thèse de doctorat en géographie, dir. Gumuchian H., Grenoble 1, 400p.
- MILLER D. et MORRICE J., 1996. « Assessing Uncertainty In Catchment Boundary Delimitation » : http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/miller_paper1.html.
- MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT, 1998. Description des modalités de répartition des types de risques dans l'espace (risque réseau, risque territorialisé et risque diffus), p. 31.
- MOISUC B., 2007. « Conception et mise en œuvre de systèmes d'informations spatio-temporels adaptatifs : le framework ACTIS ». Thèse de doctorat UJF, sous la direction d'Hervé Martin, 192 p.
- MOISUC B., DAVOINE P-A., GENCEL J. et MARTIN H., 2005. « GenGHIS. Un outil de modélisation spatio-temporelle pour le suivi historique des risques naturels ». *Revue Internationale de Géomatique*, n°10, pp. 35-58.

- MOISUC B., GENSEL J. et MARTIN H., 2001. « Représentation de connaissances par objets pour les SIG à représentations multiples ». CASSINI : www-lsr.imag.fr/Les.Personnes/Bogdan.Moisuc/files/MoisucCassini.doc
- MOLINARO F., 2004. *Document, information*. http://www.defidoc.com/information_doc_connaissance.htm
- MOMAL P., 2003. « Comment le public peut-il participer à la gestion du risque industriel ? ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 45-50.
- MONACHESI A., 2001. « Un territoire pertinent pour la gestion de l'eau. Les risques d'inondation et de sécheresse dans un bassin versant andoréique argentin ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 31-48.
- MOREL V., DEBOUDT P., HERBERT V., LONGUEPEE J. et MEUR-FEREC C., 2004. « L'ambivalence de l'eau, vecteur d'aménités et de risques, sur les territoires côtiers ». Actes de la journée d'études, *Les territoires de l'eau*, Université d'Artois, Arras, 26 mars 2004, pp.142-155.
- MORINIAUX V., 2003. « L'ère du risque ». *Les risques*, Editions du temps, Nantes, pp. 5-8.
- MORINIAUX V., 2003. *Questions de géographie : les risques*. Ouvrage collectif coordonné par Vincent Moriniaux. Editions du Temps. Nantes, 255p.
- MOUREN R., 2004. « Durée de vie du document : réalité et rêve de Gutenberg à nos jours ». Bibliothèque Méjanes (Aix-en-Provence) - Centre de recherches en histoire du livre, Enssib (Villeurbanne). 21p. <http://www.ebsi.umontreal.ca/rech/ebsi-enssib/pdf/mouren.pdf>
- MRN (Mission Risque Naturels), 2007. « Un géoportail Intranet pour la MRN ». *La Lettre d'information de la Mission Risque Naturels*, n°11, 1 p.
- NAPOLEONE C., JAPPIOT M., DUMAS E. et TATONI T., 2003. « Incendie et structure spatiale d'un territoire : connaître le lien entre la dynamique anthropique et naturelle pour favoriser une régulation du risque à moyen terme ». *Ingénieries n° spécial Risques naturels et aménagement du territoire (CEMAGREF)*, pp. 37-52.
- NAPOLI A. 2003. « Formalisation des connaissances et contribution du langage de modélisation UML : Application à l'aide à la modélisation du comportement des incendies de forêt ». *Systèmes d'Information et Risques Naturels*. Ecole des Mines de Paris, Les Presses, pp.1-21.
- NAUB T. et REUDENBACK C., 2003. « Developing an Absolute Natural Disaster Risk Index (ANDRI) on the Basis of Economic and Geophysical Data ». *Die Erde*, n°134 (2), pp. 195-209.
- NAZARENKO A. et HAMON T., 2002. « Sémantique interprétative intertextuelle : assistance informatique anthropocentrée à la compréhension des textes ». *Traitement automatique des langues*, Vol. 43, n°1/2002, 14 p.
- NOËL G. et SERVIGNE S., 2005. « Indexation multidimensionnelle de bases de données capteur temps-réel et spatio-temporelles ». *Ingénierie des Systèmes d'Information* n°10(4), pp. 59-88.
- NORTON J. P., BROWN J. D. et MYSIAK J., 2003. « To what Extent, and how, Might Uncertainty be Defined? Comments Engendered by "Defining uncertainty: a Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support" ». *IAJ - The Integrated*, (Eds) Walker et al., *Integrated Assessment* n°4: 1, 2003. *Assessment Journal*, n° 6 (1), pp.83-88.
- NOVEMBER V., 2002. *Les territoires du risque*. Berne : Peter Lang, 340p.
- NOVEMBER V., 2003. « Dé-figurer le territoire, ou comment représenter ce qui lie, délie et relie les relations hétérogènes de l'objet « risque » avec le territoire ... sans

- « défigurer » ce dernier ». Département de géographie, Université de Genève, pp. 43-51.
- NOVEMBER V., 2003. « La gestion des risques en Suisse ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 73-80.
- NOVEMBER V., 2007. Le risque comme objet de réflexion géographique. 8p.
- NOVEMBER V., PENELAS M. et VIOT P., 2008. « "L'effet Lully" : un territoire à l'épreuve d'une inondation ». *L'eau, un bien commun à composer : Cosmopolitiques* n°17, pp. 89-106.
- NWS, 2003. « Flood Damage in the United States, 1926-2003. A Reanalysis of National Weather Service Estimates », <http://www.flooddamagedata.org/introduction.html#top>.
- OBERLIN G., GAUTIER J.N., CHASTAN B., FARISSIER P. et GIVONE P., 1993. « Une méthode globale pour la gestion rationnelle des zones inondables : le programme « inondabilité » du cemagref ». *Sécheresse*, n°3, vol.4, pp. 171-176.
- OUYED M. et HATZFIELD D., 1981. « Etude de microsismicité en Algérie du Nord ». Actes des journées scientifiques sur le séisme d'EL Asnam du 10/10/1980, Organismes national de la Recherche Scientifique, Alger, 15-16 juin 1981 pp. 125-145
- OZOUF-MARIGNIER M. et VERDIER N., 2000. « L'événement: un objet historique à emprunter ». *Espace géographique*, n°3-2000, Belin-Reclus, Paris, pp. 218-223.
- PAGE M., GENSEL J., CAPPONI C., BRULEY C., GENOUD P., ZIEBELIN D., BARDOU D., DUPIERRIS P., 2001. « A New Approach to Object-Based Knowledge Representation: the AROM System ». *Lecture Notes in Artificial Intelligence*.
- PAILLARD J., 1971. « Les déterminants moteurs de l'organisation de l'espace ». *Cahiers de Psychologie*, N° 14 - 4, pp. 261-316.
- PALSKY, G., 1996. *Des chiffres et des cartes. La cartographie quantitative au 19ème siècle*. Mémoire de la section de géographie physique et humaine, Paris, 331 p.
- PANIZZA M., CORSINI A., MARCHETTI M., PASUTO A., SILVANO S. et SOLDATI M., 2004. « Cartographie du risque de mouvement de terrain au Tyrol du Sud ». *Risques naturels et Aménagement en Europe*, Armand Colin, pp. 131-142.
- PAQUE D., 2004. « Gestion de l'historicité et méthodes de mise à jour dans les SIG ». *Cybergeogeo*, Cartographie, Imagerie, SIG, article 278, mis en ligne le 23 juin 2004, modifié le 29 juin 2007.
- PAQUE D., 2004. « Gestion de l'historicité et méthodes de mise à jour dans les SIG ». *Cybergeogeo*, Cartographie, Imagerie, SIG, article 278, mis en ligne le 23 juin 2004, modifié le 29 juin 2007, <http://www.cybergeogeo.eu/index2500.html>.
- PAYRASTRE O., 2005. *Faisabilité et utilité du recueil de données historiques pour l'étude des crues extrêmes de petits cours d'eau. Etude du cas de quatre bassins versants affluents de l'Aude*. Thèse de doctorat en sciences et techniques de l'environnement, Ecole nationale des ponts et chaussées, 390p. http://pastel.paristech.org/1792/01/These_Olivier_PAYRASTRE.pdf
- PAYRASTRE O., GAUME E. et ANDRIEU H., 2006. « Apport du recueil de données historiques pour l'étude des crues extrêmes de petits cours d'eau. Etude du cas de quatre bassins versants affluents de l'Aude ». *Valeurs Rares et extrêmes de précipitations et de débits*, Houille blanche (Grenoble), n°6-2006, pp. 79-86.
- PEROGOIS S., 2006. « Signes et artefacts ». *EspacesTemps.net*, Textuel, 26.04.2006.
- PETERSON M-P., 1994. « Spatial Visualization through Cartographic Animation: Theory and Practice ». *Spatial Visualization through Cartographic Animation: Theory*

- and Practice*. Proceedings of Geographic Information Systems / Land Information Systems GIS/LIS (1994), pp. 619-628.
- PETERSON M-P., 1997. « Cartography and the Internet: Introduction and Research Agenda ». *Cartographic Perspectives*, n° 26, pp. 3-12.
- PETERSON M-P., 1999a. « Active legends for interactive cartographic animation ». Technical communication, *int. J. Geographical information science*, vol. 13, No. 4, pp. 375-383.
- PETERSON M-P., 1999b. « Elements of Multimedia Cartography ». Chapitre de livre : *Multimedia Cartography*. (Eds) Cartwright W., Peterson M-P. et Gartner G., Springer, Berlin, pp. 31-40.
- PETERSON M-P., 2001. « Trends in Internet Map Use ». Proceedings of the 19th *ICA Conference*, Ottawa, 1, 10 p.
- PETERSON M-P., 2003. « Maps and the Internet: An Introduction ». *Map and the internet* (Eds) Peterson M-P., International Cartographic Association, Elsevier, pp. 1-19 (partiellement disponible, pp. 1-12).
- PETTS J., HORLICK-JONES T., MURDOCK G., HARGREAVES D., MCLACHLAN S. et LOFSTEDT R., 2000. « Social Amplification of Risk : The Media and the Public ». Rapport de séminaire du 12 mai 2000, Université de Birmingham, 13 p.
- PIGEON P., 1994. « Représentation cartographique du risque et vulnérabilité liée à la pression foncière touristique (Taconaz, Les Houches et Vers-le-Nant, Chamonix) ». *Revue de Géographie Alpine*, tome 86 n°2, pp. 101-117.
- PIGEON P., 2003. « L'intérêt du risque pour l'enseignement de la géographie ». *Question de géographie : Les risques*, Edition du temps, ouvrage collectif coordonné par Vincent Moriniaux, Nantes, pp. 9-21.
- PIVOT C., 2003. « La perception des risques dans deux communes françaises : fatalisme ou lucidité ? Blaye (33) et Creys-Mepieu (38) ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 63-72.
- PLANS DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (PPR), 1997. « Guide général » - Ministère de l'environnement - Ministère de l'équipement, 78 p.
- PORNON H., 1992, *Les SIG, mise en œuvre et applications*, Hermes, Paris.158p.
- POTTIER N., 2003. « La lutte contre les inondations en France : outils et stratégies d'hier et de demain ». *Question de géographie : Les risques*, Nantes, pp.173-204.
- POULIT J., 2001. « Un grand enjeu pour l'IGN : le référentiel géographique à grande échelle ». *Salon Géo-environnement*, 15p.
- PRICK A., 2003. « La menace fantôme ». *L'Alpes, culture et patrimoine de Europe alpine*, n°18 hiver 2003 : Les grandes peurs dans la montagne.
- PRIM.NET, 2000. « Etude de la vulnérabilité d'un territoire ». Séminaire *Cartographie des risques majeurs*. Actes du séminaire du 26 octobre 2000.
- PROPECK-ZIMMERMANN E., 2003. « L'inscription des risques dans l'espace : difficultés d'appréhension et de représentation. L'exemple des risques industriels ». *Question de géographie : Les risques*, Nantes, pp.157-172.
- PROULX M.J., LARRIVEE S. et BEDARD Y., 2002. « Représentation multiple et généralisation avec UML et l'outil Perceptory, Généralisation et Représentation multiple ». Hermes, Chapitre 6, p. 113-129 : http://sirs.scg.ulaval.ca/Yvanbedard/article_nonprotege/329.pdf
- PROVITOLO D., 2001. « Modélisation et simulation du risque d'inondation en milieu urbain méditerranéen ». *V^e rencontre de Théo Quant*, Février 2001, 12p.

- PROVITOLLO D., 2002. « Risque urbain, catastrophes et villes méditerranéennes ». Thèse de doctorat en géographie, sous la direction de DAUPHINE André, Université de Nice Sophia-Antipolis, 322p.
- PROVITOLLO D., 2003. « Modélisation et simulation de catastrophe urbaine : couplage de l'aléa et de la vulnérabilité ». Actes de colloque *SIRNAT-JPRN*, Orléan, 9p.
- PUECH C., BAILLY J.S., 2003. « Risques d'inondation et modélisation hydraulique : piège de l'assimilation de paramètres issus de données spatiales ». Actes de colloque *SIRNAT-JPRN*, Orléans, 8p.
- PUMAIN D., SAINT-JULIEN T., 1997. *L'analyse spatiale (1) : Localisations dans l'espace, Cours-géographie*. Éditions Armand-Colin, Paris, 167 p. Lecture des pages Web de l'UQAM-DEGEO : <http://www.unites.uqam.ca/dgeo/GEO7511/> ; <http://murilo.decastro.free.fr/geo/modules/wordbook/entry.php?entryID=63> et <http://www.unites.uqam.ca/dgeo/GEO7511/>
- RACLOT D., 2003. *Méthodologie d'exploitation quantitative des photographies aériennes d'inondation de plaine*. Thèse en Sciences de la Terre et de l'Eau, Université de Montpellier II, 286 p.
- RACLOT D., MOREL P. et PUECH C., 2003. « Apports de la télédétection à très haute résolution spatiale à l'étude du risque d'inondation ». *Systèmes d'Information et Risques Naturels*. Ecole des Mines de Paris, Les Presses, pp.211-229.
- RAFFESTIN C., 1980. *Pour une géographie du pouvoir*. Paris : LITEC, coll. « Géographie économique et sociale », 249 p.
- RAFFESTIN C., 1980. *Pour une géographie du pouvoir*. Paris : LITEC, coll. Géographie économique et sociale, 249 p.
- RAFFESTIN C., 1986. « Écogénèse territoriale et territorialité ». *Espaces, jeux et enjeux*, Auriant F. et Brunet R. (dirs.), Paris, Fayard, pp. 173-185.
- RAMIREZ C., CAMBON D. et VIDAL J-J., 2003. « Cartographie informative des phénomènes à risque sur la chaîne des Pyrénées ». Actes de colloque *SIRNAT-JPRN* Orléans 2003, 8p.
- RAPIN F., MEUNIER M. et BOLOGNESI R., 2004. « Une nouvelle méthode d'identification des sites à haut risque d'avalanche ». *Ingénieries*, Cemagref, n°39, pp. 43-53.
- RASKIN J., 2000. *The Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems*. Publisher : Addison Wesley, <http://www.raskincenter.org/main2/img/zoomdemo.swf>
- REAUME J. « L'information et la communication ». *Pour intégrer les TIC dans l'enseignement et l'apprentissage*, Université de Laval, Chap 8, pp. 67-76. <http://www.fse.ulaval.ca>
- RECHENMANN F., 1995. Les catégories de connaissances et leur modélisation. Théoquant, 8p.
- RECHENMANN, F., 2000. « From Data to Knowledge ». *Bioinformatics*, vol. 16, n. 5, pp. 411.
- RIGAUX P., 2006. « Bases de données spatio-temporelles ». *Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information*, Vuibert, Paris, pp. 585-592.
- RIZZOLI J-L. et THEPOT R., 2006. « Prise en compte du risque inondation par les Etablissements Publics Territoriaux de Bassin ». Institution Interdépartemental des Barrages du Bassin de la Seine. <http://www.eptb.asso.fr/dyn/eptb-asso/fichiers/Dipcn.htm>.
- ROBINSON A., MORRISON J., MUEHRCKE P., KIMERLING A., GUPTILL S., 1995. *Elements of Cartography*. 6ème édition, Edition John Wiley & Sons, 674 p.

- ROCA A., GOULA X., SUSAGNA T., GONZALEZ M. et CHAVEZ J., 2000. « Earthquake Risk Assessment and Damage Scenarios Mapping : Application to Catalonia ». *Third congress on regional cartography and information systems*. Munic, 24-27 octobre 2000. 2p.
- ROGER T. PEDAUQUE, 2003. « Document : forme, signe et relation, les re-formulations du numérique ». Document de travail provisoire, département des STIC (CNRS), http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/docs/00/06/21/68/PDF/sic_00000413.pdf, 20p.
- ROHRMANN B., 2000. « A Socio-Psychological Model for Analysing Risk Communication Processes ». *The Australian Journal of Disaster and Trauma Studies*, ISSN : 1174-4707, Vol. 2000-2, 12p.
- ROLLAND-MAY C., 2000. *Evaluation des territoires : concepts, modèle, méthodes*. Paris, Hermes, 381p.
- RONTE C., 2003. *Etude et analyse critique des méthodes d'évaluation des risques naturels par l'exploitation des SIG. Application au bassin versant de l'Avançon (Aigle, Vaud, Suisse)*. Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées de cartographie et de Système d'Information Géographique, Paris 1 et IGN, 35p.
- ROUSSEL I., 2001. « La difficile territorialisation du risque liée à la pollution atmosphérique ». *Risque et territoire*, colloque international. Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 19-30.
- ROUX E., 1999. « De la gestion de l'espace à la gestion des territoires en montagnes méditerranéennes : des logiques d'acteurs différenciées ». Mémoire de thèse, 2 vol., 424 p.
- ROYET B-G., 2002. « La prise en compte du risque sismique ». *Risques Infos* n°13, Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement de l'Est - laboratoire régional de Strasbourg.
- RUAS A., 2007. « Recherche en automatisation de processus cartographiques : Deux processus clés pour la conception de cartes à la carte: la généralisation et l'amélioration des contrastes de couleurs », *Le Monde des cartes* n°191, 115 p.
- RUBISE P., 2005. « Quelques réflexions de l'Institut sur la catastrophe du 26 décembre en Asie ». Institut Européen de Cindyniques, N° 41, Mars 2005, 8p.
- RUDOLF F., 2002. « La dimension collective et individuelle du risque ». *Culture – science – technologie, revue Alliance*, n° 48-49, pp. 38-56 .
- RUIN I., 2003. *Analyse spatiale du comportement des victimes de crue rapide face à la crise. Le cas de la crue du Gard de septembre 2002*. Mémoire de DEA - Institut de géographie Alpine, Grenoble 1, 95p.
- SAILLET A., 2001. *Etude cadastrale sur la commune de Perrignier de 1732 à nos jours. Représentation cartographique d'un territoire*. Mémoire de Maîtrise d'Aménagement du Territoire, Dir. Barbero, Université Jean Moulin, Lyon III, 136p.
- SALAZAR M-I. et RUFFIE J., 2001. « Une légitimité introuvable pour la gestion de la nappe phréatique de l'Est lyonnais ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier *gestion des risques territorialisés*, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 97-108.
- SARTRE J-P., 1965. *Qu'est-ce que la littérature?* Gallimard, Folio Essais, 307p.
- SAUVAGNARGUE-LESSAGE, 2003. « L'apport des SIG au traitement des problématiques relatives aux risques naturels ». *Systèmes d'Information et Risques Naturels*. Ecole des Mines de Paris, Les Presses, pp.39-53.
- SCHEIBLING J., 1998. *Qu'est-ce que la géographie?*, collection Carré Géographie. Hachette Supérieur, Paris.
- SCHOENEICH P. et BUSSEY– HENCHOZ M-C., 1998. « La dissonance cognitive : facteur explicatif de l'accoutumance au risque ». *Revue de Géographie Alpine*, n°2, pp. 53-62.

- SCHOLL M., 2006. « Introduction – Bases de données ». *Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information*, Vuibert, Paris, pp. 473-475.
- SEGURA L., 2003. « Analyse spatiale et carte animée : construction d'un prototype d'animation des dynamiques démographiques ». *Revue internationale de géomatique*, vol.13, n°1, pp. 93-105.
- Service RTM de l'Isère, 1996. « Inventaire des mouvements rocheux, secteur de l'Y grenoblois ». Contribution du service RTM aux réflexions préparatoires à l'élaboration du schéma directeur de la région grenobloise.
- SHAW S-L. et XIN X., 2002. « A Temporal GIS for Exploring Land Use and Transportation Interactions ». 14p. <http://gis.esri.com/library/userconf/proc02/pap0179/p0179.htm>.
- SIG La Lettre, 2007. « Les assureurs ont leur Intranet sur les risques ». <http://www.sig-la-lettre.com/?647/Les-assureurs-ont-leur-Intranet-sur-les-risques>.
- SIGWALT P., 2006. « La cartographie du risque cyclonique à Taïwan ». *La cartographie des risques naturels*. Rencontre géo-risque, 7 février 2006, laboratoire Gester, Montpellier III, p. 4. <http://recherche.univ-montp3.fr/gester/IMG/pdf/Resumes.pdf>
- SKEELS M., LEE B., SMITH G., et ROBERTSON G., 2007. « Revealing Uncertainty for Information Visualization ». *Microsoft Research*, 8p. <ftp://ftp.research.microsoft.com/pub/tr/TR-2008-49.pdf>
- SLOCUM T. A., Blok C., Jiang B., Koussoulakou A., Montello D-R., Fuhrmann S., et Hedley N-R., 2001. « Cognitive and Usability Issues in Geovisualization ». *Cartograph. Geograph. Inf. Sci.*, vol. 28, pp. 61-75.
- SLOVIC P. et WEBER E. U., 2002. « Perception of Risk Posed by Extreme Events ». This paper was prepared for discussion at the conference "Risk Management strategies in an Uncertain World," Palisades, New York, April 12-13, 2002, 21p.
- SLOVIC P., 1987. « Perception of Risk ». *Science*, vol 236, pp. 236-285.
- SPACCAPIETRA S., PARENT C., and ZIMÁNYI E., 2007. « Spatio-Temporal and Multi-Representation Modeling: A Contribution to Active Conceptual Modeling ». *Active Conceptual Modeling for Learning*, LNCS. Springer.
- SPYRATOS N., 2006. « Bases de données relationnelles ». *Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information*, Vuibert, Paris, pp. 484-490.
- STORA-LAMARRE A., 2001. « Archives de la peur. Les populations à risque dans la Franche-Comté au XIXème siècle ». *Revue d'histoire du XIXème siècle*, n°2001-23, Presses Universitaires de France, 5p.
- STRAPPAZZON G., 2004. *L'information du risque en matière de risques majeurs*. Mémoire de DEA Sciences de l'Information et de la Communication option « Communication et Médias », 66 p. http://www.irma-grenoble.com/PDF/05documentation/stagiaire/memoire_strappazzon_2004.pdf
- SUI D-Z. et HOLT J-B., 2008. « Visualizing and Analysing Public-Health Data Using Value-by-Area Cartograms: Toward a New Synthetic ». *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, University of Toronto Press, Vol. 43, n°1 /2008, pp. 3-20.
- SUTER A, 1997. « Histoire sociale et événements historiques. Pour une nouvelle approche ». *Annales, Histoire, Sciences Sociales*. Vol. 52, n°3, pp. 543-567 : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/ahess_0395-2649_1997_num_52_3_279584
- TAYLOR F. 1999. « Future Directions for Multimedia Cartography ». Chapitre de livre : *Multimedia Cartography*. (Eds) Cartwright W., Peterson M-P. et Gartner G, Springer-Verlag, Berlin, pp. 315-326

- TAYLOR F., 1997. « Maps and Mapping in the Information Era ». 18th ICA Conference, Stockholm, (ed) Ottoson L., Proceedings, Vol. 1, pp. 1-10.
- TAYLOR F., 2005. *Cybercartography: Theory and Practice*, Amsterdam: Elsevier Science. (Extraits disponibles sur Internet).
- TETAKLIAN A., 2006. « La cartographie de l'aléa inondation à Sommières ». *La cartographie des risques naturels*. Rencontre géo-risque, 7 février 2006, laboratoire Gester, Montpellier III, p. 2. <http://recherche.univ-montp3.fr/gester/IMG/pdf/Resumes.pdf>
- THERIAULT, M., CLARAMUNT, C., SEGUIN, A.-M. et VILLENEUVE, P., 2002. « Temporal GIS and Statistical Modelling of Personal Lifelines ». *Advances in Spatial Data Handling*, (Eds.) Richardson D. et Van Oosterom P., Springer-Verlag, 9-12 July, Ottawa, pp. 433-450.
- THESO'RISK, 2007. Le risque et le rapport à l'incertitude. Cycle de séminaires Theso'risk, 5 séances de mars à novembre 2007, 250p. thesorisk@gmail.com.
- THIERRY P., 2003. « La cartographie de l'aléa mouvement de terrain en zone urbaine : réalisation sur le Grand Lyon et approches nouvelles ». Actes de colloque *SIRNAT-JPRN*, Orléans, 7p.
- THOMAS I., 2001. « Cartographie d'aujourd'hui et de demain : rappels et perspectives ». *Cybergéo*, n° 189, 23p.
- THOMSON J., HETZLER E., MACEACHREN A., GAHEGAN M., et PAVEL M., 2005. « A typology for Visualizing Uncertainty, » Proc. SPIE & IS&T Conf. *Electronic Imaging*, Vol. 5669: Visualization and Data Analysis 2005, pp. 146-157.
- THOURET J.-C. et D'ERCOLE R., 1996. « Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales », *Cahiers des sciences humaines*, « Croissance urbaine et risques naturels dans les pays en développement », vol 32, n°2, pp. 407-422.
- THOURET J.-C. et LEONE F., 2003. « Aléas, vulnérabilité et gestion des risques naturels ». *Les risques*, Edition du temps, ouvrage collectif coordonné par Vincent Moriniaux, Nantes, pp. 37-70.
- TOSHIAKI U. et AWADH KISHOR S., 2002. « Hazard Mapping And Vulnerability Assessment ». Regional workshop on *Total Disaster Risk Management*, 7-9 August, 10p.
- TOURRES B., 2003. « Pour une gestion intégrée du risque au niveau du préfet de région ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 9-14.
- TOUTAIN C., 2002. *Prévenir les accidents technologiques ?* Les essentiels de Milan, Toulouse, 63 p.
- TRAU J. et HURNI L., 2007. « Possibilities of Incorporation and Visualising Uncertainty in Natural Hazard Prediction Maps ». Paper International Cartographic Association (ICA)-Commission on Mountain Cartography (CMC), Session Mountain Cartography, Moscow, Russia 2007, 13p. http://www.mountaincartography.org/publications/papers/ica_cmc_sessions/5_Moscow_Session_Mountain_Cartography/moscow_loisios.pdf
- TRESOR de la LANGUE FRANÇAISE INFORMATISE, ATILF. Laboratoire ATILF : Analyse et Traitement Informatique de la Langue Française <http://atilf.atilf.fr/tlf.htm>
- TRICOT A., 2001. « Les dispositifs de traçabilité dans la gestion des risques des boues de station d'épuration : question... ». *Risque et territoire*, colloque international, Atelier gestion des risques territorialisés, 16-18 mai 2001, Vaulx-en-Velin (France), pp. 201-212.

- TRITZ C., 2003. « Les espaces touristiques représentés : proposition d'analyse ». Actes de colloque – *Théoquant 2003*, 12 p
- TURBOUT C., GAIO M. et MADELAINE J., 2002. « De la gestion à la réutilisation d'information géographique hétérogène multi-sources sur Internet ». Actes des 6^{ème} Journées Cassini 2002, 19-20 septembre 2002, pp. 369-389.
- VAISS P., 2003. « Protection des forêts contre les incendies : les leçons du Gard et des Landes ». *Territoires 2020*, DATAR, décembre 2003 n°9, pp. 57-62.
- VANGENOT C., PARENT C. et SPACCAPIETRA S., 2002. « Chapitre 5: Modélisation et manipulation de données spatiales avec multireprésentation dans le modèle MADS ». *Généralisation et représentation Multiple*, Traité Information Géographique et Aménagement du Territoire IGAT, Hermès, 2002
- VANIER M., 2005. « L'interterritorialité : des pistes pour hâter l'émancipation spatiale ». *Le territoire est mort, vive le territoire*, Antheaume et Giraut (dir), IRD, pp. 317-336.
- VICTOR JC, RAISSON V., TETART F., 2007. « Le dessous des cartes 2. Atlas d'un monde qui change ». Atlas édition, Tallandier, 207p.
- VILLANOVA-OLIVER M., 2002. « Adaptabilité dans les systèmes d'information sur le Web : modélisation et mise en œuvre de l'accès progressif ». Thèse de doctorat INPG, sous la direction d'Hervé Martin, 192 p.
- VILLEVIEILLE A., 1997 – « Les risques naturels en méditerranée : Situation et perspectives ». Economica, Paris PNU-CAR/PB 160p.
- VOLVEY A., 2005. *Echelles et temporalités*. Volvey A. (dir.), Neuilly, Atlante, 239p.
- VIDART I., 2001. « Risques naturels et environnement industriel. Opération b : synthèse sur la régulation française en vigueur concernant les risques naturels ». Rapport intermédiaire, Unité d'évaluation des risques, Direction des risques accidentels, INERIS, 71 p.
- WARE C., 2004. *Information visualisation: perception for design*. Elsevier, seconde édition, Morgan Kaufmann, 500p.
- WEGER., 1996. *Cartographie : La couleur*. Cours. ENSG-IGN, 25p.
- WHITE, 1945. « Human adjustment to floods : A geographical approach to the flood problem in the unitedstates ». Research Paper 29, Department of Geography, University of Chicago, Chicago.
- WILCHES-CHAUX G., 1993. « La vulnerabilidad global ». *Los desasters no son naturales, La red*, p.11- 44.
- WINCHESTER, S., 2003. *Krakatoa: The Day the World Exploded: August 27, 1883*. New York, Perennial, 416 p. Traduction de 2005 : « Krakatoa : 27 Août 1883, le jour où la terre explosa ».
- WISNER, B., 1993. « Disaster Vulnerability: Scale, Power, and Daily Life ». *Geojournal*, n°30-2, pp. 127-140.
- YAO X. 2003, « Research Issues in Spatio-Temporal Data Mining ». Workshop in *Geospatial Visualization and Knowledge Discovery*, University Consortium for Geographic Information Science (UCGIS), Lansdowne, Virginia, Nov. 2003, pp. 18-20.
- ZIMMERMANN E., 1994. Risque technologique majeur : conditions de production et rôle des outils cartographiques dans le processus d'identification et de gestion. Thèse de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg I, 301p.
- ZINN J-O., 2005. « Risk, Affect and Emotion », Université de Kent, <http://www.kent.ac.uk/scarr/events/finalpapers/zinn.pdf>, 12p.

Quelques sites sur la cartographie sur le Web

Cartographic Perspectives : <http://maps.unomaha.edu/NACIS/cp26/default.html>,
<http://maps.unomaha.edu/NACIS/CP26/Thoughts.pdf>

Commission on mountain Cartography : <http://www.mountaincartography.org/>

Cyber Cartography Research : <http://www.cybergeography.org/atlas/geographic.html>

DicoDuWeb, 2008. <http://www.olecorre.com/>

Encyclopédie Du Web, 2008. <http://www.webcom-agency.net/>

Enseignement : <http://www.cybergeography.com>

Geoanalytics : <http://geoanalytics.net/and/pub-conferences.html>

Georezo, forum : <http://georezo.net/>

INFOTERRE, 2008. Cartographie des mouvements de terrains : <http://infoterre.brgm.fr/>.

IRMA (Institut des Risques Majeurs), 2008. Information et cartographie des risques dans le département de l'Isère : <http://www.irma-grenoble.com/>

Journal Cartographica : <http://utpjournals.metapress.com/content/120327/>

Laboratoire de cartographie et SIG : Université du Nebraska-Omaha :
<http://maps.unomaha.edu/>

Office de la langue française (2001) : <http://www.granddictionnaire.com>

UQAM (Université du Québec à Montréal), 2006, <http://www.uqam.ca/>