Quand la géomatique rentre en classe. Usages cartographiques et nouvelle éducation géographique dans l'enseignement secondaire.

Sylvain Genevois

▶ **To cite this version:**

Sylvain Genevois. Quand la géomatique rentre en classe. Usages cartographiques et nouvelle éducation géographique dans l'enseignement secondaire.. Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 2008. Français. NNT : . tel-00349413

HAL Id: tel-00349413

https://theses.hal.science/tel-00349413v1

Submitted on 30 Dec 2008

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.

Université Jean Monnet de Saint-Etienne
Centre de REcherche en ENvironnement et Aménagement (CRENAM)
UMR 5600 Ville et environnement

Quand la géomatique rentre en classe.

Usages cartographiques et nouvelle éducation géographique dans l'enseignement secondaire

THESE de doctorat de l'Université de Saint-Etienne

Présentée et soutenue publiquement le 3 décembre 2008 par

Sylvain GENEVOIS

Membres du jury :

Georges-Louis BARON, Professeur des universités, Université Paris V, examinateur
Jean-Paul BORD, Professeur des universités, Université Montpellier III, examinateur
Christian DEPOVER, Professeur des universités, Université du Hainaut, rapporteur
Thierry JOLIVEAU, Professeur des universités, Université de Saint-Etienne, directeur
Isabelle LEFORT, Professeur des universités, Université Lyon II, examinateur
Jean-François THEMINES, Professeur des universités, Université de Caen, rapporteur

Remerciements

Mes remerciements vont tout d'abord à Thierry Joliveau, qui a accepté d'encadrer ce travail de thèse, pour ses apports scientifiques, pour son jugement avisé, pour son aide précieuse, et surtout pour le fait d'avoir considéré que la géomatique concernait aussi l'enseignement de la géographie pré-universitaire.

Merci à Jean-Paul Bord, Isabelle Lefort, Jean-François Thémines, Georges-Louis Baron et Christian Depover qui me font l'honneur de participer au jury.

Un grand merci à Yvan Carlot, sans qui je n'aurais jamais goûté au plaisir de la formation et de la recherche en géographie. Cette thèse est l'aboutissement et l'approfondissement d'un travail de recherche que nous avons commencé ensemble.

Merci à Roger Goullier, Philippe Briat, Franck Marco, Martin Trisson, Jean-Paul Collicard et Caroline Jouneau-Sion, pour leur implication dans toutes les expérimentations pédagogiques que nous avons menées depuis plusieurs années. Ils ont accepté d'ouvrir la porte de la classe…et de la géomatique ! Merci également à leurs élèves qui se sont bien volontiers prêtés à ces « expériences » pédagogiques et à l'utilisation de l'environnement SIG, dans leur établissement ou depuis leur domicile.

Merci à Yvan Calcagni et à Renaud Mayoud qui ont conçu et maintenu la plate-forme SIG, merci à l'équipe du CRENAM qui m'a aidé à élaborer les jeux de données.

Merci à mes collègues et amis de l'INRP, en particulier aux membres de l'équipe EducTice, avec lesquels j'ai pu partager des réflexions et nourrir des échanges fructueux sur l'usage éducatif des technologies numériques.

Merci à Mélanie et à Maëlle, qui ont accepté de me voir si peu disponible lors de la rédaction de ce mémoire de thèse. Merci à Chantal pour sa présence et sa mansuétude.

Epigraphes

« Nous sommes aujourd'hui dans une société qui a développé dans de multiples secteurs la communication visuelle, et la carte apparaît naturellement comme l'instrument par excellence de l'apprentissage de la géographie. »

Christian Jacob (1992). *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, Albin Michel.

« Il ne faudrait pas que, sortant peu à peu de leur fascination pour la carte, les géographes tombent dans une autre sidération, celle de l'imagerie numérique des SIG. »

Michel Lussault (2007). *L'homme spatial. La construction sociale de l'espace humain*, Seuil.

RESUME

La géomatique*, c'est-à-dire l'utilisation des technologies numériques pour acquérir, traiter, visualiser et communiquer l'information géographique, comprend de très nombreux domaines d'application dans le monde professionnel. L'usage de ces technologies (système de localisation GPS, globes virtuels sur Internet, systèmes d'information géographique…) commence à se diffuser dans la vie quotidienne et dans le domaine éducatif. Nous nous intéressons ici aux questions posées par l'introduction des outils géomatiques dans l'enseignement de la géographie. L'intégration de la géomatique ne va pas sans poser de nombreuses questions qui relèvent du champ de la géographie, de l'épistémologie, de la didactique, mais aussi de l'informatique, de la cartographie, de la psychologie cognitive, de la sociologie des usages. Elle fait rejouer de vieux débats sur la place et le rôle de la carte dans l'enseignement et l'apprentissage de la géographie, mais pose aussi la question des technologies de l'information géographique comme nouvel outil du géographe, comme manière différente de concevoir, d'enseigner et d'apprendre la géographie.

Cette recherche vise d'une part à *comprendre* les usages et les enjeux de la cartographie et des Systèmes d'Information Géographique en classe de géographie, d'autre part à *construire* et à *expérimenter* un SIG éducatif qui favorise différents modes de raisonnement géographique. L'approche s'inscrit dans la perspective de la « genèse d'usages » géomatiques dans l'enseignement secondaire. A travers des démarches d'exploration visuelle et de résolution de problème, mêlant des approches inductives et des approches hypothético-déductives, l'enjeu est de dépasser les pratiques ritualisées et naturalisées de la *carte scolaire*, afin de promouvoir une nouvelle éducation géographique.

Mots-clés : *géographie, géomatique, système d'information géographique, carte numérique, technologies de l'information et de la communication, usages, enseignement, apprentissage, raisonnement géographique, résolution de problème, géovisualisation**.

* Lorsqu'un terme de vocabulaire géomatique est employé pour la première fois dans le texte, l'astérisque permet de renvoyer le lecteur vers une définition dans le glossaire, situé en annexe (p 294).

SOMMAIRE

RESUME **5**

SOMMAIRE **6**

AVANT-PROPOS **8**

La géographie par le détour de la cartographie numérique **8**

Un itinéraire de recherche **11**

Le choix d'une posture de recherche **12**

INTRODUCTION **22**

PREMIERE PARTIE : LA GEOMATIQUE EN CLASSE : ENTRE ENJEUX THEORIQUES ET PRATIQUES SCOLAIRES **29**

1. Questions et hypothèses de recherche **29**

2. L'approche par les usages des technologies de l'information et de la communication (TIC) **33**

3. L'approche par les pratiques cartographiques **42**

4. L'approche par l'épistémologie et la didactique de la géographie **63**

5. L'approche par la cognition spatiale et le rapport entre image et espace **86**

6. L'approche par le traitement de l'information géographique **103**

Résumé et synthèse de la Partie I : La cartographie numérique et les SIG : un impensé de la géographie scolaire ? **111**

DEUXIEME PARTIE : INTEGRER LA GEOMATIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA GEOGRAPHIE : QUELS USAGES POUR QUELLES FINALITES ? 114

7. Des usages et caractères principaux des outils géomatiques 114

8. L'explosion des usages sociaux de la géomatique 121

9. Le développement relatif des usages scolaires de la géomatique 126

10. Approche comparative avec d'autres pays 149

11. Le débat sur l'intérêt des outils géomatiques 164

Résumé et synthèse de la Partie II : vers des usages spécifiques de la géomatique au service d'une nouvelle éducation géographique 184

TROISIEME PARTIE : CONCEPTION ET EXPERIMENTATION D'UN OUTIL GEOMATIQUE POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA GEOGRAPHIE 186

12. GéoWebExplorer : une plate-forme SIG pour enseigner la géographie 187

13. La mise en place d'un protocole d'expérimentation 203

14. Le test de nouvelles démarches d'apprentissage 211

15. Le point de vue des utilisateurs 244

16. Bilan global des expérimentations dans le secondaire 251

17. Perspectives d'évolution de la plate-forme pédagogique 258

Résumé et synthèse de la Partie III : Intérêt des SIG éducatifs pour l'enseignement et pour la formation 265

CONCLUSION ET PERSPECTIVES 268

BIBLIOGRAPHIE 275

GLOSSAIRE 294

TABLE DES MATIERES 306

AVANT-PROPOS

La géographie par le détour de la cartographie numérique

Cette thèse est avant tout le fruit d'un cheminement intellectuel. Comme la grande majorité des professeurs d'histoire-géographie, j'avais une formation initiale d'historien. Ma rencontre avec la géographie n'avait rien d'inéluctable. Elle aurait pu s'effectuer en 1986 à l'Université Lyon 2, où je passais une licence d'histoire et une licence de géographie, ou plus tard au cours de ma pratique professionnelle où moment où j'obtins en 1995 l'agrégation interne d' « histoire-géographie ». En fait cette découverte fut progressive : elle s'effectua par le détour de la cartographie et de l'ordinateur.

Au cours des années 1990, au moment où se développaient progressivement les « nouvelles technologies » éducatives, je commençais à initier des élèves de lycée à la « cartographie assistée par ordinateur[1] ». La micro-informatique et les logiciels de cartographie thématique devenaient accessibles techniquement et financièrement pour le public scolaire. Les enseignants, qui découvraient ces nouveaux outils cartographiques, cherchaient à mettre en oeuvre une pédagogie « innovante » : l'innovation pédagogique résidait moins dans les vertus pédagogiques que l'on prêtait alors à l'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) que dans le renouvellement du rapport à la géographie scolaire. Comme beaucoup d'enseignants d'histoire-géographie, je cherchais à développer l'esprit critique des élèves en sortant de la carte pré-construite du manuel de géographie ; il s'agissait d'utiliser les possibilités de calcul et de traitement cartographique au service d'une géographie scolaire plus vivante, plus « citoyenne », plus ouverte sur les phénomènes économiques et sociaux contemporains. Utiliser la cartographie assistée par ordinateur n'était pas seulement un moyen de gagner du temps et d'améliorer le rendu graphique dans

[1] L'introduction des Systèmes d'Information Géographique a été précédée par les logiciels de cartographie thématique, dont la facilité de prise en main et le moindre coût ont assuré le développement des pratiques cartographiques instrumentées dès le début des années 1990. Il n'est pas excessif d'affirmer que les logiciels de cartographie ont été, en France, au cœur du développement de l'informatique pédagogique. Dès le début du développement de la micro-informatique en classe, ils ont figuré parmi les outils logiciels les plus utilisés et les plus appréciés par les enseignants d'histoire-géographie (Baldner & Bigorre, 2001).

le travail de représentation cartographique. Il s'agissait, à travers les méthodes de discrétisation* des valeurs statistiques et du choix des figurés, de « renforcer chez l'élève le recul critique par la mise en évidence du caractère subjectif intervenant dans la fabrication des cartes » (Arnoud & Biaggi, 2002). La carte pouvant parfois servir d'outil de persuasion voire de manipulation, l'objectif était également de déconstruire son discours et de montrer qu'en tant que langage, la carte pouvait aussi mentir.

Mais comme beaucoup d'enseignants d'histoire-géographie qui exploraient les nouveaux chemins de la cartographie statistique sur ordinateur, j'ignorais que la cartographie thématique n'avait pas d'avenir dans les programmes et les épreuves de géographie de l'enseignement secondaire ! Certes l'Inspection générale d'histoire-géographie avait pris conscience de l'indigence des pratiques cartographiques, aussi bien parmi les élèves que parmi les enseignants (Dorel, 1997). Mais pour remédier à cet état de fait, le Ministère de l'Education Nationale allait introduire, en 1999 dans les épreuves d'histoire-géographie du Baccalauréat, un « nouveau » type d'exercice : le croquis de synthèse réalisé à la main, sur fond de carte vierge, sans aucun jeu de données ni informations disponibles pour aider le candidat à cartographier[2]. Le risque était de tomber dans l'exercice scolaire de mémorisation-restitution de quelques croquis types, fournis par l'enseignant ou par le manuel[3]. L'apport de l'ordinateur dans la préparation de cette nouvelle épreuve pouvait sembler très marginal. Il n'existait par ailleurs aucun outil d'entraînement à l'apprentissage du langage cartographique et à l'élaboration de croquis, qui soit adapté au contexte pédagogique. Cette nouvelle épreuve de cartographie m'incita donc à développer un logiciel de cartographie pour aider les élèves à préparer l'épreuve de croquis géographique[4]. L'objectif principal de ce didacticiel était de proposer des activités

[2] "A partir de ses connaissances et en réponse à un sujet donné, le candidat réalise un croquis accompagné d'une légende organisée et expliquée en quelques phrases. Le sujet porte sur l'un des thèmes ou ensembles géographiques définis par le programme. Il ne comporte pas de document, si ce n'est éventuellement quelques données statistiques. Il est accompagné d'un fond de carte." (Extrait du Bulletin Officiel de l'Education Nationale, n°12 20 mars 1997)

[3] Dès sa création, cette épreuve de cartographie a soulevé des troubles et des contestations parmi le milieu des géographes, dont la revue Mappemonde s'est fait l'écho en la personne de Roger Brunet, plutôt favorable à la cartographie de type chorématique (Brunet, 1999).

[4] Le logiciel Cartes & Croquis a été conçu comme un didacticiel (logiciel d'apprentissage) et vise à décomposer les étapes d'élaboration du croquis géographique et à proposer des exercices cartographiques pour les élèves de collège-lycée. Disponible sur : <http://sgenevois.free.fr/croquis> (consulté le 17.04.2007)

pédagogiques qui puissent guider l'élève dans la construction de croquis, dans la structuration de la légende, dans le choix des figurés…, en considérant le fait que le candidat au baccalauréat devait *in fine* réaliser une carte à la main. Depuis lors, beaucoup d'autres outils de croquis ont été mis à disposition des enseignants et des élèves, qu'il s'agisse de logiciels de cartographie sur poste d'ordinateur ou d'applications disponibles en ligne. L'explosion d'Internet n'en était qu'à ses débuts, mais déjà commençait-on à découvrir le potentiel éducatif de la « cartographie multimédia » et de la « cartographie interactive », comme on disait à cette époque. D'aucuns évoquent aujourd'hui d'un air nostalgique, un brin moqueur, ce temps des « pionniers », un temps qui semble bien lointain à l'heure où l'on ne parle que « *généralisation* » et « *banalisation* » des technologies éducatives. Pourtant je ne peux m'empêcher de penser que ces nouveaux outils de cartographie numérique* n'avaient pas trouvé leur place (mais peut-être ne l'ont-ils toujours pas trouvé ?) dans l'espace du cours de géographie.

Devenu formateur à l'IUFM de Lyon, j'ai pu continuer de formaliser cette pratique des Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education (TICE) et acquérir des compétences dans le domaine de la didactique de la géographie. Mon activité professionnelle s'orientait de plus en plus vers la formation à l'informatique pédagogique. J'encadrais en particulier les mémoires professionnels de professeurs stagiaires sur les TIC et l'enseignement de la géographie : cartographie sur ordinateur, lecture de paysage et conception d'hyperpaysages, utilisation de l'informatique pour l'élaboration de séquences pédagogiques en géographie. J'animais également (et je continue d'animer) des stages de formation continue pour les enseignants de l'académie de Lyon, principalement dans le domaine de la cartographie numérique et des Systèmes d'Information Géographique. Mais assez vite je ressentis le besoin et l'envie d'ancrer ma pratique de formateur dans la recherche. J'intégrai donc, en tant qu'enseignant associé, une équipe de recherche sur « l'usage des Systèmes d'Information Géographique et l'innovation dans les apprentissages[5] ». Cette recherche-action, réalisée pour le compte de l'Institut National de

[5] La recherche INRP n°30417 (1999-2003) s'intitulait « Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) comme vecteur potentiel d'innovation dans l'enseignement de la géographie scolaire » et s'inscrivait dans le cadre de recherches sur l'innovation dans l'enseignement de l'histoire-géographie. Cette recherche-action était conduite par Yvan Carlot (formateur à l'IUFM de Lyon) et associait Thierry Joliveau, responsable du CRENAM (Université de Saint-Etienne) ainsi que des formateurs IUFM et plusieurs professeurs du second degré. Cf Fontanabona, Jacky (coord.), *L'Innovation en histoire et en géographie et les apprentissages qu'elle favorise*, Rapport de recherche, INRP, 2003.

Recherche Pédagogique (INRP), a été l'occasion de commencer à approfondir ma réflexion sur l'usage critique et raisonné des TIC en géographie. Elle m'a permis aussi d'améliorer la maîtrise des outils géomatiques et de réfléchir à l'intégration pédagogique et didactique de ces outils dans le cadre de la classe de géographie. En collaboration avec le CRENAM (Université de Saint-Etienne), nous avons pu construire un jeu de données* pédagogique, à partir de l'exemple du parc nature de Miribel-Jonage. Ce jeu de données pédagogique a été conçu comme une étude de cas avec l'outil SIG et a donné lieu à une recherche et à une expérimentation, qui ont débouché sur l'élaboration d'un « SIG didactique ». Ce dispositif a servi, pendant plusieurs années, d'outil pour l'enseignement et la formation dans l'académie de Lyon[6].

Un itinéraire de recherche

Ayant mis le pied à l'étrier de la recherche pédagogique, je décidai de postuler à l'Institut National de Recherche Pédagogique, où j'exerce désormais comme chargé d'études et de recherche au sein de l'équipe EducTice[7]. Cette équipe de recherche se consacre à l'étude des environnements numériques et à leurs usages dans un contexte d'enseignement et d'apprentissage. L'intégration des TIC à l'école est une vaste question qui interroge tous les domaines de l'éducation (pratiques pédagogiques, acteurs, organisation du système, politique éducative…). L'équipe de recherche EducTice s'intéresse plus particulièrement à l'évolution des usages des TICE. En s'appuyant sur des pratiques de terrain, ainsi que sur des laboratoires universitaires experts du domaine, cette équipe de recherche s'intéresse plus spécifiquement aux didactiques des disciplines dans leurs liens aux usages des TIC ainsi qu'à la conception et aux usages de scénarios d'apprentissage dans les environnements numériques. La question des usages des technologies de l'information et de la communication constitue un champ de recherche très large. C'est aussi un thème de préoccupation majeur pour les acteurs du système éducatif.

[6] Le SIG didactique concernant le parc nature de Miribel-Jonage est consultable sur le site du CRENAM (Université de Saint-Etienne) . Disponible sur : <http://dossier.univ-st-etienne.fr/crenam/www/sigdidac/> (consulté le 06.09.2006)

[7] La composition, les axes de recherche et les travaux de l'équipe de recherche EducTice sont consultables sur le site de l'INRP : <http://eductice.inrp.fr/> (consulté le 07.05.2008).

L'usage des technologies éducatives concerne aussi bien la question de l'appropriation des outils que celle des contenus, des méthodes d'apprentissage, de l'efficacité des TICE… La littérature est assez abondante sur l'usage transversal des TIC, mais peu d'études concernent spécifiquement leur usage en histoire-géographie (Genevois & Mériaux, 2007) et encore moins l'usage de la carte numérique et des outils géomatiques dans l'enseignement de la géographie[8].

C'est pour répondre en partie à cette attente que nous avons fondé en 2005 un Observatoire de pratiques géomatiques pour l'enseignement de l'Histoire-Géographie et des Sciences de la Vie et de la Terre[9]. Cet observatoire est un lieu d'échange entre enseignants, formateurs et chercheurs et constitue une communauté de pratiques autour des usages des outils géomatiques en classe. C'est un lieu d'étude et de recherche privilégié pour élaborer des méthodologies d'enquête et d'observation en classe. C'est au sein de cet observatoire que nous menons des expérimentations pédagogiques, avec des équipes de chercheurs et de professeurs du second degré, et que nous conduisons un travail de réflexion sur l'intégration des outils géomatiques dans l'enseignement secondaire en France.

Le choix d'une posture de recherche

Cet itinéraire de recherche éclaire évidemment le contexte d'un travail de thèse, mais il ne suffit pas à en donner les enjeux. Plusieurs écueils risquaient d'entraver un tel projet de recherche. Parmi ces difficultés, figuraient le choix de la discipline géographique, la posture du chercheur impliqué dans son champ d'étude et les contraintes liées à la conception et à l'expérimentation d'un outil géomatique pour l'enseignement de la géographie.

---

[8] L'une des seules présentations des SIG dans l'enseignement secondaire, assez brève et orientée vers le grand public, est celle qui a été publiée par la revue des Dossiers de l'Ingénierie Educative (2003). *Cartes et Systèmes d'Information Géographique*. Scéren-CNDP, 44.

[9] Observatoire des Pratiques Géomatiques (INRP) : <http://eductice.inrp.fr/EducTice/projets/geomatique>
Sa liste de diffusion et ses archives : <http://listes.inrp.fr/wws/info/geomatique> (consulté le 07.05.2008).

Tout d'abord le choix de la discipline géographique pour conduire une thèse de doctorat n'allait pas de soi. Nous avons eu besoin, pour mener une réflexion globale sur l'usage des outils géomatiques dans la géographie scolaire, de faire des emprunts dans différentes disciplines : l'informatique pour développer une réflexion sur la conception et le test d'outils de cartographie numérique, la sociologie pour comprendre les usages de ces outils numériques dans leur contexte social et éducatif, la psychologie cognitive pour développer une approche centrée sur la construction de l'espace et les formes de cognition spatiale, la pédagogie pour mettre en place des démarches d'enseignement et d'apprentissage, la didactique pour construire et évaluer les connaissances et les savoir-faire géographiques… La question de l'intégration des outils géomatiques à l'école est au cœur de différentes interrogations croisant plusieurs disciplines : la cartographie, l'informatique, la didactique, l'épistémologie de la géographie… Sans nier l'intérêt d'une démarche fondamentalement interdisciplinaire, il nous a semblé pertinent de traiter cette question sous l'angle de la géographie, et plus spécifiquement de la géographie scolaire.

Loin de nous cependant l'idée de revenir à l'idée d'une géographie « intégratrice » des autres disciplines. Chacun sait en revanche que, depuis trois décennies, la géographie s'est profondément renouvelée dans ses contenus et ses méthodes. L'un des facteurs de ce renouvellement, sans être lié seulement à l'informatique, a trait aux changements induits par l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans l'enseignement de la géographie. C'est un truisme de dire aujourd'hui que ces technologies ont une dimension cognitive et qu'elles affectent – de diverses manières qui restent souvent à définir – la façon d'acquérir et de transmettre des connaissances. Pour autant, la diffusion des TIC dans la classe de géographie n'a pas fait l'objet de beaucoup d'études. Il existe très peu de travaux de recherche en France concernant l'usage des TIC dans l'enseignement de la géographie. Dans le domaine de la recherche didactique, les travaux sont restés limités du fait que la géographie constitue une discipline relativement peu instrumentée.

Les programmes d'histoire-géographie encouragent mais ne rendent pas obligatoire l'usage des TICE dans le curriculum, à la différence d'autres disciplines comme les mathématiques, les sciences physiques ou les sciences de la vie et de la Terre, qui ont intégré les instruments de calcul ou de mesure dans leurs démarches d'enseignement ou

d'expérimentation[10]. Du moins faut-il nuancer cette affirmation et dissocier quelque peu entre l'histoire et la géographie. On peut citer notamment les travaux pionniers de B. Mérenne-Schoumaker durant les années 1980 concernant l'intégration de la micro-informatique, en particulier le rôle de l'informatique comme outil de simulation en géographie. Au moment où commençaient à se développer les méthodes de télédétection*, l'INRP a constitué également un lieu d'étude et de réflexion sur l'introduction des images satellitales dans l'enseignement (Blondel & Salamé, 1987). Mais nous pouvons remarquer que les recherches didactiques concernant l'usage des TIC dans l'enseignement de l'histoire-géographie sont restées assez limitées et envisagées le plus souvent sous l'angle du rapport des enseignants à l'innovation (Cros, 2001 ; Fabre & alii, 2005 ; Fontanabona & Thémines, 2005). Quelques travaux de recherche ponctuels ont porté sur les contenus et les formes d'enseignement-apprentissage avec des outils multimédia ou hypermédia (Le Marec *et alii*, 2001 ; Chazelet, Coumes & Péméja, 2003).

L'étude du fichier des thèses soutenues depuis 1990 témoigne d'un développement des travaux portant sur la didactique de la géographie, avec en particulier un certain intérêt pour l'image, la carte et la construction de l'espace géographique (Chevalier, 1992 ; Audigier, 1993 ; Mendibil, 1997). On peut mentionner en Belgique la thèse de Christine Partoune sur la construction d'hyperpaysages à l'aide de l'ordinateur, dans une approche systémique privilégiant des formes de pédagogie active et d'initiation à la pensée complexe (Partoune, 2004). En France, nous n'avons pu cependant recenser que deux travaux de thèse, qui concernent explicitement les TIC dans l'enseignement de la géographie : la thèse de Corinne Legras, consacrée à la place du didacticiel et des outils de simulation dans la géographie scolaire (Legras, 1992) et la thèse de Patrick Guihot concernant les technologies multimédia dans l'enseignement de la géographie (Guihot, 1999). Ces deux travaux de recherche sont quelque peu anciens, eu égard à l'essor rapide et à la diversité actuelle des technologies éducatives. Ils ne prennent pas en compte le développement de la cartographie numérique ni l'usage des outils géomatiques, si ce n'est dans le cas de la thèse de P. Guihot, sous la forme générique des « outils de la science

[10] Pionnières avec l'EXpérimentation Assistée par Ordinateur (EXAO), les sciences de la vie et de la Terre ont su également utiliser les TIC pour promouvoir des démarches d'investigation et de modélisation. Sanchez, E. (2007). *Investigation scientifique et modélisation pour l'enseignement des sciences de la Terre. Contribution à l'étude de la place des technologies numériques dans la conduite d'une classe de terrain au lycée*. Thèse de doctorat de l'Université de Lyon, Laboratoire d'études du phénomène scientifique (LEPS).

géographique » : les Systèmes d'Information Géographique y font l'objet d'une présentation assez succincte, aux côtés des images satellitales et des images en trois dimensions. Tous ces « outils disponibles pour l'enseignement » sont présentés comme de nouveaux supports documentaires dans le contexte de la recherche ou de l'aménagement, mais finalement assez peu dans le contexte éducatif où ils étaient (et où ils demeurent) sous-utilisés[11]. Cette situation est en train de changer progressivement du fait de l'essor actuel des technologies de l'information géographique*, qui commencent à faire l'objet de formations spécifiques à l'université. On peut penser que les étudiants de géographie, dont un certain nombre deviennent professeurs d'histoire-géographie, auront reçu une formation aux SIG et seront plus à même de mettre en œuvre ces nouveaux outils dans leurs classes[12]. Les changements actuels sont plus certainement liés à la diffusion rapide des outils géomatiques dans la vie quotidienne, qu'il s'agisse des systèmes de navigation (du type GPS*), des outils de géolocalisation* et de calcul d'itinéraire ou encore du développement de la cartographie en trois dimensions sur Internet (Google Earth ou Géoportail…). Ces nouveaux outils cartographiques rencontrent un vif succès auprès du grand public. Même si l'usage domestique de ces outils « sociaux » interroge sur la validité et la fiabilité des savoirs scientifiques mis en jeu, ces outils géomatiques donnent une certaine vision de l'espace et sont susceptibles de renouveler notre rapport au monde, voire notre manière d'appréhender les phénomènes géographiques.

Quand l'on examine globalement les travaux consacrés à l'usage des Systèmes d'Information Géographique* (SIG) dans l'enseignement de la géographie, on constate que

---

[11] Guihot, 1999 (p 53) : « Les systèmes d'information géographique (SIG) prennent une place de plus en plus grande, en particulier pour les organismes d'aménagement, et sont sans doute promis à un important avenir. »

[12] L'enseignement des SIG est présent dans un grand nombre d'universités françaises. Leur maîtrise est de plus en plus intéressante pour les étudiants, puisque 45 % des postes de géomatique sont occupés par des personnes ayant suivi une formation de géographe (enquête de l'AFIGEO, 2005). Alors qu'on observe une présence accrue des enseignements géomatiques dans les masters professionnels ou les masters de recherche en géographie, il convient cependant de noter l'absence relative de la géomatique dans les filières universitaires qui préparent à l'enseignement, où la formation aux SIG ou à la télédétection est soit inexistante, soit limitée à une initiation sommaire au sein de modules de formation consacrés aux techniques cartographiques ou statistiques. On peut souligner les mêmes carences dans la formation initiale et continue des enseignants d'histoire-géographie, où la formation aux outils géomatiques est encore très peu prise en charge. On peut s'interroger si la « mode » des globes virtuels va encourager une nouvelle offre de formation ou renforcer encore l'autodidaxie.

les études sont peu nombreuses en France. On peut malgré tout noter l'existence de travaux concernant la place et le rôle de la géomatique au sein de la discipline géographique. Mais force est de constater qu'ils concernent davantage la géographie universitaire et qu'ils sont orientés vers des thématiques bien définies : géographie de l'aménagement, géographie des risques ou de l'environnement, géographie des territoires ou des acteurs… L'émergence des SIG dans le domaine de la recherche française en géographie date d'une quinzaine d'années et l'intérêt des géographes pour ces outils restent encore mitigé, même s'il tend à s'affirmer aujourd'hui (Joliveau, 2005). Sans doute, les pratiques de la carte numérique et des SIG dans l'enseignement sont-elles encore plus récentes et insuffisamment stabilisées pour intéresser le chercheur. Du moins nous a-t-il paru intéressant et utile de faire découvrir cette *terra incognita* de la géographie que semble constituer le champ d'usages des outils géomatiques dans l'enseignement de cette discipline en collège-lycée. Pour y parvenir, nous avons dû élargir l'échelle d'analyse et recourir à des travaux menés dans d'autres pays, en particulier aux Etats-Unis où l'usage plus fréquent des SIG à l'école a donné lieu à davantage de travaux de recherche universitaire. Il nous a semblé également indispensable de comparer la situation française avec des travaux de recherche réalisés dans d'autres pays européens (notamment au Royaume-Uni, en Allemagne et dans les pays scandinaves), où ont lieu diverses expériences pédagogiques autour des SIG. Mais globalement nous pouvons faire le même constat que celui dressé il y a près d'une dizaine d'années par P. Guihot, chargé d'études et de recherche à l'INRP :

> *« La didactique de la géographie, aujourd'hui en plein essor, a permis de dégager des pistes prometteuses en matière de renouvellement des pratiques d'apprentissage qu'elle s'évertue à mettre à l'épreuve de la réalité. Cependant, et nous considérons ce fait comme lui aussi paradoxal, peu de place est faite aux technologies dans les recherches didactiques*[13]*.»*

Cela dit, notre démarche n'est pas purement didactique et nous ne traitons pas la question assez large, mais néanmoins pertinente, de l'intégration des technologies dans les processus d'apprentissage en géographie. Notre approche est plus ciblée et plus spécifique, dans la mesure où nous nous intéressons aux technologies de l'information géographique*

[13] Citation extraite de l'avant-propos de la thèse de Guihot, P. (1999). *Technologies, multimédia et enseignement de la géographie*. Thèse de doctorat, Université Paris 7 Denis Diderot.

du point de vue de la conception et de l'expérimentation d'une plate-forme SIG, orientée vers l'enseignement de la géographie. Cette étude s'inscrit donc dans une approche expérimentale, celle de l'élaboration et du test d'un outil géomatique dans l'usage et pour l'usage, dans un contexte éducatif, en l'occurrence celui de l'enseignement de la géographie. Pour autant, la mise au point d'un outil ne doit pas détourner le chercheur vers des approches techno-centrées. C'est bien sur les usages, et non sur la technicité de l'outil géomatique, que nous avons décidé de porter toute notre attention. Nous partons du postulat que l'introduction d'un nouvel outil cartographique dans le cours de géographie ne permet pas d'enseigner mieux, mais simplement d'enseigner autrement, l'objectif principal étant moins de prouver l'efficacité pédagogique des TIC que de « bien comprendre ce qu'ont apporté et modifié par rapport à la situation antérieure, dans des situations didactiques précises, des pratiques instrumentées durables, éprouvées » (Baron, 2007). Ces modifications dans la façon de concevoir et d'enseigner la géographie sont susceptibles de promouvoir une nouvelle éducation géographique, qui correspond par ailleurs à une aspiration beaucoup plus large qui ne saurait dépendre seulement de l'introduction de telle ou telle technologie.

La deuxième difficulté de ce travail de recherche concerne la posture du chercheur impliqué dans son champ d'observation. Lorsqu'il est directement immergé dans son objet d'étude, le chercheur ne court-il pas le risque d'aller à l'encontre de la neutralité nécessaire ? Ce problème ressortit à la différence traditionnellement établie entre la recherche-action de type recherche appliquée, ancrée sur l'observation des pratiques et en lien avec les acteurs de terrain, et la recherche universitaire davantage orientée vers une recherche de type « laboratoire », où le chercheur est censé s'abstraire lui-même du contexte d'observation. S'agissant de pratiques émergentes, il est souvent nécessaire de suivre et parfois d'impulser la construction de nouveaux usages autour de la carte numérique et des SIG. Cela n'exclut en aucun cas une réflexion critique sur l'usage de la carte et des TIC dans l'enseignement de la géographie. Nous assumons pleinement notre rôle d'accompagnement des usages et de conduite du changement. C'est dans ce sens que nous avons contribué à mettre en place un Observatoire des pratiques géomatiques.

Nous qualifierons donc notre travail de recherche expérimentale et collaborative. Recherche expérimentale, car l'élaboration d'un outil géomatique adapté aux besoins des enseignants et des élèves ne peut se concevoir hors des usages qui ont présidé à sa conception et qui vont servir ensuite à le faire évoluer. La dimension expérimentale

intervient aux différents stades de notre recherche, pour explorer des démarches d'apprentissage, pour concevoir une application, pour faire évoluer cet outil et ces démarches. Recherche collaborative, car il s'agit de faire de la recherche "avec" les enseignants plutôt que "sur" les enseignants. Nous reprenons ici l'approche de Serge Desgagné (Desgagné *et alii*, 2001) : « A l'enseignant considéré comme un objet d'investigation et "sur" la pratique de qui on pose un regard distant et évaluatif, on oppose ici un enseignant considéré comme un partenaire de l'investigation 'avec" qui on pose un regard complice et réflexif sur la pratique… La recherche collaborative s'inscrit, en ce sens, dans le mouvement de substitution de l'image mécaniste de "l'enseignant efficace" conçu comme le "docile exécutant" des prescriptions du chercheur, vers celle, plus constructiviste, du "praticien réflexif" conçu comme le "partenaire averti" qui contribue, avec le chercheur, dans une réflexivité conjointe, au développement de la pratique. » Les expérimentations que nous avons pu conduire se sont donc déroulées avec la participation active des enseignants, afin de prendre en compte le rôle fondamental des praticiens. Les enseignants jouent un rôle important en tant que prescripteurs d'usages. Notre recherche s'est efforcé d'intégrer aussi l'appropriation de ces outils par les élèves eux-mêmes, qui manipulent des outils de cartographie et d'imagerie numérique en classe, mais aussi dans leur vie quotidienne.

Qu'il s'agisse des enseignants ou des élèves, l'objectif était moins d'*évaluer* l'efficacité du recours aux technologies que de *comprendre* ce qu'elles permettent. Même lorsqu'elles s'inscrivent dans une approche compréhensive, les recherches menées dans le domaine des TIC témoignent de la difficulté d'appréhender la complexité des situations didactiques. Il nous a donc paru vain de mener des comparaisons entre des groupes expérimentaux et des groupes témoins : telle expérimentation ayant réussi (ou échoué) dans des conditions précises est susceptible de donner des résultats très différents, si l'on change telle variable. La complexité d'une situation de classe et les multiples variables didactiques mises en jeu rendent illusoire la comparaison d'échantillons représentatifs. Nous avons préféré conduire nos expérimentations sur des effectifs peu nombreux dans une approche plus qualitative que quantitative. Les diverses expérimentations ont été conçues dans la perspective de permettre des allers-retours constants entre les hypothèses théoriques et les pratiques pédagogiques. Elles ont été conduites sur plusieurs classes dans plusieurs établissements pour tester différentes démarches d'apprentissage à partir de différents scénarios pédagogiques et différents jeux de données géographiques*.

Si l'on s'intéresse maintenant aux usages de la carte numérique par les utilisateurs eux-mêmes, on peut constituer en observables des objets produits et transformés par l'usage, en l'occurrence des cartes issues de pratiques de lecture et d'écriture à l'écran. Cette dimension de la carte en tant qu'image numérique, produite par un ordinateur selon des traitements et des usages propres à chaque utilisateur ou chaque groupe d'utilisateurs, est une donnée fondamentale de notre étude qui s'efforce de renouveler les approches traditionnelles de la carte dans l'enseignement de la géographie. Ces formes d'usages spécifiques de la carte numérique nous conduisent à aborder la troisième difficulté de ce travail de recherche : le choix de concevoir et d'expérimenter un outil géomatique, en assumant les problèmes techniques et pédagogiques de mise en œuvre d'un outil dans des classes de géographie en collège-lycée. Ce choix initial de développer un outil informatique et de le tester auprès des utilisateurs n'est pas habituel dans le domaine des sciences sociales. En revanche, c'est une pratique assez usuelle dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, où l'on crée sans cesse des outils (sans toujours se préoccuper véritablement des attentes des utilisateurs) et où l'on cherche à mesurer, souvent *a posteriori,* leur impact sur les pratiques (quand on prend la peine de l'évaluer…).

La principale difficulté tient sans doute à l'évolution constante de ces technologies qui rend rapidement obsolètes les expérimentations conduites sur des outils qui se succèdent souvent les uns aux autres. Cette succession de vagues technologiques nuit à la stabilisation des usages. Or, pour passer de pratiques spontanées à des usages stabilisés et construits, il faut du temps, un temps de réflexion et de maturation qui dépasse le temps nécessairement limité de nos expérimentations. Comme l'ont montré différents auteurs (Cuban, 1986 ; Chaptal, 2003 ; Baron & Bruillard, 2006 ; Depover, Strebelle & De Lièvre, 2007), le flot continu d'innovations technologiques s'accorde mal avec l'environnement scolaire, dont le rythme de changement est beaucoup plus lent. Les critères d'adoption d'une innovation sont assez divers et nombre d'innovations technologiques sont restées sans lendemain à l'école, du fait qu'elles n'étaient pas compatibles avec les attentes des enseignants et des élèves, l'univers prescrit des programmes et des épreuves, les finalités de la discipline, le paradigme traditionnel d'enseignement…. Parmi les principaux facteurs qui nuisent à la « scolarisation» des outils informatiques, il y a aussi la difficulté à passer du stade de l'expérimentation à celui de la généralisation. Cette difficulté tient à de nombreuses raisons : divergences dans la conception et la diffusion de l'innovation, prise

en compte ou non des contraintes liées à la culture et à l'environnement scolaire, présence ou absence de politique incitative dans le domaine des TIC…

L'un des facteurs, qui nous apparaît essentiel mais qui est souvent négligé, est le manque de données fiables issues de la recherche. Il est nécessaire en effet de dépasser le compte-rendu d'expérience relatant l'utilisant de tel outil informatique dans tel contexte. Outre le caractère quelque peu anecdotique de ce type d'étude exploratoire, on peut reprocher à ces récits d'expériences d'être marqués du préjugé selon lequel les TIC révolutionneraient les pratiques scolaires, marquant « l'avènement d'une nouvelle pédagogie aux méthodes plus actives et plus ouvertes (individualisation de l'enseignement, autonomie de l'apprenant, travail en équipe, créativité) » (Bélisle *et alii*, 2004). On connaît les limites de ces discours emphatiques sur l'usage des TIC, en particulier la confusion assez répandue entre innovation technique et innovation pédagogique. Si « ces outils permettent de faire les choses autrement, modifient les processus mentaux, ouvrent à des expériences cognitives nouvelles » (*idem ibidem*), il convient d'en apporter des preuves empiriques. Comme le soulignent certains auteurs (Baker & Bednarz, 2003), l'un des obstacles à la diffusion de l'innovation tient à la pénurie de recherches concernant l'intégration des SIG en classe. Ces auteurs déplorent l'absence de travaux qui proposeraient des hypothèses de recherche, des méthodes appropriées et des résultats valides, susceptibles de développer l'usage éducatif des SIG :

> *« Il y a un certain nombre de questions sans réponses concernant les SIG. Beaucoup de questions liées à l'intégration des SIG dans l'enseignement ont à peine été étudiées, en particulier la formation initiale des enseignants, la cognition spatiale, l'acquisition de connaissances (déclaratives ou formatives), les compétences de production, les formes d'évaluation, les modèles d'apprentissage, les programmes d'étude par niveau, les attentes des élèves. Tant que les réponses ne seront pas fournies, il est peu probable que les SIG progressent au niveau de l'enseignement pré-universitaire. »*
>
> Baker & Bednarz, 2003, p 232 (traduction libre)

Notre travail n'entend pas répondre à toutes ces questions, mais il nous a semblé nécessaire d'expérimenter un outil géomatique, en allant au delà de la simple observation des pratiques. L'objectif est de dépasser le recensement des pratiques cartographiques instrumentées (même si leur observation est au départ nécessaire), pour proposer une approche critique et raisonnée des usages géomatiques du point de vue de la géographie et

de son enseignement. Cela supposait d'abandonner - au moins temporairement - la posture *ethnographique* de l'observateur impliqué, au profit d'une posture *expérimentale* reposant sur un protocole d'expérimentation qui permette une objectivation des méthodes et des résultats. Pour nous, l'expérimentation consiste à monter un dispositif permettant de maîtriser les paramètres d'une situation simulée pour valider des rapports de cause à effet. « Le rapport changement/stabilité relève alors du protocole expérimental par lequel est fixé ce qui est invariant et ce qui est susceptible de varier. La focale est serrée : il s'agit de voir ce qui est susceptible de varier, comment et pourquoi, dans des conditions maîtrisées (« toutes choses étant égales par ailleurs »). » (Bélisle et alii, 2004) Cette posture de recherche s'inscrit dans une démarche d'observation des pratiques de terrain, mais n'abandonne pas pour autant toute visée de transformation des usages existants. Le point essentiel est cependant la volonté de se dégager de constatations faites « après coup ». Il s'agit au contraire d'implémenter des démarches d'apprentissage au sein d'un environnement informatique, pour ensuite en mesurer les effets sur l'évolution des pratiques pédagogiques, et en particulier sur la manière d'enseigner et d'apprendre la géographie. Pour ce faire, nous avons mis en œuvre plusieurs méthodologies propres à l'étude des usages : une enquête pour mesurer quantitativement les pratiques géomatiques des enseignants, des entretiens avec les enseignants et les élèves pour recueillir leurs avis et leurs représentations et enfin l'analyse de traces d'usages sur la plate-forme pour comprendre le rapport des élèves au traitement de l'information et à la construction du savoir géographique. Sans être exhaustifs, les résultats issus de cette étude permettront, nous l'espérons, de fournir une approche critique et constructive des usages géomatiques dans l'enseignement de la géographie.

INTRODUCTION

La carte est un objet familier qui fait partie de la réalité et de l'imaginaire de la classe de géographie, au point d'être souvent considérée comme le « marqueur identitaire » de la discipline (Grataloup, 1998). Pourtant la *carte scolaire* en géographie, au sens d'objet produit par et pour l'école et ses enseignements, est devenue un objet insaisissable. C'est d'abord un objet multiple : la carte murale, la carte du manuel, l'atlas de géographie, mais aussi la carte ou le croquis proposés par l'enseignant, celui construit par l'élève… C'est également un objet de plus en plus dématérialisé et virtuel : tout en étant encore très utilisée dans le cours de géographie, la carte de géographie - la carte qu'on affiche au mur de la classe ou celle qu'on consulte dans un manuel - cède la place progressivement à la carte numérique et au « globe virtuel » en trois dimensions, que l'on visualise ou que l'on manipule soi-même sur l'écran d'un ordinateur. Que l'on songe aux cartes papier, aux atlas ou aux mappemondes que l'on utilisait (et que l'on utilise encore) en classe de géographie, ce n'est pas le moindre effet de la révolution numérique que de permettre de représenter le monde à toutes les échelles* sur une même carte sur laquelle on zoome, alors qu'auparavant il fallait une carte par niveau d'échelle. Que l'utilisateur puisse également prélever des informations sur le terrain avec un système de positionnement (du type GPS) et restituer son parcours avec son tracé, ses vues paysagères et ses commentaires, présente certainement un intérêt majeur pour le citoyen, l'enseignant et l'élève désireux de « faire de la géographie ». Cela commence à changer notre rapport à l'espace, voire notre vision de la géographie. Désormais les enseignants et les élèves consultent et produisent des cartes « à la carte », en utilisant l'ordinateur et Internet, en projetant des images cartographiques qu'ils ont adaptées, modelées, transformées selon des traitements plus ou moins élaborés. En devenant image numérique, la carte change de nature, mais peut-être aussi de fonction[14].

[14] « Avec l'ordinateur, "on peut faire bouger la carte" : en varier à vue les formes et les paramètres ou le rythme et l'ordre d'affichage, simuler des évolutions, aller de la carte détaillée au modèle et inversement, zoomer sur un détail » (Brunet, 1987, p 43).

En même temps, la carte – qu'elle soit carte papier ou carte numérique – a toujours été un objet profondément hybride, pour ne pas dire ambigu. La carte est à la fois un objet d'apprentissage en soi (la cartographie et ses méthodes) et un moyen, voire un détour nécessaire pour enseigner la géographie. Elle peut être un simple support d'information ou un outil puissant d'investigation du réel, un projet didactique (transfert d'information entre celui qui sait et celui qui ignore) ou un instrument heuristique pour soi-même, un ensemble d'artefacts matériels et symboliques produit patiemment par l'utilisateur ou une vision fugitive d'une configuration éphémère, jetée sur le papier ou affichée en un instant par l'ordinateur… Les rapports de la carte et de l'image ainsi que les rapports de la carte et de la géographie ont toujours été ambivalents et ont suscité depuis longtemps des interrogations, bien avant le développement de l'informatique. Mais en devenant numériques, les images cartographiques se sont démultipliées et transformées. En tant que nouveaux modes de représentation du réel, elles participent d'une certaine vision et de nouvelles formes de construction de l'espace. « A travers progressions techniques et sémiotiques, nos images traduisent l'évolution de nos rapports à l'espace » (Mottet, 1995, p 13). Mais, en définitive, elles restent un outil d'intelligibilité du monde et nécessitent toujours une éducation pour leur usage[15].

Les usages de la carte sont probablement encore plus divers que les supports analogiques ou numériques qui la présentent. La *carte scolaire* dans le cours de géographie a diverses fonctions : simple illustration, support de localisation ou de mémorisation de lieux, outil d'investigation et de compréhension de l'espace, outil d'apprentissage du langage graphique, elle donne lieu à de multiples usages pédagogiques. Sans répondre obligatoirement à un but préalable ni correspondre toujours à un usage unique ou spécifique, elle s'impose malgré tout comme un instrument de représentation du réel, comme un outil de visualisation, comme un support de tests et de réflexion… Les usages cartographiques en classe de géographie sont très hétérogènes et ont fait l'objet d'études didactiques assez nombreuses depuis vingt ans. Mais s'agissant de la carte numérique et plus spécifiquement des outils géomatiques, force est de constater l'absence ou la rareté de travaux consacrés aux usages de la carte en lien avec l'ordinateur, comme si

[15] « Alors que certaines évolutions se font jour dans le monde scientifique et technique en faveur d'une diversification des objets cartographiques, la formation des utilisateurs de ces objets ne semble pas progresser dans le système éducatif, dans les médias ou ailleurs. » in Lévy, J., Poncet, P., Tricoire, E. (2004). La carte, enjeu contemporain. Documentation photographique, La Documentation Française (8036).

l'instrumentation relevait uniquement du registre de l'informatique et de la technique. Pourtant l'introduction de la géomatique dans le cours de géographie est une réalité sinon courante, du moins de plus en plus effective. Qu'il s'agisse des logiciels de cartographie numérique, des logiciels de traitement d'image satellitale, des Systèmes d'Information Géographique, des systèmes de positionnement global (du type GPS) ou des « globes virtuels* » sur Internet[16], les technologies de l'information géographique ont commencé à franchir le seuil de la classe. L'essor des nouveaux outils de cartographie sur Internet a donné lieu récemment à une explosion du nombre de cartes et d'images disponibles pour le grand public et pour le public scolaire. Que l'on songe à des serveurs d'information géographique comme Google Earth ou Google Maps mis en place par l'entreprise Google, Worldwind proposé par la NASA ou en France le Géoportail de l'IGN et du BRGM, jamais l'utilisateur n'a disposé d'un tel flot d'images cartographiques, gratuites, en trois dimensions et en si haute résolution* ! L'effet de réel produit par ces globes virtuels peut créer l'illusion d'un « monde à portée de clic » (Genevois, 2007) et déboucher sur des formes de représentation iconique du « monde dans la classe » (Clerc, 2002). Mais du moins « ces terres virtuelles sur Internet » ont-elles le mérite de renouveler le débat sur la place et le rôle des cartes et des images numériques dans l'enseignement et l'apprentissage de la géographie, en posant la question des technologies de l'information géographique comme nouvel outil du géographe, comme manière différente de concevoir, d'enseigner et d'apprendre la géographie.

Etudier les modalités d'intégration des outils géomatiques dans l'enseignement de la géographie suppose de prendre en compte différentes approches : l'approche des technologies de l'information et de la communication, dans la mesure où l'on souhaite mesurer l'impact de l'outil informatique sur l'enseignement et l'apprentissage, mais aussi l'approche des pratiques cartographiques, souvent très diverses, sur lesquelles viennent s'articuler, de manière plus ou moins cohérente, les usages de la cartographie numérique et des Systèmes d'Information Géographique. Mais qu'il s'agisse de la cartographie ou de l'informatique, notre recherche les considère comme des outils au service de l'enseignement de la géographie. Selon nous, l'instrumentation des pratiques cartographiques constitue un moyen, non une fin en soi pour renouveler la géographie

[16] Nous renvoyons le lecteur au glossaire des termes géomatiques en annexe (p 294), pour une définition précise de chacun des termes techniques employés tout au long de notre travail de recherche. Le terme est précédé d'un astérique (*), lorsqu'il apparaît pour la première fois dans le texte.

scolaire. L'usage des outils géomatiques est susceptible de compléter ou de renouveler l'outillage intellectuel du géographe, pour qui ces technologies peuvent agir comme des « prothèses cognitives ».

C'est pourquoi il nous a semblé indispensable d'inclure dans nos interrogations, d'une part les questions liées à la l'épistémologie et à didactique de la géographie, d'autre part celles liées à la cognition spatiale et au traitement* de l'information géographique. Enfin l'usage des Systèmes d'Information Géographique, même s'il tend à se répandre parmi les géographes, fait encore débat. Il nous a donc semblé important de mener une réflexion théorique sur les enjeux de ces outils pour la géographie en tant que discipline scientifique. Cette réflexion n'est d'ailleurs pas déconnectée de la géographie scolaire et pose la question des finalités de l'enseignement d'une discipline en pleine évolution.

Tout travail de recherche s'inscrit dans un contexte donné. La question de l'intégration des outils géomatiques dans l'enseignement de la géographie se pose aujourd'hui de manière plus sensible avec l'apparition récente des « globes virtuels ». Ces outils de cartographie interactive* sur Internet ont tendance à mettre en avant le rôle de la visualisation et de la communication, au détriment de l'analyse et du traitement de l'information géographique. Du fait de leur apparente simplicité de prise en main, les « globes virtuels » risquent d'évincer les SIG dans la classe de géographie, avant même que ces derniers aient eu le temps de se généraliser.

Mais l'effet de mode des globes virtuels ne doit pas masquer le fait qu'une innovation technologique n'induit pas obligatoirement une évolution des pratiques pédagogiques. Au risque de rappeler une évidence, dans le domaine des TIC, les usages pédagogiques se construisent ; ils ne sont pas et ne peuvent être la simple transposition de pratiques sociales, même si ces dernières jouent un rôle important comme source de légitimation des contenus à enseigner et des techniques à utiliser (Martinand, 1982). C'est la raison pour laquelle notre recherche se place dans la perspective de concevoir et d'expérimenter un outil SIG pour construire des pratiques scolaires, qui permettent de favoriser non seulement la visualisation de l'information géographique, mais aussi son analyse et son traitement en vue de favoriser le raisonnement géographique. Cette nouvelle « éducation géographique » relève davantage d'une géographie raisonnée que d'une géographie spontanée (Retaillé, 1997), telle qu'on peut en observer le développement aujourd'hui avec les « globes virtuels ». Qu'il s'agisse de SIG ou de globes virtuels, il faut cependant constater que nous sommes entrés dans un nouveau paradigme pour la cartographie, celui

de la visualisation d'images numériques. L'irruption massive de ces « cartes-images » n'est pas sans poser de nombreuses questions au géographe. C'est pourquoi nous avons été conduits à développer un cadre théorique sur la « pensée visuelle » et les processus de géovisualisation. Nous faisons en effet l'hypothèse que cette éducation géographique s'appuie à la fois sur des formes d'exploration visuelle et sur des démarches actives de résolution de problème. Ces démarches ne découlent pas directement de l'usage des outils SIG et nécessitent d'être implémentées au sein de situations d'enseignement-apprentissage, si l'on veut dépasser une approche purement instrumentale et tirer de la mise en œuvre de ces outils une réelle plus-value sur un plan pédagogique et didactique.

La présente recherche se fixe deux objectifs différents et complémentaires. Ce travail vise d'une part à *comprendre* les usages et les enjeux de la cartographie et des Systèmes d'Information Géographique en classe de géographie, d'autre part à *construire* et à *expérimenter* un SIG éducatif qui favorise différents modes de raisonnement géographique. Pour répondre à ce double objectif, nous nous sommes efforcé de mener une réflexion conjointe sur le plan pédagogique et géographique. Etant donné que nous étudions l'usage d'outils géomatiques dans un contexte éducatif, nous ne prenons pas le point de vue du technicien ou de l'informaticien, mais celui de l'enseignant et du géographe. Comme il s'agit d'un travail de recherche en géographie, les questions techniques liées à la géomatique ont été replacées dans les questionnements qui intéressent les géographes - en particulier les questions liées au statut et à l'usage de la carte ou de l'image numérique, à l'élaboration de savoirs et de savoirs-faire géographiques, au traitement de questions et de problématiques spatiales. Comme il s'agit également d'un travail de recherche en éducation, nous avons essayé aussi de ne pas dissocier les démarches du géographe des questions posées par l'enseignement et l'apprentissage de cette discipline, en lien avec l'usage pédagogique de l'informatique et les questions soulevées par les situations d'apprentissage instrumentées. Il nous semble en effet que l'intégration de la géomatique dans l'enseignement ne peut s'envisager et s'effectuer réellement dans les pratiques qu'en adoptant ce type d'approche transversale.

Dans la première partie de notre recherche, nous avons moins cherché à faire un « état de l'art » qu'à essayer de comprendre les enjeux complexes posés par l'introduction de la géomatique en classe. Nous avons choisi de ne pas séparer les enjeux théoriques des pratiques scolaires, en opérant des allers-retours constants entre ces deux pôles. Afin cependant de bien situer les enjeux, nous avons distingué nettement entre différentes

approches. Nous commençons par l'approche des technologies de l'information et de la communication (TIC) et par leur usage dans un contexte de genèse instrumentale. Puis nous nous intéressons aux pratiques cartographiques et aux usages scolaires de la carte. A partir de l'analyse de ces pratiques scolaires, nous essayons de traiter les questions épistémologiques et didactiques soulevées par l'usage des outils de cartographie numérique et nous développons les problèmes liés à la cognition spatiale, envisagée sous l'angle des rapports ambivalents entre l'image et la carte. Enfin nous nous interrogeons sur le traitement de l'information géographique et le passage de l'information à la connaissance, à partir de l'usage de ces technologies. Nous avons pris le parti de rapprocher progressivement le lecteur de notre objet de recherche : de la thématique globale de l'usage - usage de l'outil informatique, de la carte, de l'information - à la problématique spécifique des démarches d'enseignement et d'apprentissage en géographie à partir des outils géomatiques. Bien que séparés, ces différents regards se croisent pour essayer d'éclairer les défis théoriques et pratiques, posés par la question de l'intégration de la géomatique en classe.

La seconde partie est consacrée à l'étude des usages actuels de la géomatique. Il s'agit d'abord de rappeler les caractéristiques essentielles, la nature et les fonctions de la géomatique, des Systèmes d'Information Géographique, de l'information géographique. Puis nous essayons de prendre la mesure des usages réels dans la classe (usages pédagogiques) et hors des murs de la classe (usages sociaux et professionnels). Pour mieux comprendre les atouts et les freins à la diffusion des outils géomatiques, l'impact et le potentiel attendu de leur utilisation, nous avons choisi de conduire une enquête nationale sur l'usage de la géomatique. Nous en présentons et nous en discutons les résultats. A partir de l'observation de ces usages pédagogiques, nous avons souhaité introduire des éléments de contexte, en particulier de comparer ces usages dans d'autres pays : nous esquissons un parallèle entre la situation en France, aux Etats-Unis et dans les pays européens. Ces différents retours d'usages nous permettent ensuite de réfléchir aux finalités de la géomatique du point de vue de l'édition, de la visualisation et du traitement de l'information. Afin de dégager un cadre de référence pour nos expérimentations, nous rendons compte des débats autour de l'usage de la géomatique par rapport à la géographie comme discipline scientifique et par rapport aux finalités de la géographie scolaire et des TIC à l'école. Nous examinons également comment l'usage des outils géomatiques peut s'inscrire dans des démarches d'apprentissage et dans l'acquisition d'un socle de compétences fondamentales. Cette réflexion globale sur les finalités de la géomatique dans

l’enseignement de la géographie vise à dégager les usages spécifiques de la géomatique au service d’une véritable éducation géographique.

Dans la troisième partie, nous nous attachons à présenter l’outil géomatique que nous avons conçu et expérimenté pour implémenter de nouvelles démarches d’apprentissage. La plate-forme GéoWebExplorer est présentée dans le cadre des premières expérimentations pédagogiques que nous avons pu conduire au début des années 2000 et replacée dans le contexte d’usage qui a présidé à sa conception. L’environnement d’apprentissage ainsi que les fonctionnalités et les jeux de données sont décrits et analysés du point de vue des usagers (enseignants et élèves), qui ont utilisé cette plate-forme. Le protocole, le corpus de données, les méthodes et les résultats des différentes expérimentations pédagogiques sont décrits, analysés et commentés. Le bilan global de ces expérimentations a pour but de dégager des usages pertinents, critiques, raisonnés de ces outils. Nous en tirons enfin des éléments de conclusion et de perspective pour une évolution de la plate-forme et pour un usage efficace de la géomatique dans un contexte d’enseignement et de formation.

PREMIERE PARTIE : LA GEOMATIQUE EN CLASSE : ENTRE ENJEUX THEORIQUES ET PRATIQUES SCOLAIRES

1. Questions et hypothèses de recherche

1.1 Contexte et problématique

Avec l'essor et la démocratisation des technologies géospatiales, les outils géomatiques et les Systèmes d'Information Géographique en particulier, ne sont plus un support de visualisation et de simulation réservé aux seuls spécialistes - aménageurs, gestionnaires ou décideurs. Ces outils deviennent accessibles pour le grand public et pour le public scolaire. Grâce aux progrès réalisés dans les domaines de la télédétection, de la cartographie numérique et des outils de géolocalisation, l'information géographique devient plus riche et plus abondante. Avec Internet, l'accès à l'information géographique devient également plus aisé. Selon Guy Di Méo, « le défilement de telles images modifie sans conteste notre relation au monde et à la géographie » (Di Méo, 2005). Les outils de visualisation et de traitement de l'information géographique peuvent aussi devenir un support de réflexion collaborative dans une démarche citoyenne participative. Comme le montre Michel Lussaut, désormais « la carte permet de discuter l'indiscutable » (Lussault, 1996). Renouvelant le pouvoir de se localiser et de naviguer dans l'espace, de représenter et de discuter les enjeux spatiaux, la géomatique intéresse de plus en plus d'enseignants et d'élèves qui commencent à utiliser les technologies de l'information géographique à titre personnel ou dans le cadre d'activités pédagogiques.

La question fondamentale que nous souhaitons poser ici est celle de l'intégration des outils géomatiques dans l'enseignement secondaire et leur rôle dans la construction des savoirs et savoirs-faire géographiques. L'approche est disciplinaire, mais non spécifiquement didactique. Il s'agit plutôt d'une approche épistémologique en lien avec le renouvellement des démarches et des méthodes de la géographie scolaire, qui commence à intégrer ces nouveaux outils. L'objectif est moins d'élaborer et de valider un SIG

didactique que de s'interroger sur le rôle des SIG dans les processus de cognition au sein de la géographie scolaire.

Jusqu'à maintenant les recherches conduites sur l'intégration des TIC en géographie se sont concentrées sur l'appropriation des outils, sur la conception de ressources numériques, sur les styles d'apprentissage, mais finalement assez peu sur la dimension proprement cognitive de ces technologies dans la discipline. Comme le souligne Jacques Perriault :

> *« Une autre dimension de l'étude des usages, c'est la dimension cognitive en matière numérique. En matière de technologies nouvelles, on ne peut pas faire l'impasse sur la relation intellectuelle, qui s'instaure entre la personne se servant de la machine, et la machine contenant en elle des fonctions intellectuelles. Il y a donc là une dimension cognitive, qui est à l'œuvre, et qui implique qu'on étudie les modes de perceptions, de représentations, de raisonnements (inductif, déductif, etc.) »* (Perriault, 2002).

La question est donc de savoir quels usages pédagogiques les enseignants peuvent avoir de ces données géographiques et de ces systèmes d'information, quelles sont les difficultés qu'ils rencontrent pour intégrer les outils géomatiques dans la géographie scolaire, pour les transformer en outils efficaces et innovants sur le plan didactique - et pas seulement technologique. Dans cette perspective, il est donc important de concevoir et de tester des pratiques géomatiques permettant de valoriser différentes formes de raisonnement en géographie.

1.2 Les hypothèses de recherche

Notre problématique porte sur les usages des outils géomatiques et les situations d'apprentissage que l'on peut construire pour renouveler l'enseignement de la géographie. Cette problématique nous conduit à formuler quatre hypothèses principales, pour lesquelles nous identifions un certains nombre de questions de recherche[17] :

[17] Ces hypothèses et ces questions de recherche reprennent en partie celles qui avaient été posées dans la recherche INRP n°30417 (1999-2003), mais en élargissant et en approfondissant le cadre de recherche qui concernait l'intégration de la géomatique dans l'enseignement de la géographie, mais plutôt sous l'angle du rapport des enseignants et des élèves à l'innovation (Carlot & Genevois, 2004 et 2005).

- **Hypothèse n°1 : les outils géomatiques sont susceptibles de renouveler l'accès à l'information, les modes de traitement et le statut de l'information géographique**.

  Comment passe-t-on de l'information au savoir géographique ? Quel rôle la visualisation et le traitement d'images et de données numériques jouent-ils dans la construction de connaissances et de savoirs-faire géographiques ? Quel est le statut de la carte, et plus particulièrement de la carte numérique, dans l'appropriation de démarches géographiques ? L'usage de ces nouveaux outils de cartographie numérique facilitent-ils ou modifient-ils la construction de l'espace géographique par les élèves ?

- **Hypothèse n°2** : **les outils géomatiques sont susceptibles de favoriser la maîtrise du raisonnement géographique par les élèves (analyse systémique, apprentissage de la complexité, démarche de résolution de problème)**. Quelles sont les différentes formes de raisonnement (inductif ou hypothético-déductif) qu'il convient d'implémenter dans ces outils pour les rendre véritablement efficaces ? Quels scénarios pédagogiques et quelles situations d'apprentissage convient-il de construire pour développer la lecture et le raisonnement géographique ? L'analyse spatiale à plusieurs échelles et le traitement complexe de données suffisent-ils à faire acquérir un raisonnement en géographie ? Faut-il aussi y intégrer des démarches de modélisation et de simulation ?

- **Hypothèse n°3 : les outils géomatiques sont susceptibles de modifier la relation enseignant-élèves (en particulier le statut du professeur), mais aussi l'image et les finalités de la discipline géographique.**

  Comment passer de l'usage spontané d'outils grand public (globes virtuels, du type Google Earth ou Géoportail) à des pratiques pédagogiques construites et adaptées aux finalités de la géographie et de l'éducation ? Comment développer de nouvelles pratiques cartographiques qui répondent aux attentes de l'institution et de la discipline scolaires, mais aussi aux besoins de renouvellement de l'enseignement de la géographie, en particulier en terme d'éducation géographique ?

- **Hypothèse n°4 : les outils géomatiques sont susceptibles d'apporter une « plus-value » pédagogique si on les adapte aux besoins des enseignants et des élèves**. Comment concevoir et expérimenter un SIG éducatif qui soit au service de l'enseignement - pour les élèves de collège-lycée - et de la formation - pour des enseignants en stage de formation initiale ou continue, notamment pour des formations en géographie ou en cartographie numérique ? Comment évaluer le potentiel pédagogique de cet environnement informatique et dégager des pistes de réflexion sur l'usage des outils géomatiques à partir de son expérimentation en collège-lycée ?

1.3 Une approche nécessairement pluridisciplinaire

Pour répondre à ces différentes questions de recherche, nous avons choisi de croiser les approches entre les disciplines. L'intégration de la géomatique ne va pas sans poser de nombreuses questions qui relèvent du champ de la géographie, de l'épistémologie, de la didactique, mais aussi de l'informatique, de la cartographie, de la psychologie cognitive, de la sociologie des usages. Les problèmes posés par les usages scolaires de la carte et par les différentes démarches d'enseignement et d'apprentissage en géographie sont bien antérieurs à l'apparition de l'informatique en classe. Cependant il nous semble que poser la question en terme d' « usages » d'outils numériques présente l'avantage de replacer les pratiques cartographiques au sein de différents enjeux et débats. L'usage de la carte – pas plus que l'usage de l'outil informatique – ne constitue en soi le but de l'enseignement de la géographie. Inversement il paraît difficile d'envisager certaines évolutions de la discipline sans intégrer la cartographie numérique. Celle-ci contribue à sa manière à renouveler les questions posées traditionnellement à la géographie scolaire. Ce n'est pas propre à cette discipline scolaire, mais l'instrumentation de la géographie a été si rapide et le développement de l'information géographique si spectaculaire depuis quelques années que cela mérite d'observer l'évolution des pratiques disciplinaires et de réfléchir aux différents enjeux théoriques posés par les usages pédagogiques de la géomatique.

2. L'approche par les usages des technologies de l'information et de la communication (TIC)

2.1 Utilisation, usage ou pratique : vers une scolarisation des usages

La question de l'usage des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'enseignement a été étudiée selon différentes approches depuis plusieurs décennies, à la croisée des sciences de l'information et de la communication, des sciences de l'éducation, de la sociologie, des sciences cognitives. L'utilisation des outils géomatiques dans l'enseignement de la géographie doit être replacée au cœur des interrogations posées par l'usage des TIC à l'école et nécessite au préalable quelques mises au point terminologiques sur des termes aussi communément employés et mal définis qu'utilisation, usage ou pratique.

L'utilisation renvoie en général à une action ponctuelle et individuelle, aux aspects manipulatoires de l'informatique, tandis que le terme d'usage s'entend davantage en terme d'usages sociaux, en terme d'actions communément observées dans un groupe. Dès 1996, dans un ouvrage intitulé *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*, G-L. Baron et E. Bruillard soulignent le double point de vue de l'usage : « Usager, venant du latin *usus*, est attesté dès le XIVe siècle avec le sens initial de « qui connaît bien les usages ». Son sens moderne qui se réfère aux usages sociaux est, lui, apparu au XIXe siècle seulement. […] Pour sa part, le mot « utilisateur » a, surtout en informatique, une connotation plus technique qui rend mal compte des différents aspects liés au concept d'usager. » Si l'on consulte le Dictionnaire de sociologie (1999), l'usage est défini en rapport à la fois à l'utilisation et à la pratique : « Pratique sociale que l'ancienneté ou la fréquence rend normale dans une culture donnée. Utilisation d'un objet, naturel ou symbolique à des fins particulières. » Les travaux de la sociologie des usages ont clairement montré qu'il n'existait pas d'extériorité de la technique à la société : « L'usage n'est pas un objet naturel, c'est un construit social » (Chambat, 1994). La technologie détermine en partie les usages, mais elle est aussi modelée par les pratiques des usagers. Le contexte social de développement des usages est au moins aussi déterminant que l'outil technique lui-même. L'usage est plus collectif que la pratique et il se construit en fonction des utilisateurs, alors que les informaticiens s'intéressent davantage à l'utilisation potentielle qui peut être faite de l'outil, à la notion d'utilisabilité. L'usage se construit à

partir de différentes expériences sociales ou individuelles. Les pratiques individuelles liées à l'utilisation de l'ordinateur ne donnent pas toujours lieu à la construction d'usages stabilisés et durables de l'outil informatique.

Le terme de pratiques est lui même ambivalent, car il est employé selon plusieurs acceptions. Dans une acception rigoureuse, les pratiques s'appliquent à des comportements habituels, à une expérience ou une habitude approfondie et stabilisée, caractéristique d'une culture professionnelle. Dans ce sens, on parlera des pratiques professionnelles des enseignants, en lien avec la construction de leur identité professionnelle et avec la professionnalisation du métier d'enseignant. On s'intéressera également aux pratiques des élèves en rapport avec leur « métier d'élève ». Dans une acception plus large, les pratiques se confondent parfois avec les usages, surtout lorsque l'outil informatique finit par être adopté et intégré aux pratiques scolaires[18]. Comme le souligne G-L. Baron, « chacun(e) utilise désormais les TIC à différentes occasions et de différentes manières et la distinction entre utilisations, usages et pratiques des TIC est devenue peu opérante » (Baron, 2007).

Notre recherche s'efforce de porter la réflexion sur les usages de la cartographie dans l'enseignement de la géographie, et plus précisément sur la construction d'usages géomatiques. Si l'on applique les définitions données ci-dessus, on peut avancer l'idée que les pratiques cartographiques des enseignants et des élèves s'ancrent et trouvent leur légitimité dans différentes pratiques, scolaires et sociales. Les usages de la carte ne sont pas les mêmes dans la société, où il s'agit par exemple de se repérer sur un plan, de préparer un itinéraire pour un voyage, et à l'école où l'on cherchera à faire acquérir les grands repères spatiaux, mais aussi à lire et à construire des croquis, à « faire de la géographie ». Les pratiques scolaires sont souvent appréhendées sous l'angle du poids de la tradition (rôle de l'environnement scolaire qui contraint les pratiques) ou sous l'angle des disciplines (rôle des contenus, des méthodes, des programmes qui contribuent à façonner les pratiques scolaires dans chaque discipline). Mais inversement il faut tenir compte du fait que les pratiques scolaires évoluent aussi en partie sous l'effet de

[18] Selon l'approche sociologique, l'usage s'insère dans une pratique, « notion plus élaborée qui recouvre non seulement l'emploi des techniques (l'usage) mais aussi les comportements, les attitudes et les représentations des individus qui se rapportent directement ou indirectement à l'outil. » Jouët, J. (1993). Usages et pratiques des nouveaux outils. in Sfez, L., (dir), *Dictionnaire critique de la communication*, n° 1, Paris, PUF, p. 371-376.

l'intégration progressive des technologies de l'information et de la communication. Les usages de la cartographie numérique, qu'il s'agisse des usages sociaux du GPS ou des usages scolaires de la cartographie sur ordinateur, contribuent à faire évoluer les pratiques autour de la carte. Les pratiques cartographiques et les compétences attendues dans ce domaine n'ont d'ailleurs cessé d'évoluer à l'école : des contours de la carte reproduits minutieusement au tableau noir ou sur le cahier de géographie jusqu'aux cartes construites et visualisées sur l'écran de l'ordinateur, en passant par les fonds de cartes pré-remplis que les élèves doivent compléter, l'évolution des techniques et des usages scolaires n'a cessé de faire évoluer les pratiques cartographiques. L'accélération du développement technologique dans la société d'une part, l'inertie relative des pratiques scolaires d'autre part, obligent à prendre en considération cette dualité constante liée à l'introduction des TIC dans le système éducatif : faut-il intégrer les technologies de l'information et de la communication dans les pratiques existantes ou faut-il changer les pratiques pour intégrer les TIC[19] ? L'observation des pratiques pédagogiques montre que les technologies éducatives n'ont pas entraîné de révolution dans la façon d'enseigner et d'apprendre la géographie et que l'intégration de ces technologies s'articule sur des pratiques antérieures qu'elles contribuent à faire évoluer.

Révolution ou simple évolution des pratiques ? Pour dépasser cette aporie, nous proposons de prendre le cadre théorique établi par plusieurs auteurs (Depover & Strebelle, 1997 ; Baron & Bruillard, 2006 ; Coen & Schumacher, 2006), selon lesquels l'intégration des TIC s'inscrit dans différentes phases d'appropriation par les enseignants et les élèves. L'approche de ces auteurs s'inscrit dans une approche systémique, où il s'agit de prendre en compte les différents acteurs dans leur contexte, avec leur projet, leurs contraintes et leurs pratiques. L'intégration des TIC y est présentée comme une innovation technico-pédagogique et comme un moyen de réfléchir sur les pratiques d'enseignement-apprentissage en vue de les faire évoluer. Le modèle systémique de l'innovation, formalisé par Depover et Strebelle (1997, p 80-82) présente trois niveaux d'intégration d'une innovation :

- **L'adoption**, qui se définit comme « la décision de changer quelque chose dans sa pratique par conviction personnelle ou sous une pression externe qui peut s'exercer au départ du microsystème » ;

[19] Sur la légitimité d'utiliser les TIC et sur leurs finalités par rapport à l'enseignement de la géographie, nous renvoyons le lecteur au chapitre 11.1 (p 163).

- **L'implantation**, qui correspond « à la concrétisation sur le terrain de la volonté affirmée, lors de la phase d'adoption, de s'engager dans un processus conduisant à une modification des pratiques éducatives (…) cette phase se traduit naturellement par des modifications perceptibles au niveau des pratiques éducatives mais aussi de l'environnement dans lequel ces pratiques prennent place » ;
- **La routinisation**, qui se caractérise par le fait que « le recours aux nouvelles pratiques s'opère sur une base régulière et intégrée aux activités scolaires habituelles sans exiger pour cela un support externe de la part d'une équipe de recherche ou d'animation pédagogique ».

Ce modèle permet de restituer l'usage des technologies dans les étapes successives de leur appropriation. Il a été amendé par ses auteurs (Depover, Strebelle & De Lièvre, 2007), afin d'intégrer le rôle des réseaux d'acteurs dans une conception plus sociocentrée. L'adoption est vue davantage comme une phase d'*appropriation par les acteurs*, tandis que l'implantation est envisagée comme une phase de *structuration des usages*, en vue de dégager ceux qui seront les plus porteurs. La routinisation correspond plus à une phase de *diffusion et de stabilisation des usages.* Il convient de noter qu'il n'y a pas de rupture ou de saut entre ces différentes phases et que peuvent s'opérer des retours en arrière : l'innovation ne répond pas à un processus linéaire ni continu. Ce modèle montre surtout que l'intégration des TIC ne se fait pas sans difficulté et qu'elle dépend intimement du contexte (humain et scolaire). Pour atteindre le stade de la routinisation, il est souvent nécessaire de repenser l'organisation des apprentissages et d'inventer de nouveaux usages, ce qui est parfois long et difficile dans l'univers prescrit du système scolaire. Les *habitus* scolaires, tel qu'ils ont été définis et décrits par P. Bourdieu[20], sont parfois plus prégnants que les pratiques sociales, même si l'acculturation rapide des adolescents vis-à-vis des technologies numériques présentes dans la société est susceptible de faciliter l'apprentissage avec les TIC à l'école. Mais l'influence du contexte n'est pas le seul facteur qui justifie le passage de l'adoption à la routinisation.

[20] Pour P. Bourdieu, l'habitus est constitué par l'ensemble des dispositions, schèmes d'action ou de perception que l'individu acquiert à travers son expérience sociale. Habitus scolaire et habitus social se construisent en fonction du groupe d'appartenance. Bourdieu, P. (1972). *Esquisse d'une théorie de la pratique,* Paris, Droz.

Selon G-L. Baron & E. Bruillard (2006), il faut prendre en compte également les schèmes d'action de l'utilisateur lui-même qui invente peu à peu ses propres usages de l'ordinateur et qui, selon ses motivations, va vouloir progressivement innover dans les usages de l'environnement informatique. A un stade initial que les auteurs qualifient de situation d'amorçage, l'enseignant qui dispose de peu de formation et de peu de compétences techniques, utilisent les technologies avant tout pour médiatiser son enseignement (par exemple en projetant des cartes avec un vidéoprojecteur). Mais l'utilisateur novice a encore du mal à utiliser les TIC pour construire des situations d'apprentissage. Ce premier stade d'*invention* et de tâtonnement peut ou non déboucher sur une deuxième phase dite d'*innovation*, où l'enseignant utilisera les instruments disciplinaires pour mettre en œuvre des méthodes plus efficaces (par exemple en intégrant l'usage d'un outil de cartographie numérique pour préparer ses cartes). Lorsque l'usage de l'environnement numérique est intégré aux programmes et aux méthodes d'enseignement, on passe alors à une troisième phase qui correspond à la *scolarisation* (par exemple, pour prendre un exemple en dehors de la géographie, l'usage de la calculatrice qui est désormais intégré dans les programmes et les évaluations en mathématiques)[21].

Pour l'instant il n'y a pas eu de « naturalisation » des outils de cartographie numérique dans la géographie scolaire. Nous en sommes donc plutôt à des phases d'invention et d'innovation. Mais des évolutions sont possibles. G-L. Baron insiste notamment sur ce point : « En dehors des situations expérimentales protégées, seuls les usages suffisamment en phase avec le système tel qu'il est peuvent se diffuser. Cependant le système évolue. Il le fait à partir d'innovations à la fois suffisamment en décalage et suffisamment compatibles par rapport au *statu quo ante*, qui ont ensuite été portées pendant une durée suffisante par des praticiens et des décideurs, ce qui pose de récurrents problèmes d'amorçage » (Baron, 2007). Comme nous venons de le montrer, l'usager est lui-même acteur des technologies dont il « use » et à l'élaboration desquelles il contribue : la logique de l'usage joue donc un rôle déterminant dans l'appropriation des technologies numériques.

[21] Plusieurs auteurs (Cros, 2001 ; Roumégous, 2002 ; Héry, 2007) ont montré, à travers l'histoire des pratiques pédagogiques, que l'institution impulse rarement l'innovation. Il faut qu'il y ait une synergie entre institutions et professeurs pour que l'innovation se généralise. Mais le ressort de l'innovation repose le plus souvent sur quelques enseignants ou équipes d'enseignants.

2.2 De la « logique de l'usage » à la « genèse instrumentale »

Dans un ouvrage fondateur paru en 1989, Jacques Perriault théorise une logique de l'usage, distinguant « *l'usage conforme* » - en cohérence avec le projet et la fonction instrumentale de l'objet - et les « *détournements* », où les artefacts techniques sont utilisés de façon alternative, innovante, substitutive. Pour l'auteur, « l'usage n'est que rarement purement instrumental. Il se double d'un rôle symbolique qu'affecte à l'appareil celui qui s'en sert » (Perriault, 1989). Entre les usages imaginés par le concepteur et les usages « réels » de l'utilisateur, il y a place pour le détournement, l'utilisation déplacée ou la non utilisation. Il s'agit donc de faire une place plus grande aux contextes humains et aux acteurs dans l'utilisation de l'outil informatique. La prise en compte de la logique de l'usage permet de comprendre par exemple pourquoi les systèmes d'information géographique sont utilisés parfois comme de simples outils de visualisation ou de représentation du réel, correspondant à certains *habitus* scolaires de la carte dans l'enseignement de la géographie. Au contraire, l'usage d'outils courants de bureautique (type logiciel de PréAO) débouche parfois sur la genèse de nouveaux usages cartographiques, où l'enseignant va détourner, adapter, transposer l'outil de diaporama pour en faire un outil de cartographie animée.

Pour comprendre ces détournements d'usages et ces phénomènes de « genèse instrumentale », il convient ici de reprendre la distinction établie entre l'artefact et l'instrument. Selon certains auteurs (Rabardel, 1995 ; Engeström, 1999), il faut distinguer entre le potentiel de l'outil et le bénéfice réel qui est tiré en fonction de ses usages. Lorsque l'on s'intéresse à la composante matérielle de l'outil, on parle plutôt d'artefact. Lorsque l'on s'intéresse davantage à sa dimension cognitive, on utilise plutôt le terme d'instrument. Le passage de l'artefact à l'instrument ne peut s'effectuer que dans un usage donné et en fonction d'une activité finalisée. Rabardel distingue deux types de processus : les processus d'instrumentation (l'usager modifie son activité pour user des fonctionnalités de l'outil) et les processus d'instrumentalisation (l'usager adapte l'outil à ses besoins). Pour l'instant, l'usage des outils de cartographie numérique et des SIG relèvent plutôt de pratiques instrumentées au premier sens du terme : les enseignants et les élèves commencent à percevoir le potentiel de ces outils, mais ils éprouvent quelques difficultés à instrumenter leurs pratiques dans un contexte et selon des objectifs pédagogiques bien déterminés. L'usage de l'instrument informatique joue pourtant un rôle déterminant dans une situation d'apprentissage, dans la mesure où il permet de médier les relations entre le

sujet apprenant et son environnement. En tant qu'outil à potentiel cognitif, l'usage de l'ordinateur est susceptible d'intervenir au cœur du système d'activité (Depover, Karsenti & Komis, 2007). Notre objectif n'est pas de développer toutes les considérations issues des théories de l'activité. Mais du moins convient-il, selon nous, de bien replacer l'appropriation des technologies numériques au sein de l'expérience de l'usager. Comme l'exprime S.Proulx (1994, page 152), l'usage réel « se construit comme une interaction, une négociation entre technologie et utilisateurs ». Selon cet auteur, la genèse des usages s'inscrit également à l'échelle d'ensembles sociaux plus larges (groupes, communautés, sociétés). Une situation d'apprentissage instrumentée donne donc lieu à la construction d'usages en fonction de l'individu et de la communauté à laquelle il appartient, qu'il s'agisse d'une communauté d'apprentissage ou d'une communauté de pratique au sens large.

2.3 Des usages en question : la fin de l'illusion technologique ?

> *« Il est étonnant de constater que, s'agissant d'une discipline traitant de l'espace et recourant fréquemment à des supports de représentation de ce dernier, la géographie est moins encore que d'autres disciplines scolaires utilisatrice de technologies éducatives. »* (Guihot, 1999)

La géographie scolaire occupe une situation paradoxale sur le plan de l'instrumentation. Elle a depuis longtemps intégré toute une panoplie d'outils cartographiques, depuis la mappemonde et le globe terrestre d'antan jusqu'aux outils de cartographie numérique et aux globes virtuels d'aujourd'hui. Pourtant si l'on s'en tient aux outils géomatiques, cette discipline peine encore à en intégrer l'usage dans ses contenus, ses méthodes et ses curricula[22]. Comme le souligne un rapport de l'Inspection générale lors d'un atelier consacré au thème « *L'ordinateur aide-t-il à apprendre l'histoire et la géographie ?* », il semble que l'usage de l'informatique soit envisagé comme un simple outil d'enrichissement :

> *« L'ordinateur n'a apparemment pas engendré de révolution didactique, mais son emploi se répand. Il n'a pas le statut d'une machine à enseigner, mais d'un outil d'enseignement [...]Dans la mesure où nos disciplines (encore faudrait-il introduire*

[22] Cf les résultats de l'enquête INRP (2007) présentés dans le chapitre 9.2 (p 130).

des nuances entre l'histoire et la géographie) ne sont pas des disciplines instrumentales, fondées essentiellement sur des articulations de logiques, l'interactivité entre l'élève et la machine n'a offert que des apprentissages partiels, voire parcellaires. […] La situation est sensiblement différente en histoire et en géographie. L'historien ne perçoit pas l'ordinateur comme un outil d'identification, à l'inverse du géographe plus coutumier de l'usage des technologies de l'information et de la communication ». (Desquesnes & Grandbastien, 2002).

Pour ainsi dire, l'usage de l'ordinateur ne serait pas étranger à la discipline géographique, mais son intégration sous la forme d'outil d'apprentissage resterait assez limitée et son intérêt didactique encore à démontrer. Ce point de vue est intéressant, non seulement du fait qu'il émane des corps d'inspection pédagogique – sans doute cet avis est-il aussi partagé par un certain nombre d'enseignants d'histoire-géographie – mais aussi parce qu'il reflète bien le hiatus qui semble exister entre le potentiel qu'on s'accorde à reconnaître aux technologies numériques d'une part, la réalité de leur usage en classe et le bénéfice que l'on est vraiment en droit d'en attendre d'autre part.

Comme l'a bien montré Larry Cuban (1986), chaque nouvelle technologie éducative a promis de changer la pédagogie, ce qui a rendu les professeurs prudents, voire sceptiques sur la capacité des technologies à induire le changement et l'innovation. Mais ce qui est symbolique et en soi révélateur, c'est le fait que pour illustrer son propos, L. Cuban ait choisi une photographie de 1927 : l'image (Figure 1, p 41) montre un professeur de Los Angeles faisant une leçon de géographie dans un avion. On distingue sur cette photographie d'archive une enseignante, debout à l'avant de la cabine près d'un petit tableau noir, montrant de sa baguette un globe terrestre. Face à elle, sept élèves sagement assis devant leur bureau écoutent cette leçon de chose, sans même penser ni oser observer directement la Terre par les hublots de l'avion. La juxtaposition d'une salle de classe aérienne - le sommet de la technologie en 1927 - avec un professeur de géographie faisant la classe de manière très classique, nous semble montrer les illusions et les désillusions qui ont toujours accompagné l'introduction de chaque « nouvelle » technologie. On peut lire cette image comme une métaphore de l'enseignement de la géographie, qui persiste à utiliser des moyens classiques, quand il suffirait d'observer et de déchiffrer la Terre vue d'en haut. Vieux débat sur l'intérêt des technologies dans la classe ou question d'actualité sur les limites des TIC par rapport aux apprentissages des élèves dans le monde

« réel » ? Préjugé anti-technique ou méfiance vis-à-vis des supposés bienfaits pédagogiques de l'informatique ? C'est un phénomène bien connu : entre la salle de classe et une nouvelle technologie, c'est toujours la salle de classe qui gagne ! (Cuban, 1993). Parlant de « romance inconstante », L. Cuban décrit « quatre phases pour chaque technologie : dans la première se multiplient les prophéties sur les changements attendus ; dans la suivante sont menées des expériences pilotes prometteuses. La troisième voit émerger des problèmes lors de la banalisation. La quatrième, où peu d'usages sont constatés, conduit à critiquer les enseignants, suspectés d'immobilisme, tandis qu'arrive une autre vague de technologies » (Baron, 2003).

Figure 1 : La leçon de géographie en avion selon L. Cuban (1986)

Photographie du New York Times (1927)
"*To-day's Aerial Geography Lesson*"

Les phénomènes d'idéalisation de la technique ont été bien mis en avant par d'autres auteurs (Mallein & Toussaint, 1994). Ces derniers ont montré qu'il y a en fait « hybridation des usages », c'est-à-dire que les nouveaux outils se combinent souvent aux anciens. C'est le cas, selon nous, des pratiques cartographiques traditionnelles qui se poursuivent dans l'usage des SIG et des globes virtuels. En tout cas, nous ne sommes plus dans l'illusion technologique (Linard, 1996). De ce point de vue, nous sommes plutôt arrivés à un stade de désenchantement de l'informatique avec la fin des « machines à

enseigner ». Les enjeux actuels autour des usages et de l'intégration de la géomatique en classe ne sont pas étrangers à ces débats. Pour autant, il nous semble important de dépasser l'idée que les enseignants seraient marqués du sceau du conservatisme et l'enseignement de la géographie voué par nature à l'inertie. Si l'on veut dépasser « l'effet boîte noire » de l'ordinateur, il nous paraît essentiel de comprendre dans quel contexte d'usage et dans quels types de pratiques cartographiques s'inscrivent les outils géomatiques, à quels objectifs didactiques ils peuvent répondre.

3. L'approche par les pratiques cartographiques

3.1 Des pratiques cartographiques hétérogènes et souvent ritualisées

Les pratiques cartographiques des enseignants et des élèves ont fait l'objet de différents travaux de recherche didactique depuis dix ans. Ces pratiques ont été étudiées principalement sous trois angles : à travers les questions liées au langage cartographique et à la production de cartes-modèles par les élèves (Journot, 1998 ; Fontanabona, 2001a), à travers la place et le rôle des documents cartographiques dans les manuels scolaires (Niclot, 2003) ou encore à travers les pratiques des enseignants concernant la construction d'un rapport au monde (Thémines, 2006b). Il manque des travaux de recherche qui prennent véritablement en compte les apports spécifiques de la cartographie numérique et des SIG, qui permettraient en particulier d'observer et de comprendre comment la production de cartes sur ordinateur vient s'articuler (ou non) avec les pratiques cartographiques pré-existantes. Au delà de leurs spécificités, ces recherches s'accordent pour montrer l'hétérogénéité des pratiques cartographiques et la difficulté à sortir d'exercices ritualisés. Les relations entre la carte et la géographie enseignée demeurent assez complexes et marquées par des évolutions rapides et contradictoires. La géographie scolaire est traversée depuis vingt ans par une succession de courants, voire de « modes » cartographiques : la carte statistique, la carte-modèle, le croquis de synthèse, pour ne prendre que les exemples les plus significatifs[23]. Comme nous allons le voir, ces différents

[23] Nous excluons ici les pratiques cartographiques donnant lieu à des activités de lecture de cartes au tableau, dans les manuels ou dans les *media*, pour ne prendre en compte que les activités de construction de cartes par les élèves.

types de cartographie ont exercé tour à tour une influence sur les pratiques cartographiques, mais ont été progressivement rejetés ou naturalisés dans la géographie scolaire.

La cartographie statistique a connu son heure de gloire dans les années 1960-1970 avec l'essor des méthodes quantitatives au sein de la géographie et le développement concomitant de l'informatique, qui a permis de faciliter les traitements graphiques et statistiques. Dès la fin des années 1980 et le début des années 1990, certains professeurs d'histoire-géographie du second degré ont découvert l'intérêt d'initier les élèves à la construction de cartes thématiques et ont commencé à utiliser des logiciels de cartographie automatique pour les faire accéder à un "déchiffrement du monde" (Penisson, 2000). Mais l'insuffisance des équipements informatiques des établissements, le manque de formation des enseignants et le risque de dérive vers une approche purement technique de la carte ont sonné assez vite le glas de cette cartographie assistée par ordinateur, qui n'a pas totalement disparu pour autant dans les pratiques actuelles. Malgré ces difficultés, l'apport de ces premières pratiques cartographiques instrumentées est indéniable[24]. Au delà de l'aspect ludique et de la motivation des élèves - qui sont les *leitmotiv* habituels en matière d'apprentissage avec les TIC, l'utilisation de logiciels de cartographie en salle informatique a permis de modifier les pratiques cartographiques de trois manières :

- **en développant l'autonomie des élèves dans la construction de la carte** qui n'est plus une banque de données localisées (carte inventaire), mais un outil pour penser et pour construire l'espace (carte heuristique)[25] ;

- **en mettant l'accent sur la maîtrise du langage cartographique et sur ses spécificités**, en particulier sur la maîtrise à la fois du langage verbal et du

[24] Même si aujourd'hui le temps des "pionniers" est révolu, il reste l'image d'une cartographie par ordinateur profondément liée à la cartographie statistique. D'une certaine manière, l'outil informatique avait permis de poursuivre et d'accomplir à la fin du XXe siècle le cycle de la cartographie quantitative née au XIXe, avec l'invention de la carte choroplèthe. Palsky, G. (1996). *Des chiffres et des cartes. La cartographie quantitative au XIXe siècle*. Thèse de doctorat, Edition CTHS.

[25] Certains auteurs soulignent cependant les limites de la cartographie automatique : "Le risque est que, derrière la simplification des tâches, l'élève n'acquière pas la logique des opérations intellectuelles qui conduisent au résultat fourni par la machine" (P. Le Merrer, F. Kramarz, La graphique et la statistique, in *Actes de colloque INRP*, 1989, p 156).

langage graphique (choix du titre, choix de la légende, choix de la symbolisation*, choix du commentaire de la carte par l'utilisateur lui-même) ;

- **en introduisant progressivement des démarches de simulation** (que passe-t-il si l'on change telle variable visuelle ou telle classification ?) et des démarches de modélisation (quels types de corrélations peut-on établir entre plusieurs faits géographiques d'ordre physique ou humain et comment peut-on aboutir à un modèle global d'explication ?).

Comme on peut donc le constater, en développant l'analyse multicritère et l'analyse spatiale*, l'introduction de la cartographie statistique sur ordinateur dans les pratiques scolaires a préparé la voie aux Systèmes d'Information Géographique qui vont pouvoir intégrer cette nouvelle approche de la carte, comme outil d'investigation spatiale. Pour autant, dans les pratiques scolaires, on est bien loin d'observer une réelle continuité. Certes, quelques enseignants innovants ont su capitaliser les apports de la cartographie automatique mais, pour la majorité d'entre eux, le manque de maîtrise de l'outil informatique a constitué un frein considérable dans la découverte de nouvelles pratiques cartographiques. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'usage des logiciels de cartographie thématique*, comme celui des SIG, demeure encore l'apanage d'une minorité d'enseignants, rompus à l'usage des technologies éducatives. D'autres facteurs explicatifs sont certainement entrés en ligne de compte, en particulier la difficulté d'utiliser l'ordinateur comme véritable outil de modélisation[26].

La modélisation graphique ou chorématique[27] est une approche relativement nouvelle, qui s'est peu à peu imposée à partir des années 1980, grâce à un groupe de géographes français rassemblés autour de R. Brunet et des travaux du G.I.P. Reclus.

[26] Même s'ils ont été peu suivis d'effet dans l'enseignement, il faut souligner les efforts de la Maison de la Géographie de Montpellier pour encourager les débuts de la « cartomatique » ou cartographie assistée par ordinateur, comme le préconisait R. Brunet (1987).

[27] La chorématique cherche à exprimer les organisations spatiales singulières à partir de la combinaison de structures élémentaires (chorèmes), afin d'en dégager des modèles graphiques. Inspirés de la linguistique structurale, les chorèmes, à l'instar des phonèmes pour le langage, constituent des unités insécables à partir desquelles les structures spatiales sont organisées. Comme le rappelle R. Ferras (1993), la carte doit cependant être différenciée du modèle (représentation schématique de la réalité élaborée en vue de l'expliquer, de la comprendre ou de la faire comprendre).

Il s'agit en fait de l'hypothèse d'une similitude entre les formes cartographiques, perçues sur une carte, et les formes géographiques déjà mémorisées. Cette comparaison entre formes cartographiques et formes géographiques permet de sortir des pratiques de la carte empirique et de dégager l'organisation d'un espace géographique. On peut dire que la chorématique a connu un passage météoritique dans la géographie scolaire au début des années 1990 : elle a d'abord séduit un certain nombre d'enseignants désireux d'orienter les pratiques cartographiques vers une approche plus modélisante, avant de disparaître presque complètement des manuels, des programmes scolaires et des activités pédagogiques à l'aube des années 2000[28]. Selon M. Journot, le succès de « l'école chorématique » n'est pas tant lié à l'influence de Roger Brunet et de la « nouvelle géographie » qu'à la volonté de proposer une « approche scientifiquement nouvelle de "l'écriture spatiale" des sociétés, mais également des pratiques pédagogiques mettant l'élève en situation de construire lui-même tout ou partie du savoir » (Journot, 1999). Malgré ce succès initial, la cartographie chorématique a très vite suscité de nombreuses critiques, qu'il s'agisse de la violente charge adressée par « l'école géopolitique » ou des réactions plus mitigées de l'Inspection générale de l'Education nationale. Pour Y. Lacoste, la schématisation est perçue comme une simplification outrancière qui n'apporte pas à l'élève les indispensables repères de localisation, évacue «le social et, au bout du compte, la géographie elle-même, réduite à une abstraite géométrie faite de lignes et de points, représentant des lieux sans climat, sans reliefs, sans paysages» (Lacoste, 1995). Pour G. Dorel, la chorématique ne saurait prétendre être un modèle cartographique même si elle fait appel à de vrais modèles théoriques : « Les chorèmes et les chorotypes de R. Brunet sont à mon sens plus des schémas de structures et de processus que des modèles au sens scientifique du terme, mais cela ne leur retire en rien leur intérêt, tant sur le plan scientifique que sur le plan didactique » (Dorel, 1997).

Malgré ces limites, il convient de souligner les apports de la chorématique, qui a permis de modifier les pratiques cartographiques de trois manières :

[28] La modélisation ne figure pas explicitement dans les programmes d'histoire-géographie, alors qu'elle apparaît par exemple dans les programmes de SVT. Les seuls modèles spatiaux, cités dans les Documents d'accompagnement des programmes d'histoire-géographie – cycle Terminal (2003), sont les modèles centre-périphérie, les modèles urbains, les modèles de réseaux, qui peuvent être utilisés pour la conduite d'une étude de cas en lycée.

- **en mettant en avant les finalités intellectuelles de la géographie à travers la capacité des élèves à argumenter** : à partir de figures simplifiées résumant l'essentiel du territoire étudié (chorèmes), ceux-ci apprennent à construire et à déconstruire la carte ;

- **en mettant l'accent également sur les finalités civiques de la géographie qui utilise la cartographie comme outil pour l'aménagement** : en facilitant la compréhension des acteurs et de leurs territoires, des logiques et des interactions spatiales qui sont en jeu, la carte devient par la-même un outil « citoyen » d'aide à la décision ;

- **en montrant que la simplification de la carte et de ses contours permet d'accéder à une schématisation et à une modélisation* du réel** : comme on le répète souvent, « la carte n'est pas le territoire » (Korzybski, 1998, éd. orig. 1933) ; mais il s'agit d'aller encore plus loin en proposant un modèle d'analyse spatiale, en réhabilitant « le rôle des langages comme producteurs de sens, de manières de penser le monde » (Audigier, 1995)

Cependant les dérives dans l'utilisation scolaire de la chorématique ont conduit assez vite à perdre la fonction heuristique des cartes-modèles, de sorte qu'au lieu de donner du sens à la géographie, les pratiques de modélisation cartographique ont pu mettre les enseignants et les élèves en difficulté : l'introduction d'une géographie véritablement systémique représente une rupture épistémologique par rapport à la géographie enseignée traditionnellement jusque dans les années 1990 ; les enseignants ne sont pas suffisamment familiers avec cette nouvelle « grammaire » chorématique pour la transposer dans les pratiques scolaires et, de surcroît, cette approche conceptualisante de la géographie se concilie mal avec la volonté de l'institution d'affirmer la vocation culturelle et patrimoniale de l'histoire et de la géographie. Enfin les détracteurs de la cartographie chorématique lui reprochent précisément ce que certains enseignants innovants trouvaient séduisant : son approche résolument « constructiviste », qui met l'élève dans la posture de construire ses propres représentations mentales de l'espace géographique. Ce sont là sans doute quelques-unes des raisons pour lesquelles les auteurs des programmes et des

épreuves d'histoire-géographie ont préféré introduire à partir de 1999 l'épreuve plus consensuelle du croquis de synthèse au baccalauréat.

Depuis 1999, les pratiques cartographiques ont été fortement orientées en lycée par l'épreuve du croquis géographique au baccalauréat, tandis que les pratiques cartographiques en collège sont restées relativement moins développées et limitées souvent à des activités de localisation ou de repérage telles qu'elles sont évaluées au brevet[29]. Si l'on se réfère aux programmes officiels du baccalauréat, il s'agit d'apprécier « l'exactitude des informations, notamment la localisation, la capacité à hiérarchiser et à mettre en relation des phénomènes représentés ainsi que l'organisation de la légende. La qualité graphique du croquis est un élément de valorisation de la copie » (Bulletin Officiel de l'Education Nationale, 1997). De fait, l'épreuve de croquis géographique actuellement en vigueur au baccalauréat d'histoire-géographie a tendance à focaliser sur la méthodologie de construction du croquis, dans le but d'améliorer la maîtrise du langage cartographique. Comme le soulignaient certains auteurs (Desplanques, 1993 ; Dorel, 1997), la cartographie était, encore au début des années 1990, le parent pauvre de l'enseignement de la géographie, assuré en majorité par des enseignants de formation historienne. Il semble que ce constat ne soit plus valable aujourd'hui où les enseignants (y compris historiens) ont fait de gros efforts pour se former et pour aider leurs élèves à préparer l'épreuve du croquis de synthèse.

Pour autant, le croquis est devenu un exercice canonique, ritualisé et naturalisé dans la géographie scolaire. Selon Jean-François Thémines, « le croquis de synthèse unique, surtout s'il doit être conçu à partir de données mémorisées, tend à se présenter comme la seule représentation légitime du territoire étudié ; ce qui est en principe difficilement compatible avec l'idée que des logiques différentes organisent l'espace géographique, avec leurs propres acteurs et leurs propres visions du monde » (Thémines, 2006c). Le rituel de la *carte scolaire* est ancien, mais la construction du croquis vient renforcer encore ce processus de ritualisation, en mettant l'accent sur les techniques graphiques pour faire produire des cartes. Cette ritualisation des pratiques cartographiques s'accompagne également d'un processus de naturalisation. Il semble que cette naturalisation s'opère selon

[29] L'élaboration de croquis simples figure dans les programmes d'histoire-géographie du collège, mais ne fait pas l'objet d'une évaluation dans les épreuves du Brevet. De fait, la lecture et la construction de croquis de paysage semble constituer, au niveau collège, une activité beaucoup plus développée que la lecture et la construction de cartes.

un double processus : sur un plan sémiologique, la naturalisation de la carte est « une opération de fusion et d'occultation de la diversité des fonctions du "langage" sous l'évidence d'une seule qui s'impose et par là-même prétend livrer la vérité pure » (Leclerc & Retaillé, 2004). Dans un but pédagogique et pour faciliter l'accès à une vision consensuelle des territoires étudiés, la cartographie scolaire affirme le principe d'unité de la carte : le croquis de synthèse a tendance à gommer les visions différentes de l'espace. Mais le processus de naturalisation peut être envisagé également sous l'angle de la carte « source », intercalée entre le réel à représenter et l'intelligence de ce réel. Il s'agit moins du problème de la « transparence » de la carte que de son statut d'objet construit et justifié scientifiquement : comme le soulignent Leclerc et Retaillé (2004), « une démonstration remplace le récit en quelque sorte ; son axiomatique est livrée en même temps que son résultat. Pas toujours cependant ». Il y a là comme une fausse évidence du croquis de synthèse, qu'il soit donné à voir ou construit, dans une vision unifiant perception et compréhension du message cartographique[30].

De ce point de vue, les pratiques cartographiques dominantes, induites par l'épreuve de croquis, viennent en rupture non seulement avec les apports de la cartographie statistique où l'élève disposait au moins de données pour construire la carte, mais aussi avec les apports de la chorématique où l'objectif était de développer une argumentation (Journot & Oudot, 1997 ; Thémines, 2006c). Rappelons qu'au moment de sa création, l'un des projets de l'épreuve au baccalauréat reposait sur la construction d'un croquis à partir d'un dossier documentaire. Comme le souligne M. Journot, « ce projet présentait au moins l'avantage de ne pas réduire l'épreuve à un exercice de mémoire et aurait pu permettre d'envisager la construction de schémas d'organisation de l'espace. Mais ce projet a été abandonné au profit d'une épreuve plus classique : le croquis de synthèse fait de mémoire par le candidat, en moins d'une heure, à partir d'un fond de carte traditionnel » (Journot, 1999). En somme, l'épreuve du croquis aurait pu devenir un exercice formateur, mais il a été en partie vidé de son sens dans les choix qui ont présidé à sa création.

Comme on peut le constater, le choix de l'épreuve cartographique au baccalauréat et donc l'orientation des pratiques cartographiques en classe ont donné lieu à de vifs débats, parmi les enseignants du secondaire et parmi les géographes universitaires. Pourtant, au

[30] On peut noter que l'usage de fonds de cartes récurrents et de codes cartographiques correspondant aux règles de la sémiologie, au nombre limité de signes qu'un élève est capable de maîtriser et à la vision du monde que l'on souhaite donner, contribue aussi à naturaliser fortement l'usage scolaire du croquis.

delà de l'affrontement entre différentes « écoles » géographiques, c'est moins un problème de choix entre plusieurs types de cartographie qu'une vision de la carte et de son rôle au service d'un certain type de géographie qui était en jeu[31]. En dépit des critiques adressées par différents auteurs (Campmeil, 1995 ; Lacoste, 1995 ; Marconis, 1995), les prescriptions officielles insistent sur le rôle majeur du croquis pour comprendre l'organisation de l'espace. Les dérives sont sans doute autant liées à la nature de l'épreuve qu'aux usages scolaires de la carte et du croquis[32]. On observe en effet que chacun des types de cartographie (carte statistique, carte-modèle, croquis de synthèse) a débouché sur des exercices scolaires ritualisés, comme si l'influence du modèle de la « discipline scolaire » venait naturaliser et ritualiser l'usage de la carte en tant qu'image transparente du réel (Chervel, 1988 ; Audigier, 1993)[33]. En somme, la situation est assez paradoxale : on observe une évolution rapide et en même temps une inertie des pratiques cartographiques. Pour comprendre cette situation paradoxale, il faut prendre en compte le statut de la carte, du croquis et du schéma dans l'enseignement de la géographie.

3.2 Du statut de la carte, du croquis et du schéma dans l'enseignement de la géographie

Les usages scolaires de la carte, du croquis et du schéma renvoient à des débats polémiques entre géographes, mais aussi à des questions de fond sur le statut et sur les aptitudes respectives de ces différents outils pour représenter et penser l'espace. Selon R. Brunet, « une carte est une image, une représentation du monde, où plus exactement de quelque chose, quelque part.» Mais précisément les différents supports (cartes, croquis, schémas) n'ont pas la même aptitude à représenter le monde et

[31] Selon l'expression de R. Brunet, « En géographie, on n'a pas besoin de savoir dessiner, il suffit de penser ». Pour Y. Lacoste (1985), la géographie ne sert pas seulement à faire la guerre : « La description et le raisonnement géographiques doivent devenir [...] une succession d'énigmes auxquelles répond le géographe ».

[32] En supprimant le commentaire qui accompagnait obligatoirement le croquis, les textes officiels vont tenter de corriger certaines dérives, en particulier celle qui conduisait les élèves à paraphraser la carte, alors que l'objectif initial du commentaire était de justifier les choix graphiques et l'organisation de la légende en rapport avec le sujet traité. (Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2004). *Epreuve obligatoire d'histoire-géographie du baccalauréat général*, n°7, 12 février 2004.)

[33] Le modèle de la « discipline scolaire » (F. Audigier) est présenté plus loin dans le chapitre 4.2 (p 67).

correspondent à différentes intentions dans cette représentation. Parmi toute la panoplie cartographique, le croquis occupe une place particulière :

- la carte : elle sert à localiser les lieux et les phénomènes géographiques. C'est un moyen simple et pratique pour localiser des lieux ou des éléments naturels ou humains sur un espace. La carte est donc descriptive. Elle doit pouvoir se voir, mais aussi se lire. Elle obéit à un langage codifié et normalisé avec légende et échelle. **En résumé, la carte informe et localise ;**

- le croquis : il est réalisé également sur un fond de carte à l'échelle, mais la démarche est analytique. L'élève doit mobiliser ses connaissances en fonction d'une problématique, construire un croquis en choisissant les figurés et classer la légende en hiérarchisant les phénomènes. Le croquis est déjà interprétation : il simplifie le réel et fait apparaître les grandes caractéristiques des espaces et de leur organisation. En tant que tel, il est l'aboutissement d'une réflexion. Il répond donc à une construction intellectuelle et doit pouvoir se lire. **Le croquis donc localise, sélectionne, et hiérarchise ;**

- le schéma : il n'y a plus de fond de carte ni d'échelle. Il s'agit de dégager une vue abstraite des types d'espace. La démarche est interprétative. On aboutit à un modèle géographique, où la mise en valeur des logiques spatiales l'emporte sur la localisation des phénomènes. On cherche surtout à déchiffrer l'espace. **Le schéma exprime donc une idée, quitte à s'affranchir des informations « parasites ».**

Il ressort de cette typologie que le croquis géographique, tel qu'il a été conçu et mis en œuvre dans les pratiques scolaires, occupe une place ambiguë entre la carte et le schéma. Ni seulement carte de localisation ni véritablement schéma interprétatif, le croquis dans ses usages scolaires hésite entre deux types de représentation du réel : un type de représentation iconique (rapport d'analogie direct avec le réel) et un type de représentation symbolique (rapport conventionnel entre le symbole cartographique et le phénomène géographique qu'il représente). Il convient ici de rappeler que le langage cartographique

repose sur l'articulation complexe entre langage graphique et langage verbal. Comme le souligne J. Fontanabona :

> *« En sémiotique, une carte est un objet signifiant : un ensemble de signes graphiques et verbaux inscrits sur un plan (feuille de papier, écran d'ordinateur). En effet, elle rend compte d'informations sur un autre objet, un référent géographique : portion de l'étendue terrestre appropriée, aménagée, « pensée » par un ou des groupes sociaux. Elle est l'expression d'un savoir, un signifié, qui a été conçu et sélectionné par l'auteur de la carte. Ce détour sémiotique permet de prendre garde au piège de la réification scolaire des cartes, cette conviction spontanée qu'une carte est un substitut exact, total du réel dont elle rend compte »* (Fontanabona, 2006a) [34].

Si la plupart des enseignants d'histoire-géographie sont bien conscients que la carte est une représentation subjective de la réalité, la préparation des élèves à l'épreuve du croquis les conduit souvent à leur faire apprendre des localisations et des configurations spatiales, quand ils devraient au contraire insister davantage sur la compréhension des interactions spatiales et des logiques géographiques[35]. On rejoint ici les potentialités formatives de la carte qui n'a pas en soi le pouvoir de faire comprendre l'espace qu'elle représente. Ce problème fondamental n'est pas propre à l'enseignement de la géographie et concerne d'autres disciplines scolaires, comme les sciences de la vie et de la Terre ou les mathématiques.

En géologie, cette difficulté a été examinée par différents auteurs (Savaton, 1998 ; Sanchez, 2007). La carte géologique traduit de manière codée l'état des connaissances

[34] L'épreuve de croquis au baccalauréat a cependant entraîné un développement des pratiques cartographiques en classe et une meilleure maîtrise du langage cartographique par les enseignants, de sorte qu'il n'est plus possible aujourd'hui de réduire l'usage des cartes à leur seule fonction d'illustration du discours géographique, voire de "monstration", c'est-à-dire "une exhibition ayant valeur de preuve" (Lussaut, 1996, p 103).

[35] Les documents d'accompagnement des programmes en histoire-géographie assignent trois fonctions à la cartographie dans l'enseignement au lycée, sans préciser les rapports à établir ni la priorité à accorder à ces différentes activités (mémoriser, comprendre, raisonner) :

- aider au repérage et à la mémorisation de noms de lieux (les repères spatiaux indispensables) ;
- faciliter l'appropriation de connaissances sur l'organisation des espaces par son caractère visuel et synthétique ;
- permettre à l'élève d'exprimer un raisonnement géographique lorsqu'il est placé en situation de produire lui-même des croquis ou des schémas.

géologiques de son époque. Dans l'enseignement secondaire, son usage reste souvent limité à une lecture ponctuelle, à la construction de cartes simplifiées ou de quelques coupes géologiques (l'exercice rituel dans cette discipline). L'apprentissage de son décodage cartographique est incontournable. Mais au delà de l'appréhension de l'objet complexe que constitue la carte géologique, l'objectif est la construction scientifique d'un savoir, à partir d'un modèle de connaissances qui nécessite d'être confronté au réel. La sortie de terrain en géologie constitue un moyen privilégié pour confronter le modèle scientifique (donné par la carte géologique et donc forcément daté et discutable) et le registre empirique (perçu à partir des propriétés du réel, mais également construit par les élèves à partir des indices qu'ils sont en mesure de voir et de prélever)[36]. Les sciences de la vie et de la Terre insistent donc moins sur la construction de la carte et les problèmes inhérents à la symbolisation que sur la reconstruction du réel à partir d'une modélisation. Cependant, la démarche expérimentale vient souvent renforcer un rapport indiciaire à l'espace représenté, considéré comme une « empreinte » de la réalité.

En mathématiques, la construction de l'espace et sa représentation graphique se posent en des termes sensiblement différents, dans la mesure où elles font référence à un espace géométrique. Cet espace a ses propriétés topologiques* ; il se distingue nettement de l'espace topographique de la carte qui est référencé à l'espace terrestre[37]. Toutefois on rencontre en partie les mêmes problématiques en ce qui concerne la difficulté à se construire une représentation tridimensionnelle de l'espace, à partir de la lecture d'un espace-plan en deux dimensions. Ce dernier problème est en partie surmonté par l'utilisation de logiciels de géométrie dynamique permettant la construction de figures en trois dimensions. C'est certainement l'un des enjeux également de l'utilisation de la cartographie numérique et des images 3D, qui commencent à être introduits dans l'enseignement de la géographie.

[36] Pratiquée par quelques enseignants, la sortie de terrain reste relativement rare dans l'enseignement de la géographie : difficultés pour organiser une sortie pédagogique hors de l'établissement, rapport spécifique et ambigu des géographes avec le terrain (et le paysage), ou prédilection pour la carte comme moyen d'accès « direct » à la compréhension du réel ?

[37] On peut noter toutefois que les Systèmes d'Information Géographique et les outils de géolocalisation, par l'usage des méthodes de géoréférencement (usage de coordonnées géographiques et de projections géométriques de manière à pouvoir représenter le globe terrestre en trois dimensions sur le plan de la carte en deux dimensions), nous ramènent également à des questions topologiques sur l'espace.

3.3 La carte numérique, comme outil de visualisation et de traitement de l'information

Si l'on s'intéresse désormais à la cartographie numérique, on observe là encore une succession de « modes » cartographiques correspondant à l'évolution rapide des technologies et à la difficulté de stabiliser les usages des cartes et des images en géographie. En moins de deux décennies, nous sommes passés des atlas électroniques aux logiciels de cartographie automatique, des logiciels d'imagerie satellitale aux Systèmes d'Information Géographique (SIG), voire aux « globes virtuels »[38]. Ces différents outils de cartographie et d'imagerie numériques débouchent sur des types d'usage et des formes de raisonnement géographique à la fois semblables et différents. L'image cartographique à l'écran n'y tient pas le même statut :

- **mode de consultation et de localisation** en ce qui concerne l'usage de cartes numériques sur CD-ROM ou sur Internet, en particulier les sites de calcul d'itinéraire ;

- **apprentissage de la construction de cartes** et **initiation au langage graphique** dans le cas des logiciels de croquis ou de cartographie thématique ;

- **mode de traitement et de calcul numérique** pour la cartographie automatique, mais aussi pour les logiciels de traitement d'image satellitale ;

- **support d'investigation visuelle et d'exploration de l'espace** concernant les « globes virtuels » ;

- **visualisation et traitement de l'information** en ce qui concerne les Systèmes d'Information Géographique, mais ceux-ci doivent être mis à part dans la mesure où ils superposent aussi bien des cartes topographiques, des cartes thématiques produites à partir de bases de données, des images aériennes ou des

[38] Le développement des usages éducatifs des globes virtuels est présenté dans le chapitre 9.2 (p 133).

images satellitales (elles-mêmes issues de traitement graphiques et de classificiations), des modèles numériques de terrain en trois dimensions.

Naturellement ces divers supports numériques donnent lieu à des usages « hybrides », avec des trajectoires d'usages très différentes selon les utilisateurs : par exemple, tel utilisateur qui souhaite éviter des traitements longs et fastidieux, préférera s'en tenir à la consultation d'images satellitales en couleurs « naturelles » ou à l'usage d'un visualisateur pour afficher différentes couches d'information*. Au contraire, tel autre utilisateur plus familiarisé avec l'outil informatique souhaitera utiliser des bases de données sur Internet ou sur un CD-ROM pour leur appliquer des traitements spécifiques, puis capitalisant un certain savoir-faire cartographique, passera assez vite à l'utilisation de gros logiciels de traitement d'image ou d'information géographique, de type SIG. Mais s'il y a parfois un processus de sédimentation des innovations techniques, force est de constater l'absence de réflexion réelle sur le potentiel spécifique de ces différents outils cartographiques.

Prenons tout d'abord l'exemple des atlas *multimedia* qui ont fleuri dans les années 1990, avant de connaître un net recul aujourd'hui. Ils ont suscité un réel engouement, lié sans doute aux espoirs que l'on fondait sur les possibilités de la « cartographie interactive » : mis à part certaines cartes *hypermédia* où l'utilisateur pouvait naviguer dans l'espace de la carte à partir d'hyperliens graphiques ou textuels, les possibilités d'interaction sont restées relativement limitées. Comme le soulignent certains auteurs (Antoni, Klein & Moisy, 2004) :

> *« L'ordinateur permet d'afficher des cartes : c'est ce que nous appelons la cartographie d'affichage. Fondamentalement, il n'y pas ici de grande différence avec la carte papier traditionnelle ; on peut tout aussi bien la masquer, s'éloigner, s'équiper d'une loupe… sans réelle exploitation des possibilités de visualisation et de communication multimédia de l'informatique actuelle. »*

Cependant la cartographie *multimedia* a représenté une valeur ajoutée dans deux domaines : celui de la cartographie dynamique avec la possibilité d'intégrer la dimension temporelle, notamment pour représenter des dynamiques spatiales, et celui de l'exploration visuelle, le processus de visualisation devenant central dans le mode de création et de consultation de la carte.

Au moment où les cartes numériques se multiplient sur Internet et dans les *media*, la question de la manipulation du public par les cartes devient une préoccupation majeure[39]. Qu'il s'agisse de la carte des bombardements israéliens lors de la guerre au Liban en 2006 ou encore plus récemment des camps de réfugiés au Darfour, les cartes produites et actualisées très rapidement sur Internet deviennent un outil du débat géopolitique. De même, les cartes de résultats présentés après chaque scrutin électoral à la télévision ou dans les journaux font l'objet de commentaires et d'interprétations fort dissemblables. C'est pourquoi certains enseignants ont vu tout le bénéfice de recourir à des logiciels de cartographie pour montrer aux élèves le « dessous des cartes ». En construisant leur propre carte, les élèves sont plus à même de comprendre les choix discutables qui président à l'élaboration d'une carte, voire de plusieurs cartes. Avec l'outil informatique, l'utilisateur ne construit plus en effet une seule carte, mais une série illimitée qui lui permet d'en retenir quelques-unes en fonction des seuils qu'il a choisis et du « message cartographique » qu'il entend délivrer[40]. La mise en évidence de corrélations entre différents faits géographiques amène assez vite à chercher des facteurs explicatifs. Comment expliquer la géographie électorale de la France par rapport à la répartition socio-spatiale de sa population, par rapport à des pratiques sociales ou religieuses, par rapport à des traditions politiques ? Comment appréhender les différents types d'inégalités à l'échelle mondiale et régionale, et en quoi la limite « Nord-Sud » est-elle encore valide ou non ? La recherche de facteurs explicatifs peut tomber parfois dans un certain déterminisme, mais en montrant qu'on peut aussi établir de « fausses » corrélations, on arrive assez facilement à démontrer que la carte peut mentir ou manipuler : la géographie électorale de la France est-elle encore seulement liées à des héritages ? La France du vote conservateur est-elle encore la France des agriculteurs et des terroirs ? La nouvelle géographie du vote est-elle directement liée au gradient d'urbanité (Andrieu & Lévy, 2007) ?

Comme le soulignent plusieurs auteurs (Monmonier, 1993 ; Retaillé, 1996), « la vérité par carte » est aussi un leurre : la carte est un langage et, à ce titre, elle peut

[39] Voir en particulier l'article de Philippe Rekacewicz, cartographe du Monde diplomatique, *La cartographie, entre science, art et manipulation :* <http://www.monde-diplomatique.fr/2006/02/REKACEWICZ/13169> (consulté le 08.06.2008)

[40] Les essais successifs sont autant d'expériences de recherche, jusqu'à obtention de la carte jugée adaptée. On en vient presque à l'idée d'une carte "à jeter" après usage.

mentir. La carte, moyen de communication, est une interprétation de la réalité, et selon l'utilisation des statistiques, les résultats peuvent donc être très différents. La carte est souvent perçue comme infaillible, pourtant on peut la faire mentir aussi en reprenant des données fausses ou imprécises, ou en utilisant des méthodes de représentation inadéquates[41]. La cartographie automatique ne parvient pas à s'affranchir des problèmes inhérents au découpage des unités territoriales de recensement et à la fiabilité des données statistiques. L'ordinateur ne restitue, après traitement, que les bases déjà intégrées dans le système. Mais du moins permet-il d'insister sur le processus de production plus que sur le produit qui en résulte : il s'agit de faire construire et déconstruire des cartes en laissant la place « au tâtonnement, à l'hésitation dans la réponse, à la possibilité de se tromper, de revenir en arrière et de corriger avant de rendre un exercice à l'enseignant, le détachement entre l'acte de production et le document final, étant plus sensible sur écran que sur papier ». (Baldner & Bigorre, 2001). La possibilité de réaliser un grand nombre de cartes grâce à la rapidité de calcul de l'ordinateur est souvent présentée comme le principal facteur de cette autonomisation intellectuelle de l'élève. Mais il ne faut pas sous-estimer le rôle joué par l'accès direct aux données statistiques et surtout l'interactivité entre la carte et la banque de données, qui favorise les allers-retours entre le raisonnement et les informations qui ont servi à le construire.

Pourtant, les résultats de certaines recherches montrent que l'intégration de ces outils de cartographie numérique dans la géographie scolaire est loin d'être un fait acquis :

> « *Le traitement de données, le traitement graphique, la modélisation et la simulation restent à l'état de greffon parce que le travail de reconstruction de l'objet, de recontextualisation à partir d'un lien forcé entre le champ scientifique et l'autonomie scolaire, ne s'intègre que partiellement, quand il ne constitue pas un discours parallèle, à la mise à plat quotidienne de la progression disciplinaire, les usages informatiques ne trouvant leur légitimation et leur lisibilité sociale que dans la cohérence interne de l'objet ou de la démarche spécifiés* » (Baldner & Bigorre, 2001).

[41] « Tout le monde sait maintenant qu'il existe cinq sortes de mensonges : les petits, les gros, les statistiques, les cartes et les arguments de vente. En paraphrasant Sir Winston Churchill, avec l'aide de Mark Monmonier (1991), on en vient à couvrir à peu près tout les maux dont les cartographes seraient coupables, en tant que communicateurs de réalités géographiques par des représentations graphiques.» in Ferland, Y. (1997). *Les défis théoriques posés à la cartographie. Colloque "30 ans de sémiologie graphique" (Paris, 12-13 décembre 1997)*. <http://www.cybergeo.presse.fr/semiogra/bord/bord.htm> (consulté le 25.11.2007).

Ce point de vue témoigne du fait qu'il n'y a pas de stabilisation des usages respectifs et complémentaires des cartes papier et numérique, ni appropriation des nouvelles techniques cartographiques dans le champ de la géographie. Au delà de l'innovation cartographique, l'usage de ces outils de visualisation et de traitement de l'information n'a pas permis de lutter contre la naturalisation et la ritualisation des cartes dans la géographie scolaire. On peut dresser, *mutatis mutandis*, le même type de constat concernant l'usage des logiciels de traitement d'images satellitales.

Après avoir suscité l'enthousiasme au milieu des années 1980, l'imagerie numérique issue des nouveaux moyens de télédétection a quasiment disparu des pratiques cartographiques aujourd'hui[42]. Pourtant le développement du logiciel de traitement d'image Titus (Traitement d'images de télédétection à usage scolaire) avait été encouragé et soutenu par la Sous-Direction des Technologies. Afin de faciliter l'accès à ces images numériques, le Ministère de l'Education Nationale avait pris le soin de négocier un accès gratuit à certaines images SPOT pour une utilisation pédagogique[43]. Les réflexions sur l'image scientifique et ses rapports à l'enseignement avaient même conduit à une recherche à l'INRP sur l'introduction de la télédétection dans l'enseignement (Blondel & Salamé, 1987). Ces nouvelles images pour « mieux voir, mieux comprendre la Terre » présentaient l'intérêt de rapprocher plusieurs disciplines et de permettre de conduire des séances d'activités interdisciplinaires entre l'histoire-géographie, les sciences de la vie et de la Terre et les sciences physiques[44]. Comme le rappellaient les auteurs, « il est de première importance d'apprendre aux élèves comment ces images sont fabriquées, et donc comment

---

[42] On peut mentionner les travaux de T. Hatt pour faciliter l'accès aux outils de télédétection : Hatt, T. (1988). Images pédagogiques, images professionnelles ? Quelles images satellitaires pour la classe ? *Revue de géographie de Lyon*, 63 (2-3), p. 46-54.

[43] Ces images satellitales, libres de droit pour un usage éducatif, sont toujours accessibles sur le site de Spotimage. Disponible sur : <http://www.spotimage.fr/web/124-education-nationale.php> (consulté le 08.03.2008).

Le site Educnet Histoire-géographie consacre une rubrique pour la prise en main du logiciel Titus et l'usage de ces images pour l'éducation. Disponible sur : <http://www.educnet.education.fr/espace/satimg.htm> (consulté le 08.03.2008).

[44] On peut noter que le "couple histoire-géographie" est une exception française et que, dans la plupart des pays anglo-saxons, l'enseignement de la géographie est rattaché à celui des sciences de la Terre, ce qui a pour conséquence de faciliter le partage de contenus et de méthodes au sein des géosciences : par exemple le rapport à l'espace et au temps, le rôle de la carte comme outil de représentation et de modélisation, la place de l'analyse spatiale de la résolution de problème dans les procesus d'apprentissage...

elles peuvent être lues ». En géographie, la télédétection a pu servir à traiter différents thèmes figurant alors dans les programmes scolaires, principalement la météorologie, la climatologie, l'occupation des sols et l'urbanisation (Vauzelle, 1987).

Mais la nécessité de se former aux techniques complexes d'acquisition des images, aux règles de la photo-interprétation et aux méthodes de traitement de données numériques, a en grande partie obéré l'usage de la télédétection en classe de géographie. D'aucuns ont incriminé la difficulté de prise en main du logiciel Titus, le coût d'achat des images SPOT non complètement négocié par le Ministère ou encore l'activité « chronophage » que représentait l'interprétation de ces images. Mais il semble qu'il faille également attribuer l'insuccès de l'entreprise au manque de culture scientifique des enseignants d'histoire-géographie[45], au faible ancrage de la télédétection dans les pratiques rituelles de la cartographie et à la difficulté pour les enseignants et les élèves de traiter des masses de données et d'utiliser des méthodes de classification[46]. Une autre explication tient à la difficulté d'implémenter des démarches expérimentales dans l'enseignement de la géographie. L'enseignement des sciences de la vie et de la Terre (SVT) a su au contraire développer une approche expérimentale[47], donnant de fait une importance particulière à l'utilisation des images numériques (imagerie médicale, imagerie satellitale). La nature même des objets étudiés, trop petits, trop gros, trop éloignés ou simplement impossibles à

[45] C. Grataloup (1998) attribue au contraire le succès scolaire de la modélisation graphique au « caractère majoritairement littéraire de la formation des enseignants d'histoire-géographie », ces derniers trouvant dans la chorématique un savoir d'accès aisé, alors qu'ils sont rebutés par la modélisation scientifique utilisant les formalisations mathématiques : « l'itinéraire pédagogique de la modélisation géographique peut ainsi se lire comme la quête d'un Graal de la "nouvelle géographie" sans formulation mathématique ».

[46] Les classifications consistent à regrouper les pixels dans des classes qui ont une signification thématique, en fonction de leurs valeurs radiométriques. Elles peuvent s'effectuer canal par canal ou de façon multidimentionnele (plusieurs canaux à la fois), de manière supervisée (zones tests choisies par l'utilisateur) ou non (technique d'agrégation mathématique pour découper au mieux, en classes, le nuage de points).

[47] La modélisation comme démarche d'investigation scientifique figure explicitement dans les programmes de sciences de la vie et de la Terre en lycée. Aux côtés de la démarche expérimentale, elle figure plus généralement dans l'enseignement des sciences. Certains auteurs ont mis en avant les limites de la démarche expérimentale par rapport à la démarche scientifique, du fait qu'elle reposait sur l'idée positiviste que « pour comprendre, il suffit de faire ».

manipuler, interdit souvent l'observation directe des phénomènes dans cette discipline[48]. La place centrale accordée à l'observation et à la modélisation permet de comprendre également le succès plus durable de l'imagerie satellitale en SVT. Enfin des thèmes tels que la tectonique des plaques et l'étude des risques sismiques ou volcaniques, les évolutions climatiques, la déforestation, l'évolution des cultures, le réseau hydrographique ou l'érosion côtière relèvent désormais des sciences de la Terre, alors qu'ils faisaient partie auparavant des programmes de géographie. L'enseignement de la géographie physique, sans avoir disparu complètement de la géographie enseignée, relève désormais de l'enseignement des sciences de la Terre, qui envisage les phénomènes physiques sous l'angle spécifique des dynamiques internes de la planète. Bien que la perspective aujourd'hui soit en train de changer avec la mise en place de l'éducation à l'environnement et au développement durable, le cloisonnement disciplinaire a pu nuire en partie à l'introduction de la télédétection, qui nécessitait une approche pluri-disciplinaire.

La conséquence fut, pour la géographie, de limiter progressivement l'usage des images satellitales à la consultation d'illustrations dans les manuels scolaires. Comme le souligne D. Niclot :

> *« L'obstacle principal à une utilisation réellement formatrice pour les élèves des images satellitales vient de leur nature même. Il s'agit d'images numériques, complexes, surtout lorsqu'elles associent plusieurs canaux, comme dans le cas des images des satellites Spot ou Landsat. Ces images étant conçues pour être traitées par des logiciels spécialisés, leur présentation sur support papier appauvrit les informations qu'elles recèlent. »* (Niclot, 1999)

De fait, on en revient à un « imagement du monde », alors que tout l'enjeu de l'introduction des images satellitales dans l'enseignement de la géographie était d'offrir un regard différent sur le monde. Comme la carte, l'image satellitale privilégie le regard « vu d'en haut ». Mais contrairement à la carte, elle offre une observation directe et actualisable de la Terre. Elle permet de compléter ou de réviser l'interprétation du cartographe (par exemple en ajoutant le parcellaire ou le mode d'occupation du sol qui ne figurent pas sur la carte topographique). Elle nécessite cependant d'être capable de maîtriser les codes sémiologiques de l'image numérique. Or, l'analyse des activités

[48] On peut voir les différents capteurs des satellites comme « autant d'yeux percevant ce que l'œil humain ne pourrait saisir ». Mais ils nous donnent aussi à voir l'invisible, par l'infrarouge par exemple.

pédagogiques réalisées avec l'imagerie satellitale montre qu'il aurait peut-être fallu assumer un enseignement complet sur les aspects scientifiques et techniques de la télédétection (maîtrise des moyens d'acquisition et de traitement, maîtrise de la sémiologie de ces images numériques qui ne sont pas des photographies de la Terre), avant d'envisager l'étude de ses applications (suivi de catastrophes naturelles, gestion de ressources, études d'impact environnemental,…)[49]. En choisissant clairement de conduire directement des études thématiques, la volonté était de naturaliser l'outil dans la géographie scolaire. Mais les contraintes de prise en main technique et les choix didactiques n'étaient pas pour autant réglés. De fait, on pouvait encore hésiter entre l'acquisition de savoirs-faire purement cartographiques (travail sur la projection*, sur l'orientation, sur l'échelle, sur la généralisation cartographique) et l'acquisition d'une culture géographique à l'échelle du monde. Comme le fait remarquer J. Wilmet :

> « *La télédétection et la géographie ont un objet d'étude commun : l'observation de la surface de la Terre. Mais leur relation d'informateur à utilisateur va bien au delà. […] La télédétection conduit souvent à un renouvellement des problématiques spatiales.* » (Wilmet, 2004, ed. orig. 1984)

Au delà des problèmes posés par l'introduction des images de télédétection dans l'enseignement de la géographie, l'expérience plus ou moins réussie de Titus et de l'imagerie satellitale dans l'éducation a permis de poser la question centrale des nouveaux outils d'investigation spatiale.

3.4 Le SIG, un nouvel outil d'investigation pour penser l'espace ?

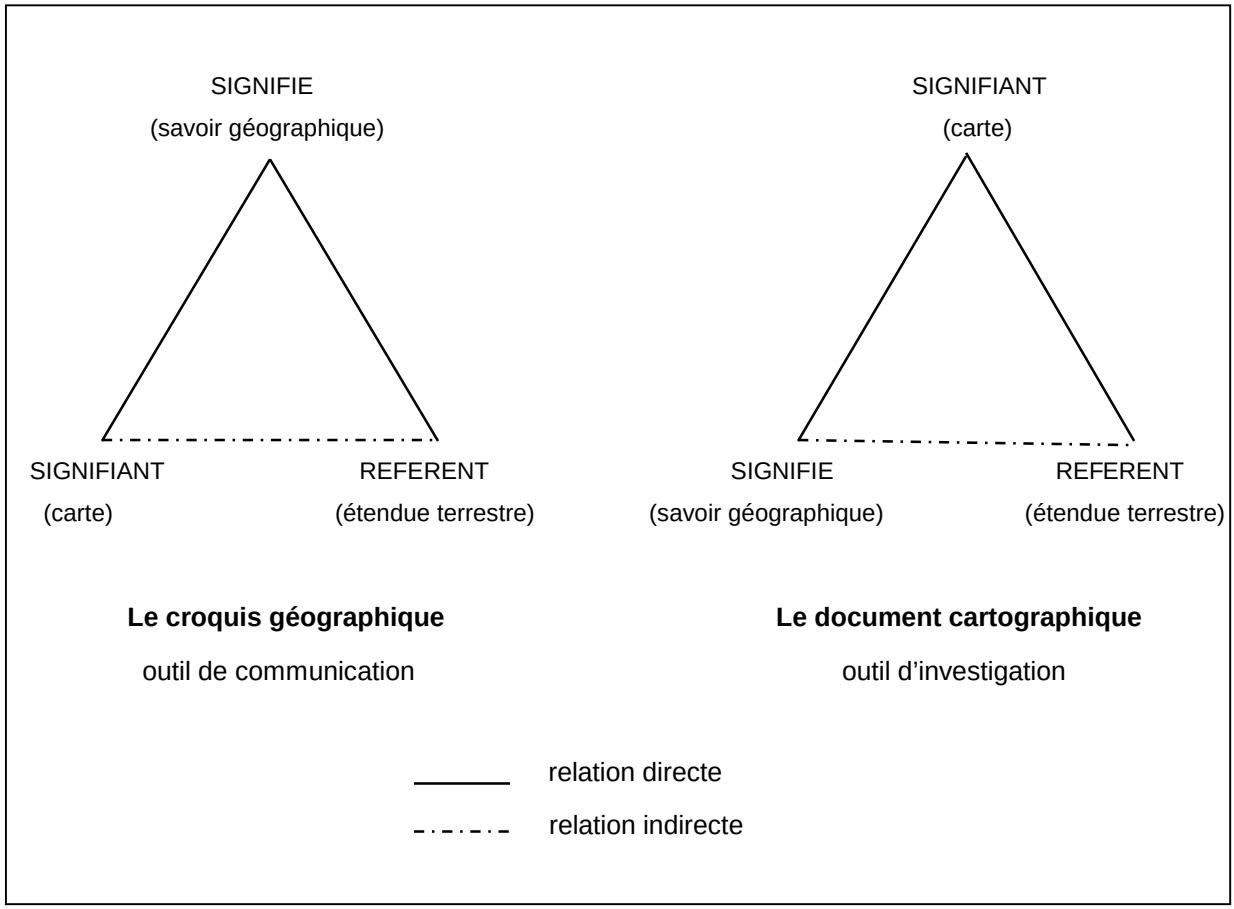
Nous postulons que l'usage des Systèmes d'information géographique est susceptible de changer le statut et le rôle de la carte dans l'enseignement de la géographie : de banque de données localisées, la carte devient banc d'essai et de simulation, méthode de vérification expérimentale. Comme le montre le schéma élaboré par J. Fontanabona (Figure 2), l'usage de la carte répond à deux grands types de situation en géographie :

[49] On peut remarquer que la question de la maîtrise préalable de l'outil se pose actuellement dans les mêmes termes en ce qui concerne les Systèmes d'Information Géographique, considérés à tort ou à raison comme des outils « lourds » à manipuler et réservés au monde professionnel. C'est probablement la raison pour laquelle les enseignants pionniers dans l'usage des SIG ont été souvent ceux qui avaient été formés à l'usage de la télédétection.

- **le croquis de géographie, comme outil de communication** : comment *exprimer* à l'aide d'une carte ce que je sais à propos d'une portion ou de la totalité de l'étendue terrestre ?

- **le document cartographique, comme outil d'investigation** : comment *interpréter* les informations que je peux tirer de cette carte et ainsi préciser ce que je sais déjà sur cette portion ou de la totalité de l'étendue terrestre ?

Figure 2 : Les statuts sémiotiques d'une carte selon Fontanabona (2001, p 44)



Entre ces deux types, il y a renversement des statuts sémiotiques de la carte (Fontanabona, 2001b). Dans le cas du croquis de géographie, ces sont les relations directes entre le signifié (le savoir géographique) et le référent (l'étendue terrestre) qui sont déterminantes. Dans le cas de la carte comme outil d'investigation, c'est le signifiant (la carte) qui est au centre des relations établies d'une part avec le signifié (savoir géographique), d'autre par avec le référent (étendue terrestre) : la carte devient centrale

dans l'accès au sens. On observe surtout un changement de paradigme et de posture épistémique face au réel : la « carte géographique » n'est plus seulement considérée comme un outil de représentation, mais comme un outil d'investigation. On s'intéresse moins à l'apprentissage de la cartographie (finalité intellectuelle) qu'à la prise de distance de futurs citoyens vis-à-vis des cartes (finalité civique). Ce changement induit une réorientation complète des pratiques cartographiques.

Cette distinction entre la carte comme support de représentation et la carte comme outil d'investigation se retrouve dans d'autres typologies, mettant l'accent sur les usages de la carte. Selon G. Mottet, on peut distinguer trois sortes d'usages de la carte dans l'enseignement (Mottet, 1995) :

- **la carte comme support visuel de la leçon de géographie** : utilisée comme moyen d'enseignement, on n'en retient que les aspects référentiels, par lesquels des connaissances sont rapportées aux territoires ;

- **la carte comme objet d'apprentissage méthodologique** : on s'intéresse davantage au langage cartographique, on insiste sur les aspects sémiotiques, ce qui implique un déplacement du centre d'intérêt du référent au signifiant et un intérêt pour les compétences cartographiques à maîtriser à l'école ;

- **la carte comme instrument de pensée**, qui permet la construction d'une représentation organisée de l'espace. Comme tout langage, on peut s'en servir pour penser le monde, pour structurer mentalement des objets et des propriétés, les mettre en forme, les mettre en relation. On prend alors en compte les aspects cognitifs de la carte.

Sans évacuer complètement les deux premiers types d'usages (la carte comme support de savoir géographique et comme langage de représentation), le SIG met l'accent surtout sur le troisième type d'usage : la carte numérique en tant qu'outil pour aider les élèves à développer des compétences cognitives relatives à l'organisation de l'espace. Selon cette conception, « la carte ouvre un espace d'action permettant de mettre en jeu et d'éprouver des raisonnements géographiques [...] La carte donne prise sur le monde, l'élève peut agir sur une réalité, la concevoir, la transformer par l'intermédiaire d'une carte à

dessiner, plus exactement à imaginer, à manipuler » (Mottet, 1995, p 81). La cartographie numérique et plus particulièrement les SIG doivent permettre de faciliter cette « prise sur le monde », non pas tant dans leur pouvoir de restituer le réel que dans leur aptitude à faire poser des questions et à formuler des hypothèses. Les SIG peuvent faciliter la démarche d'investigation de deux manières : comme outil d'investigation spatiale pour explorer l'espace étudié et comme outil d'investigation intellectuelle pour expliciter le raisonnement, construire des démarches d'analyse systémique et de résolution de problème. Il convient cependant d'examiner dans quel cadre épistémologique et didactique ils peuvent être mis en oeuvre.

4. L'approche par l'épistémologie et la didactique de la géographie

Pour comprendre les enjeux des outils géomatiques au sein de la géographie scolaire, il faut également les replacer dans le cadre des questions épistémologiques et didactiques posées par l'enseignement de la géographie. La géographie scolaire est aujourd'hui en plein renouvellement, à la recherche d'un nouveau paradigme, entre un modèle classique de compréhension du monde et un nouveau modèle d'éducation géographique, davantage tourné vers une géographie « utile » et citoyenne. Avant de définir les enjeux et les démarches de cette nouvelle éducation géographique, il convient de présenter les pôles de légitimation de la géographie scolaire ainsi que les modèles qui en expliquent les logiques et le fonctionnement.

4.1 Une géographie scolaire entre plusieurs pôles de légitimation

Selon Jean-Pierre Chevalier, la géographie se construit en référence à quatre pôles de savoirs géographiques (Chevalier, 1997) :

- **la géographie universitaire,** à laquelle la géographie scolaire emprunte en partie ses savoirs de référence, ses problématiques, ses méthodes et ses pratiques ;
- **la géographie appliquée,** qui fournit à la géographie scolaire (et universitaire) des outils et des centres d'intérêt ;
- **la géographie scolaire,** qui oriente la géographie universitaire par ses demandes et qui perdure encore sous des formes anciennes dans la géographie grand public ;
- **la géographie grand public,** qui exprime la curiosité géographique de nos contemporains, produit parfois des informations nouvelles et développe les techniques les plus modernes de vulgarisation des savoirs.

Il est évident que l'influence de la géographie universitaire est déterminante dans la constitution de la géographie scolaire. Mais comme le souligne la typologie de J-P. Chevalier présentée ci-dessus, la géographie scolaire n'est pas une simple « réduction » de la géographie savante. Cette approche conduit à relativiser le modèle de la transposition didactique (Chevallard, 1985), qui envisage la production des savoirs scolaires uniquement sous l'angle de la transposition à partir des savoirs savants. Selon ce modèle, le savoir enseigné est considéré comme une transposition didactique des savoirs savants, c'est-à-dire une transformation, voire une déformation, consciente ou non, de ces savoirs, pour les adapter au public visé. Comme on l'a montré, l'influence de la géographie universitaire à travers les méthodes quantitatives, la chorématique ou les pratiques de modélisation, a pu directement influer sur les pratiques cartographiques et sur la pensée géographique qu'elles sous-tendaient. On peut même affirmer que cette influence a largement contribué au renouvellement de la géographie scolaire : elle a permis l'introduction d'une « nouvelle géographie »[50], en rupture avec la géographie vidalienne qui dominait l'enseignement de la géographie française[51]. Face à des outils et des concepts élaborés au sein de la géographie savante, les enseignants d'histoire-géographie ont été

[50] Selon Claval, P. (1993). *La nouvelle géographie*, Paris, Que sais-je ? n°1693, PUF., l'expression "nouvelle géographie" recouvre en réalité des courants géographiques très différents. Inspirée par les mathématiques et les règles de l'économie, cette géographie s'impose entre les années 1960 et 1980 et tente d'établir des « lois » universelles (science nomothétique). Au delà de ces différences, l'enjeu majeur a été d'affirmer le rôle des modèles et de l'analyse spatiale à partir de démarches hypothético-déductives.

[51] Pour Vidal de la Blache (1845-1918), la géographie reposait essentiellement sur des démarches inductives (observer, décrire, analyser, comparer, expliquer, généraliser) et la carte était au service de cette géographie descriptive.

confrontés à de redoutables problèmes de transposition, ce qui a pu déboucher tantôt sur des pratiques innovantes, tantôt sur des réactions de rejet ou des incompréhensions : au nom de leur liberté pédagogique, les enseignants du secondaire rechignaient à mettre en œuvre ces nouveaux outils conceptuels, qui avaient été élaborés dans l'enseignement supérieur et dans la recherche et qui faisaient encore l'objet de débats et de controverses au sein de la communauté des géographes.

Mais pour comprendre le fonctionnement de la géographie scolaire, il convient aussi de recourir à d'autres modèles explicatifs. Le modèle des pratiques sociales de référence (Martinand, 1982) nous permet de ne pas faire de la géographie scolaire une simple imitation de la géographie scientifique et d'intégrer l'influence de la géographie appliquée et de la géographie grand public. L'informatique et les ordinateurs sont de plus en plus présents dans les différentes professions et interviennent dans tout un ensemble de pratiques sociales. S'agissant des outils géomatiques, leurs usages débordent très largement la géographie universitaire et concernent le monde des professionnels de l'espace (aménageurs, urbanistes, architectes…), le monde des entreprises qui ont besoin d'analyse spatiale (entreprises de logistique, d'exploitation de ressources minières, de gestion de l'eau…), le monde de l'économie ou de la recherche dans des secteurs aussi stratégiques que l'aménagement, l'environnement, la gestion des ressources naturelles, le marketing, les transports, la gestion des risques, la santé[52]… L'usage de ces outils cartographiques se démocratise également et concerne de plus en plus le grand public, à travers des outils de navigation ou de géolocalisation (du type système GPS) ou à travers des outils de visualisation d'information géographique sur Internet (du type « globes virtuels »). Certes, les pratiques domestiques de la cartographie ou de l'imagerie numérique se distinguent nettement des pratiques de l'ingénieur ou du technicien. Mais si l'usage professionnel et l'usage privé de ces outils ne renvoient pas au même degré d'expertise et n'exige pas le même niveau de formation technique et scientifique, il faut bien reconnaître que ces outils « sociaux » ont envahi la vie quotidienne, celle du citoyen et du professionnel. Toute la question est de savoir comment les adapter à un usage éducatif, de savoir si l'on peut et comment l'on peut transposer cet usage didactique à partir de pratiques sociales.

Selon le modèle des pratiques sociales de référence élaboré par Martinand, il convient de mettre en cohérence le problème que l'on souhaite aborder, les instruments

[52] De Blomac, F. (2003). SIG : enjeux sociétaux et stratégiques. *Dossiers de l'Ingénierie Educative, CNDP*, 44 (octobre 2003), p. 5-7.

matériels et intellectuels correspondants et le savoir produit au terme de l'activité. Lorsque le problème à résoudre est issu du monde réel et, de surcroît, lorsqu'il fait débat dans la société (par exemple le rôle de l'homme dans le réchauffement climatique et les conséquences spatiales de ce phénomène), l'élève est davantage en mesure de donner du sens au savoir enseigné. Comme le souligne A. Le Roux (Le Roux, 2004), « l'utilisation didactique du problème est un moyen de réfléchir sur la fonction de l'intellectuel, de l'expert, du spécialiste ; sur les rapports avec le politique, sur les notions de vérité, de justice, de liberté, de responsabilité. Le problème est aussi un outil d'action sur sa propre pratique[53] ». Pour J.-L. Martinand, la résolution de problème est étroitement liée à la démarche de modélisation. Le schéma de modélisation en sciences, proposé par ce même auteur dans un autre de ses ouvrages (Martinand, 1992), permet de décrire la tâche de l'élève durant l'apprentissage. Pour résoudre le problème, l'élève mobilise plusieurs registres : le registre empirique constitué d'actions et de phénomènes, le registre du modèle qui comprend différentes composantes sémiologiques, syntaxiques et pragmatiques) et enfin une matrice cognitive comprenant des paradigmes épistémiques ainsi que de ressources théoriques et sémiotiques. Les pratiques sociales de référence sont donc une double source de légitimation : pour les contenus et méthodes à enseigner qui reposent sur des stratégies de modélisation et de résolution de problème, mais aussi pour les ressources et les outils à mobiliser qui sont issus du monde technique, dans lequel on vit et auquel ont recours les techniciens, les scientifiques et les experts du domaine.

L'espace géographique lui-même est le produit et l'enjeu de pratiques sociales. De ce point de vue, la géographie scolaire a connu, dans le sillage de la discipline homonyme, une rupture épistémologique d'ampleur, avec un ancrage autour de l'espace et des sciences sociales. L'espace géographique est un espace construit et organisé par les sociétés humaines. Avec la « nouvelle géographie » se généralise le concept d'espace non plus comme donné, mais comme construit en fonction d'une problématique. A partir des années 2000, les programmes d'histoire-géographie commencent à intégrer cette nouvelle approche. Mais cette prise en compte de la « nouvelle géographie » dans les programmes scolaires semble assez récente et ne concerner pour l'instant que les programmes de

[53] Les démarches de situation-problème et de résolution de problème sont présentées plus en détail dans la chapitre 4.3 (p 75).

lycée[54]. Concernant la construction de l'espace, il convient de différencier nettement l'espace terrestre (le référent) qui existe indépendamment de sa perception et l'espace géographique (le signifié) qui se construit en fonction de représentations, de pratiques spatiales, de logiques d'acteurs. Entre ces deux types d'espace, l'espace cartographique (le signifiant) joue un rôle particulier comme support de médiation entre le réel et sa représentation mentale. Dans cette perspective, « la carte n'est plus une représentation exacte, un succédané simplifié de la réalité. Elle s'ouvre à la réflexion sur la sémiologie de l'image. Elle est une construction qui nécessite une réflexion sur le projet de connaissance qui la fonde, sur les codes de représentation, sur les outils qui permettent de penser l'espace ; elle s'affirme comme un outil de recherche avec l'utilisation croissante de l'informatique » (Audigier, 1995, p 27). Il semble que l'appréhension de l'espace change également. Selon le même auteur, « les élèves conçoivent souvent l'espace comme une somme de lieux relativement indépendants, en tout cas identifiés, décrits, compris par le seul recours à leurs attributs propres. […] Ce type d'espace est bien éloigné de celui sur lequel travaillent aujourd'hui les géographes : un espace système, où les lieux tirent leur identité au moins autant de leurs relations aux autres lieux (dépendances, complémentarités…) que de leurs attributs propres » (*idem ibidem*, p 153). De fait, l'intégration de l'approche systémique[55] dans la géographie scolaire débouche sur un nouveau modèle cognitif de l'espace géographique.

4.2 Du modèle disciplinaire à la construction d'un rapport au monde : un problème de posture épistémique ?

Pour mieux comprendre les pratiques scolaires en géographie, nous allons présenter deux modèles élaborés dans le cadre de recherches en didactique : le « modèle disciplinaire » de F. Audigier et le « modèle de géographicité » (construction d'un rapport au monde) de J-F. Thémines.

[54] « La notion d'organisation de l'espace est au coeur de l'ensemble du programme, abordée à travers deux entrées principales : l'environnement et l'aménagement, qui sont présentes dans chaque thème. Ces trois notions sont les composantes distinctes d'une même et unique problématique, celle de l'appropriation et de la gestion de l'espace par les sociétés. » in Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2000). *Programme de Seconde*, 31 août 2000, n°6.

[55] L'approche systémique en géographie est présentée plus en détail au chapitre 4.3 (p 75).

Le modèle de la « discipline scolaire » est repris des travaux d'André Chervel. Cet auteur retrace, à travers l'histoire des disciplines, les longs cheminements que celles-ci parcourent, en quête de « *l'enseignable* », avant de devenir réellement efficaces (Chervel, 1988). Les disciplines, plus encore que les élèves, ont été, sont et doivent rester au cœur du système éducatif. Elles contribuent à façonner une culture scolaire. François Audigier a repris ce cadre théorique pour l'appliquer à l'enseignement de l'histoire-géographie. Comme A. Chervel, il se situe plutôt dans le paradigme de la relative autonomie des disciplines scolaires. Il se demande même si la géographie n´est pas "une invention purement scolaire, à des fins civiques et nationalistes plus que scientifiques, le savoir savant se constituant dans un second temps et la transposition didactique à partir du savoir géographique savant n´étant que la caution après coup d´une discipline qui s´est instituée dans une autre logique." (Audigier, 1991). Selon cet auteur, la géographie scolaire puise dans les géographies savantes ce qui lui est utile et recompose ces éléments pour ces propres fins et ses propres usages. Cette construction singulière se réalise aussi en fonction des contraintes du système scolaire (organisation des disciplines, découpage du temps, existence du groupe classe). François Audigier reprend ici les travaux sur la « forme scolaire » du sociologue-anthropologue Guy Vincent. Dans les collèges et les lycées, les principaux traits de la « forme scolaire » sont (Vincent, 1994) :

- des groupes d'élèves formés, stables pendant un an ;
- des savoirs distribués suivant un ordre préconisé, par année et par cycle ;
- des savoirs et un ordre de leur présentation, définis par discipline ;
- des manuels conçus en fonction des règles précédentes
- une répartition du temps basée sur l'unité horaire, selon un emploi du temps hebdomadaire ;
- des professeurs du secondaire spécialisés par discipline
- une importance accordée à l'écrit dans l'acquisition des savoirs.

Ces traits prennent du sens les uns par rapport aux autres, dans le cadre de la culture scolaire, qui est reliée au « paradigme pédagogique » du cours magistral. Héritière directe du projet de l'école républicaine de la fin du XIXe siècle, qui visait à transmettre une culture commune, l'histoire-géographie ainsi que l'éducation civique se présentent sous forme « d'une distribution ordonnée de connaissances et de savoir-faire », au sein d'un

cours qui oscille entre le magistral et le dialogué : « le professeur montre et explique / l'élève regarde, écoute, reproduit » (Audigier, 1996) et répond à quelques questions destinées à contrôler et à soutenir l'attention. Le modèle de la discipline scolaire, selon F. Audigier, repose sur le modèle des « 4 R » :

- **Résultats**. On enseigne pour l'essentiel les résultats, c'est-à-dire ce que l'on sait de tel ou tel objet, ce que l'on tient aujourd'hui pour vrai ;

- **Référent consensuel**. Il faut gommer les débats et les oppositions qui sont ceux et celles des hommes et des sociétés lorsqu'ils parlent d'eux-mêmes ;

- **Refus du politique**. On ignore les enjeux politiques, idéologiques et éthiques constitutifs de ces savoirs ;

- **Réalisme**. L'histoire et la géographie font comme si elles disaient la réalité du monde passé et présent. Elles ignorent le rôle des langages comme producteurs de sens, de manières de penser le monde.

Concernant l'élaboration de la carte en classe de géographie, c'est effectivement le « réalisme scolaire » qui semble dominer. La carte est là pour introduire la réalité dans la classe, elle est peu mise en doute, le mode de construction et les problèmes de sémiologie graphique sont peu abordés, comme s'il y avait une évidence du document. Le modèle de la discipline scolaire s'avère effectivement pertinent pour éclairer les pratiques cartographiques traditionnelles, en particulier celles où l'enseignant offre, au regard ébahi des élèves, la « belle » carte murale ou le croquis qu'il a trouvé sur Internet ou qu'il a lui-même confectionné en vue de l'afficher avec un vidéoprojecteur !

Cependant l'introduction de l'épreuve du croquis au baccalauréat et l'évolution sensible des pratiques cartographiques ont rendu aujourd'hui ce modèle d'interprétation quelque peu inopérant : même lorsqu'elle donne lieu à des pratiques de cours magistral ou de cours dialogué, l'élaboration du croquis de synthèse s'effectue souvent par étapes et avec une implication plus ou moins effective des élèves. L'usage d'un Tableau blanc interactif (TBI) permet par exemple de projeter les croquis réalisés par les élèves, de

revenir sur leur choix graphiques, de recourir à des croquis intermédiaires, voire à des documents annexes (schémas, statistiques, textes interprétatifs) pour enrichir la démarche de construction du croquis. Celle-ci peut également s'effectuer en salle informatique pour permettre aux élèves de construire en autonomie leur croquis personnalisé. La « forme scolaire » et le découpage disciplinaire restent encore prégnants dans le système éducatif français, mais l'usage des TIC contribue malgré tout à décloisonner les disciplines, à déritualiser les pratiques scolaires, à ouvrir l'école sur de nouvelles pratiques.

Même lorsqu'elles ne sont pas instrumentées, les pratiques cartographiques relèvent de moins en moins souvent du classique recopiage de cartes. Finalement le modèle de la discipline et du « réalisme scolaire » s'applique davantage à l'usage des globes virtuels, souvent mis en œuvre selon des méthodes classiques d'imposition ou tout au moins à partir d'une simple visualisation, comme si le savoir était au bout du regard. Nous avons pu montrer à quel point ce nouveau moyen d'enseigner « à la carte » pouvait déboucher sur des confusions : confusion entre la carte et l'image, confusion entre l'espace terrestre et l'espace cartographique, confusion entre le monde réel et sa représentation virtuelle (Genevois, 2007). Cependant les globes virtuels ne sont pas seulement la version moderne de nos imagiers d'autrefois. Ils comportent des possibilités très poussées de navigation et d'interaction avec l'image cartographique, sur laquelle on peut interagir par le facteur de zoom, la résolution de l'image, le niveau d'échelle, le déplacement, le choix du mode de représentation en deux ou trois dimensions, l'ajout de vues paysagères ou de cartes... Même si ces images numériques sont susceptibles de mettre directement « le monde dans la classe » (Clerc, 2002), elles permettent de multiplier les points de vue et finalement de sortir des images stéréotypées, qu'offrent souvent les manuels scolaires dont les contraintes d'édition limitent le nombre et la diversité des images cartographiques.

Pour comprendre l'orientation des pratiques cartographiques dans l'enseignement de la géographie, il nous paraît intéressant de les confronter à un second modèle d'interprétation : le modèle de construction d'un rapport géographique au monde ou modèle de la « géographicité ». Ce modèle proposé par J-F. Thémines reprend en partie le modèle disciplinaire de F. Audigier[56], mais l'inscrit dans un autre cadre épistémologique. Le rapport des individus à la réalité comporte une dimension spatiale, irréductible à aucune

[56] « Le monde n'est pas disciplinaire, les élèves non plus...» in Audigier, F. (2001). Le monde n'est pas disciplinaire, les élèves non plus, et la connaissance ? in Baillat, G.et alii, *Interdisciplinarité, polyvalence et formation en IUFM*, Paris, CNDP, p. 43-59.

autre, qui tient à la relation entre les hommes - chaque homme - et l'espace terrestre. Pour qualifier ce rapport à la réalité géographique, certains auteurs parlent de "spatialisation géographique" ou de "géographicité" (Dardel, 1952, réed. 1990 ; Raffestin, 1989 ; Robic, 2005). J-F. Thémines a repris ce modèle de la géographicité pour l'adapter à la géographie scolaire, et notamment pour analyser les différents discours géographiques auxquels elle donne lieu. Selon lui, « *un discours géographique propose une mise en ordre spatiale du monde*» (Thémines, 2006a). En tant que modes d'expression graphique et verbal, les cartes, les croquis, les schémas font partie de ces discours géographiques et expriment différentes formes de rapport au monde. Outre le fait qu'il permet de conduire une réflexion sur les types de savoir ou de pratique cognitive engagés, ce modèle présente l'intérêt de relier les discours géographiques à plusieurs « manières de penser le monde en géographie ». J-F Thémines reprend ici la classification établie par D. Retaillé (Retaillé, 2000), qui distingue trois manières de penser le monde. Ces trois manières de penser le monde en géographie sont proposées comme des repères pour les discours, mais aussi plus largement pour la construction de connaissances. Elles ne sont pas contradictoires, mais successives et complémentaires dans la construction de la connaissance (Thémines, 2006c) :

- **L'ici** (par opposition à l'ailleurs) : cette 1ère manière repose sur un exercice de nomination et de mise en tableau ; elle est dominée par la matérialité de la Terre, elle privilégie la nature héritée et les aménagements apportés par les générations antérieures ; la Terre comme habitat, comme milieu, comme environnement immédiat, comme ressource qui s'exploite ;

- **L'ailleurs** (comme l'ici) : cette 2e manière privilégie la mesure et la mise en ordre pour inscrire les sociétés dans la dimension spatiale de la Terre ; c'est la position occupée par rapport aux autres qui importe dans une coprésence dépassant l'expérience immédiate ;

- **Les confins** (l'ici et l'ailleurs) : cette 3e manière se situe sur le niveau de perception et d'intelligence auquel ont été produits les projets ; elle correspond à un niveau de conception idéelle qui guide la compréhension des choses concrètes et les actions immédiates.

Selon J-F Thémines, la valorisation du concret, du visible comme objet de connaissance et comme signe de reconnaissance et d'identification de « l'ici » (nous) et de « l'ailleurs » (les autres) s'accorde bien avec le modèle classique de la discipline scolaire (contenu exhaustif) et répond au projet de territorialisation de la nation française. « Ce que la géographie rend visible par des cartes et des images figuratives, c'est avant tout le résultat de relations "verticales" qui se construisent dans une histoire longue. » Mais selon cet auteur, ce modèle classique de géographicité est en crise, il n'est pas encore remplacé par un nouveau modèle de géographicité, qui intégrerait davantage les finalités intellectuelles et civiques de la géographie. Pour comprendre les enjeux du débat entre deux modèles d'enseignement de la géographie, J-F. Thémines reprend la distinction établie par D. Retaillé entre la « géographie spontanée » et la « géographie raisonnée ». Les pratiques de l'espace, dans n'importe quelle société, se fondent sur une géographie spontanée : il s'agit d'abord de se localiser dans un « ici ». Cela renvoie directement aux pratiques courantes de géolocalisation et de classement* des informations géographiques dans les outils géomatiques. Les Systèmes d'Information Géographique et les outils de géolocalisation (du type système GPS), par certains aspects, nous renvoient à cette géographie descriptive (pour ne pas dire « terre à terre »), qui a le mérite néanmoins d'ancrer l'utilisateur dans un espace géoréférencé, dans « l'ici et pas ailleurs ». Au contraire, la géographie raisonnée dont se revendique la géographie scientifique, et en partie la géographie scolaire, se réfère plus volontiers à des modèles d'intelligibilité du réel, à un discours construit sur le monde. Elle s'apparente davantage aux « confins » et s'appuie sur des démarches d'analyse spatiale, où l'objectif est moins de dévoiler l'ordre du monde que de comprendre l'organisation de l'espace géographique.

Lorsqu'on découvre l'environnement proche « vu d'en haut », le globe virtuel (du type Google Earth ou Géoportail) nous projette dans un « ailleurs ». En nous permettant de fondre et de zoomer à très haute résolution sur un lieu complètement exotique, le « zoom googolien » (Lussault, 2007) nous donne le sentiment d'être un explorateur à la découverte de terres inconnues. Mais ce voyage virtuel n'est pas seulement dépaysement. Il est aussi une mise à distance. A travers ces expériences d'exploration visuelle, l'enjeu est de permettre un « là-bas », donc de porter un autre regard sur un « monde extérieur ». Par certains côtés, l'usage des globes virtuels ne se limite donc pas à la géovisualisation, en rendant visible ce qui ne l'est pas ou en explorant le réel sous différents angles. Cet usage

est susceptible de déboucher sur des formes de pensée visuelle et de raisonnement spatial, cartes et images à l'appui[57]. Comme on peut donc le constater, le « modèle de la géographicité » permet de comprendre que les pratiques et les productions cartographiques expriment des discours sur le monde et que ces discours renvoient à des manières de penser le monde. Comme le fait remarquer G. Mottet, « la carte est un dispositif de mise en ordre de l'espace qu'elle représente, elle en fournit un schème d'intelligibilité » (Mottet, 1995, p 13).

En ce qui concerne l'enseignement de la géographie, il semble que la construction de l'espace soit déterminée en référence à la fois à l'espace terrestre et à un positionnement épistémologique. Selon B. Ernult, A. Le Roux et J.-F. Thémines, les relations entre l'espace cartographique et l'espace terrestre se prêtent à trois options, renvoyant chacune à une conception de la géographie :

- **Les cartes sont des images simplifiées du réel**. Pour K. Ritter par exemple, les cartes ne sont pas un instrument de connaissance scientifique, parce qu'elles constituent un «modèle inanimé de la Terre» […]Leur meilleure utilisation concerne l'enseignement : il préconise la géométrisation des formes à des fins de construction d'une connaissance raisonnée de l'espace terrestre.

- **Les cartes sont des reflets du réel**. C'est la posture de P. Vidal de la Blache dans la préface de son Atlas général. Les cartes thématiques (physiques, politiques, de population) ont « pour but de placer sous les yeux l'ensemble des traits qui caractérisent une contrée » (Vidal de la Blache, 1894). L'ambition de l'auteur est de former le regard du lecteur, de l'amener à une vue raisonnée par la mise en relation des différents supports du « dossier » cartographique.

- **Les cartes sont des constructions déductives à confronter au réel**. Les cartes servent à dévoiler des structures spatiales universelles. C'est la fonction attribuée à la modélisation graphique, […] ou encore aux cartes thématiques inventées par A.

[57] La pensée visuelle (« *eye thinking* ») et le raisonnement spatial (« *spatial thinking* ») sont présentés plus en détail au chapitre 5.3 (p 97).

von Humboldt pour exprimer dans l'espace cartographique un ordre physique fait de forces qui se déploient dans le temps et dans l'espace.

Selon ces mêmes auteurs (Ernult, Le Roux & Thémines, 1999) :

> *« Les moments ou situations d'innovation pourraient être lus comme la traduction de motivations, de prises de conscience de type rittérien (pratique systématique de la schématisation pour développer les capacités d'abstraction et de généralisation des élèves), humboldtien (volonté d'agir sur les représentations spatiales qu'ont les élèves du monde, de façon à développer leur autonomie de citoyen) ou vidalien (pratique de la comparaison de cartes thématiques pour faire élaborer par les élèves des chaînes causales). »*

L'intérêt de cette typologie est d'ancrer les usages scolaires de la carte dans la construction de la géographie en tant que science et de réfléchir à la posture épistémique des géographes face à l'espace. Comme l'a montré Isabelle Lefort, la géographie enseignée est profondément marquée par ses rapports avec la géographie savante (Lefort, 1992). L'histoire de la géographie, et en particulier la vision de l'espace développée par les différents courants de la géographie depuis un siècle, permettent de saisir la source et la légitimité des pratiques cartographiques à l'école. L'exercice de la carte à main levée a constitué, pour des générations d'élèves, l'exercice scolaire par excellence. En reproduisant fidèlement des contours et des nomenclatures, l'écolier était censé apprendre par cœur la figure parfaite de notre bel « hexagone ». De même, les collections de cartes murales éditées successivement avaient pour but de « parler aux yeux » des élèves, selon une conception très vidalienne de la géographie. Mais on a tendance à l'oublier : si la carte est fétichisée, elle constitue alors « l'emblème du renouveau géographique » (Lefort, 1992). La carte, que l'on dessine et que l'on récite, n'est pas seulement le moyen d'exercer la mémoire. Elle devient un outil privilégié, un moyen unique pour représenter l'espace et pour se construire un savoir géographique.

Sur les problèmes de représentation, il n'est pas inintéressant de rappeler les débats qui agitaient à la fin du XIXe siècle géographes et pédagogues, concernant les avantages respectifs de la carte murale, de l'atlas et du globe terrestre. On trouve un écho de ces débats dans le très célèbre *Dictionnaire de pédagogie et d'instruction publique* de F. Buisson, où l'usage de la carte en relief et du globe est jugé supérieur à celui de la carte qui aplanit l'espace et empêche sa compréhension. Le succès actuel des globes virtuels n'est

sans doute pas étranger à cette conception. Concernant le statut de la *carte scolaire* en tant qu'outil de connaissance et de compréhension du réel, il convient de relire ce qu'en dit précisément F. Schrader dans le même Dictionnaire[58] :

> *« La carte n'est pas seulement un moyen de représenter les objets à étudier, c'est le seul moyen d'en acquérir une certaine notion, la condition sans laquelle on n'aura jamais que des mots dans la mémoire et non des idées dans la tête. »*

La formule est claire : dans l'esprit, il ne s'agit plus de réciter des nomenclatures ; à la lettre pourrait-on dire, il s'agit bien de mettre des « idées dans la tête ». Certes les écoliers d'aujourd'hui n'en sont plus uniquement à reproduire les contours de la carte ni à apprendre par cœur des localisations. Mais fondamentalement les questionnements épistémologiques autour de la carte et de l'enseignement de la géographie demeurent les mêmes : quelles fonctions intellectuelles et formatives accorde-t-on à la carte ? Quelle géographie souhaite-t-on enseigner à travers son usage ? On peut avancer l'idée que l'usage de la *carte scolaire* constitue un enjeu pour l'enseignement, car elle est à même de donner sens à la géographie et de favoriser le raisonnement géographique.

4.3 Favoriser le raisonnement géographique par de nouvelles démarches : démarche systémique, apprentissage de la complexité et résolution de problème

Dans un article déjà ancien mais clairvoyant, Gérard Hugonie donnait une nouvelle orientation pour la géographie enseignée à l'école :

> *« La géographie scolaire se doit d'être "sociale, actuelle, systémique et spatiale". [...] L'important n'est pas de tout connaître, mais de comprendre comment fonctionne l'espace des sociétés humaines ou les sociétés dans leur espace, de raisonner*

[58] Voir les articles « Carte » et « Globe » rédigés par F. Schrader dans le Dictionnaire de pédagogie et d'instruction publique de F. Buisson (édition de 1911 consultable sur le site de l'INRP) : <http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson/> (consulté le 25.08.2008). Proche parent d'Elisée Reclus et influencé par la géographie allemande d'Humboldt et de Ritter, Franz Schrader est assez critique envers l'approche vidalienne de la cartographie et prône une approche renouvelée de la carte à l'école.

géographiquement. […] Dans le raisonnement géographique, assimilé au raisonnement sur l'espace, la carte est un outil fondamental » (Hugonie, 1989).

Nous faisons nôtre ce positionnement épistémologique. Mais celui-ci mérite que l'on s'interroge sur ce que l'on met derrière les termes de démarche systémique, d'apprentissage de la complexité et de résolution de problème.

4.3.1 De la démarche systémique en lien avec la complexité du réel

La démarche systémique n'est pas le propre de la géographie. Elle a été empruntée à la cybernétique et adaptée dans le but de répondre essentiellement au problème de la causalité et d'échapper au déterminisme en géographie[59]. « Le fait géographique, même le plus simple, exprime toujours une combinaison, une convergence d'éléments ou de facteurs divers. C'est son essence même » (Cholley, cité par Claval, 2001, p 148). Appliquée d'abord à la biologie et à l'économie, l'approche systémique a été introduite en France dans les années 1970 par G. Bertrand sous la forme du géosystème. Concept au départ naturaliste, le géosystème se démarque de l'écosystème en intégrant le rôle de l'homme et l'impact des sociétés humaines (Bertrand, 1991). Le géosystème se définit comme un système spatialisé formé d'un ensemble d'éléments (naturels et anthropiques) interconnectés qui sont en interrelations. Il s'agit d'une approche holistique[60] qui « ne vise ni à classer ni à dégager des structures hiérarchisées, mais bien à montrer le jeu des interactions entre contraintes et entre lieux » (Ciatoni & Veyret, 2003). Aborder des faits d'un point de vue systémique amène les élèves à étudier les conséquences multiples des actions des sociétés humaines dans leurs espaces.

---

[59] Selon Ch. Partoune (2003, p 40), « un survol épistémologique permet d'avancer l'hypothèse que les raisonnements géographiques qui ont pris corps au cours de l'histoire intègrent un certain nombre des principes de l'approche systémique […], par nécessité empirique plutôt qu'en cherchant à appliquer une théorie globale, du fait que les géographes ont pour objet des « systèmes ouverts » qu'ils tentent d'expliquer, que ce soit le milieu, le paysage, l'espace ou le territoire. L'influence du courant cybernétique a cependant contribué à l'émergence de nouveaux concepts et à la recherche des "lois de l'espace" pour pouvoir comprendre le « système spatial ».

[60] Cette approche holistique est souvent appréhendée dans les travaux anglo-saxons sous la forme de pensée globale (*global thinking).* Selon G. Bertrand (1991), l'étude d'un géosystème implique « l'utilisation massive d'images et d'une cartographie de plus en plus subordonnée à la production d'images et en particulier d'images satellitales. »

Dans l'enseignement de la géographie, l'approche systémique n'a jamais été clairement affichée ni revendiquée. Elle a perfusé implicitement ou explicitement dans les programmes de géographie, qui ont mis progressivement l'accent sur les *« relations spatiales* », sur les « *interactions* » entre l'espace et les sociétés humaines qui agissent sur leur « *milieu* » et qui se trouvent « *au cœur de géosystèmes plus ou moins anthropisés* » (Bulletin Officiel de l'Education Nationale, 2000). Toutefois la géographie systémique a connu de nombreux déboires dans la géographie enseignée : on peut citer l'exemple du concept de *« système-monde »* qui a disparu complètement des programmes de collège-lycée ou encore les succès très relatifs de la cartographie chorématique concevant l'espace avant tout comme un système (cf chapitre 3.1, p 44). On observe également un décalage important entre les avancées théoriques et la réalité des pratiques. Nombreux sont les ouvrages et articles de réflexion didactique faisant référence explicitement à la géographie systémique, au concept de géosystème et à la notion de système spatial (Desplanques, 1991 ; Le Roux, 2003, ed. orig. 1997 ; Mérenne-Schoumaker, 2005)[61]. Mais dans les pratiques scolaires, les applications restent relativement modestes. On peut citer cependant les efforts pour appliquer cette démarche à l'appréhension globale des paysages à travers la construction d'hyperpaysages (Partoune, 2004)[62]. Mis à part cet exemple de transposition dans les pratiques, la démarche systémique est restée relativement confinée dans les cercles de réflexion didactique. On peut mentionner malgré tout le cas des graphes sagittaux, utilisés pour établir des chaînes de relations circulaires, voire pour modéliser des systèmes (Brunet, 1979 ; Chabrol, 2005). Cependant ces schémas fléchés peuvent parfois appauvrir une réalité complexe : « la modélisation reste formelle tout en gardant ses vertus pédagogiques et heuristiques. Elle constitue alors une aide à la compréhension d'un territoire et à la formulation d'hypothèses» (Ciatoni & Veyret, 2003).

[61] « La géographie est fondamentalement une discipline systémique et l'espace géographique un système spatial ». (Mérenne-Schoumaker, B. (2005). *Didactique de la géographie. Organiser les apprentissages.* Sciences humaines, De Boeck. p. 37)

[62] Ch. Partoune (2003) mentionne l'exemple des jeux de simulation (du type Sim City), qui constituent « des outils pouvant sensibiliser à la complexité des interactions dans un système et aux difficultés de gestion qui en découlent ». D'autres auteurs soulignent aussi l'intérêt des jeux d'aménagement pour développer la démarche systémique : Masson-Vincent, M. (2005). *Jeu, géographie et citoyenneté. De l'école à l'université*, Collection L'Université pratique, Seli Arslan. Les jeux vidéos font l'objet d'une réflexion de Ter Minassian, H. et Rufat S. (2008). Et si les jeux vidéo servaient à comprendre la géographie ? *Cybergéo*. Disponible sur : <http://www.cybergeo.eu/index17502.html> (consulté le 02.02.2008)

Comme pour les chorèmes, les enseignants ainsi que les élèves perdent quelquefois la valeur heuristique et méthodologique de ces schémas fléchés, ce qui peut aboutir à une caricature de la démarche systémique[63].

L'usage des Systèmes d'Information Géographique (SIG) vient interroger l'approche systémique sous un angle spécifique. Pour qualifier l'approche du réel, J. de Rosnay distingue l'approche systémique (qui relie) de l'approche analytique (qui isole). Selon C. Caron et S. Roche :

> *« La distinction entre perception analytique et perception systémique du territoire est une caractéristique intrinsèque des technologies de l'information géographique. Une base de données géographique constituant un SIG permet de structurer les données en conservant une multitude de détails (perspective analytique). Mais les SIG sont également pourvus de fonctionnalités d'analyse spatiale (superposition* ou « overlay ») et de structuration topologique (mise en relation) des données géométriques (perspective systémique)* » (Caron & Roche, 2001).

Que l'approche soit analytique ou bien systémique, l'usage des SIG pose fondamentalement la question de la difficulté à rendre la complexité du réel. Nous touchons ici à l'approche de la complexité[64]. Comme nous avons pu le montrer (Carlot & Genevois, 2005), l'usage d'un SIG peut aider à gérer la complexité non pour la réduire à un nombre limité de couches d'information, mais pour en restituer autant que possible les multiples facettes. L'approche du réel, via la visualisation de couches d'information cartographique au sein du SIG, ne remplace pas le travail d'enquête sur le terrain, ni les

[63] Selon M. Roumégous (2002), la construction d'organigrammes est une démarche couramment pratiquée dans l'enseignement de la géographie au secondaire et encouragée dans certains manuels. Cependant, malgré les avertissements qui attirent l'attention sur le fait qu'il existe différents types d'organigrammes (hiérarchique ou explicatif, linéaire ou circulaire), il apparaît fréquemment que « l'organigramme est considéré de facto comme une représentation systémique ». G. Hugonie (1995) souligne la difficulté à mettre en œuvre une démarche systémique de manière orthodoxe à l'école, « faute de pouvoir distinguer et mesurer sérieusement toutes les relations entre les éléments du système spatial ».

[64] Les ouvrages du sociologue Edgar Morin sur la complexité (en particulier sur la recherche des interdépendances, sur le principe d'incertitude et sur la dialectique de l'action) ont contribué à influencer de nombreux géographes, à la recherche des causalités complexes. E. Morin insiste cependant sur l'importance de ne pas opposer l'approche systémique et l'approche analytique, mais de "faire la navette des parties au tout et du tout aux parties".

entretiens avec des responsables et décideurs. Mais en superposant différentes couches, en permettant de croiser les informations d'une couche cartographique à l'autre, en jouant sur les informations que l'on décide de rendre visibles ou invisibles, les SIG ont vocation à décomposer et recomposer le réel, en mettant en évidence des interrelations et des interactions. La logique et la complexité des faits géographiques peuvent ainsi être construites progressivement[65].

En tant que systèmes d'information, les SIG ont aussi la fonction de rendre compte du fonctionnement de systèmes ou de sous-systèmes spatiaux à plusieurs échelles[66]. Ils jouent donc un rôle d'interface entre le système spatial et l'utilisateur qui consulte ou construit ce système d'information. L'approche sera d'autant plus systémique que l'on aura pris soin de disposer d'un modèle relationnelle d'organisation des données. Comme le souligne T. Joliveau :

> « *Au cœur de la structuration du SIG se trouve une activité de modélisation des données, très fortement contrainte par l'activité de mesure et d'observation. Un SIG est toujours in fine une représentation du monde et correspond à une ontologie (conceptualisation de la réalité). Cela remet en cause le réalisme souvent naïf associé aux données informatiques* » (Joliveau, p 46).

Selon cet auteur, il convient de s'interroger sur le caractère réellement systémique du SIG. Dans la pratique, la plupart des entreprises et des administrations qui mettent en place un SIG le font d'abord dans le but de se constituer un système d'information spatial en accumulant les ressources, sans toujours se soucier de les modéliser. Au moment de se constituer un jeu de données pédagogiques, les enseignants butent souvent sur la difficulté que les données mises à leur disposition ont été constituées pour la gestion de réseaux ou de territoires[67]. Un SIG à usage d'enseignement ou de recherche nécessite une approche

[65] Pour Meirieu (2006), « Le travail cartographique est un travail d'extraction qui s'apparente à un passage à l'abstraction, à une modélisation (réalité de type cognitif) qui aboutit à la symbolisation (réalité de type psychologique). On passe du "tout vu, rien compris" à l'intelligence de la complexité […] Cartographier sous toutes ses formes est probablement l'opération la plus formatrice dans le domaine de l'éducation scolaire ; cartographier au sens de construire des outils d'intelligibilité sur une réalité mouvante, fugace."

[66] Citons par exemple l'utilisation des SIG pour montrer le fonctionnement de géosystèmes, tel un bassin hydrographique dans le cadre de la gestion de l'eau ou de la prévision des risques liés aux inondations.

[67] L'acquisition et la structuration des données en différentes couches d'information au sein d'un SIG risque de réintroduire la démarche d'inventaire et la représentation mentale d'une géographie analytique.

différente, qui interroge les interactions spatiales et qui pose une problématique sur l'espace étudié. Les SIG qui ont été conçus dans un but de traiter des problèmes d'aménagement ou de gérer des problèmes d'environnement, s'avèrent en général plus proches des attentes des enseignants. Cette diversité témoigne en tout cas de la multiplicité des domaines d'application des SIG et de leur approche non nécessairement systémique. Enfin les SIG ont du mal à intégrer le principe d'incertitude, qui est à l'origine de l'évolution incertaine dans le temps de certains systèmes spatiaux. Il existe des modèles de simulation, du type par exemple des automates cellulaires[68], mais cela oblige souvent à recourir à des modèles mathématiques complexes, qui sont hors de portée des élèves.

4.3.2 Des formes du « raisonnement géographique » : entre démarches inductives et démarches hypothético-déductives

Ni la démarche systémique ni l'apprentissage de la complexité n'ont vocation à déterminer la nature du raisonnement géographique. Selon B. Mérenne-Schoumaker, (Mérenne-Schoumaker, 2005), le raisonnement géographique a pour spécificités de s'articuler dans un territoire, d'être pluriscalaire et dynamique. Il s'appuie sur des démarches majeures : associer des démarches inductives et déductives, s'articuler sur les concepts et leur mise en réseau, intégrer les représentations. Raisonner, c'est d'abord poser des questions : « *C'est quoi ? C'est où ? C'est qui ? C'est quand ? C'est comment ? Pourquoi ici ? Pourquoi ici et pas ailleurs ? Pourquoi ici à ce moment-là ?...* ». Le raisonnement géographique s'apparente alors souvent au raisonnement spatial[69]. Pour Y. Lacoste, le raisonnement géographique est d'abord un raisonnement multiscalaire où l'on joue avec les échelles. « Savoir penser l'espace, c'est aussi comprendre sa propre spatialité différentielle grâce à un savoir géographique devenu opérationnel (chaque degré

[68] Le modèle des automates cellulaires correspond à une modélisation inductive, où les différentes cellules évoluent en fonction de leur état initial et des influences des cellules contiguës ou proches, selon un certain nombre de règles de transition définies empiriquement.

[69] Les textes officiels ont tendance à mettre en avant les dimensions spatiales (plus qu'intellectuelles) du raisonnement géographique : « Au-delà de l'acquisition de connaissances sur des objets d'étude de taille très différente, les élèves mettent en œuvre des raisonnements géographiques pour comprendre les enjeux territoriaux, à différentes échelles et les modalités de l'organisation de l'espace mondial.» (Documents d'accompagnement en Histoire-Géographie – cycle Terminal, 2003)

d'échelle s'éclaire par l'analyse d'autres niveaux) » (Lacoste, 1980). Selon Ch. Partoune, on peut également mettre l'accent sur « l'idée de connexité à la base de ce raisonnement géographique, et qui est également un trait de l'approche systémique, mais avec une dimension spatiale » (Partoune, 2004).

Dans un Système d'Information Géographique, il est beaucoup plus facile de changer d'échelle qu'avec un jeu de cartes sur papier, ce qui favorise incontestablement le raisonnement multiscalaire. Dans la pratique, l'usage de l'échelle est souvent confondu avec l'usage du zoom, de sorte qu'on oublie souvent que rapprocher le regard de la carte à l'écran ne change pas l'échelle à laquelle les données ont été cartographiées sur celle-ci ! Cependant il est possible de rendre visible ou invisible une carte au-delà ou en-deçà d'un niveau d'échelle choisi par l'utilisateur. L'emboîtement d'échelle est rendu assez facile, dès lors que le jeu de données contient des images et des cartes à différentes échelles. Le raisonnement multiscalaire peut également s'enrichir d'une approche mutlitemporelle lorsqu'on dispose de cartes ou d'images à différentes dates (par exemple une série temporelle d'images satellitales pour observer la Terre).

Mais qu'il s'agisse de données multi-échelles ou multi-dates, aucun jeu de données, aussi complet soit-il, ne pourra restituer les changements et les évolutions à tous les niveaux d'échelle et à tous les pas de temps. La principale préoccupation est finalement de déterminer, dans la base de données*, quelles sont les informations qui relèvent du problème étudié. L'analyse des relations entre les objets géographiques (proximité/éloignement, union/intersection) est très importante ; elle est à l'origine de multiples possibilités de requêtes spatiales* : à quelle distance se situe une zone d'habitat par rapport au tracé d'une autoroute ? Le périmètre urbain inconstructible coïncide-t-il avec la zone du risque identifié[70] (zone d'inondation ou couloir d'avalanche) ? Ce raisonnement spatial s'applique à des espaces continus et renvoie à une métrique topographique. Mais dans le cas où l'on souhaite analyser des flux et des pôles au sein d'espaces discontinus, il est beaucoup plus compliqué de figurer une logique de réseaux, qui renvoie à une métrique topologique*. Autrement dit, les relations établies dans un SIG mettent en jeu différentes formes d'analyse spatiale, renvoyant à différentes types de

[70] Cf par exemple l'étude de cas pédagogique conduite sur les inondations dans le Gard : Cathala, S. (2003). *Inondations et aménagement du territoire. Précipitations à Sommières*. Dossiers de l'Ingénierie Educative, CNDP, 44, octobre 2003, p 28-31, <http://www.cndp.fr/archivage/valid/44520/44520-7476-7417.pdf> (consulté le 25.09.2005).

raisonnement sur l'espace. C'est un fait bien connu, mais qui mérite cependant d'être souligné : nombreux sont les phénomènes difficiles, voire impossible à cartographier dans un système d'information géographique, du fait de leur complexité, de leurs caractères topologiques, de leur dimension temporelle ou des modèles graphiques qu'ils mobilisent[71].

On raisonne non seulement pour repérer et énoncer des relations et des interactions, mais aussi pour organiser des idées et des concepts, pour aller des faits constatés aux lois, via des modèles explicatifs. Raisonner, c'est se former à l'esprit logique par la géographie. Selon le logicien P. Oléron, raisonner est une démarche « qui fait intervenir des justifications, des éléments de preuve en faveur d'une thèse défendue » (Oléron, 1977). D'après cette conception, raisonner serait avancer des arguments pour étayer une thèse ou un modèle. Dans le paradigme disciplinaire, il s'agit essentiellement de défendre un point de vue scientifique (Vergnolle & Sourp, 2004). Ce raisonnement s'effectue en différentes étapes, selon deux grands types de démarche[72] :

- **Dans une démarche inductive :** on distingue en général trois étapes : la description, l'explication et la généralisation. Le raisonnement inductif ne part pas seulement d'observations particulières pour aboutir à une conclusion de portée générale (du particulier au général). Il s'agit en principe d'induire un nouveau modèle ou d'améliorer un modèle existant. Mais dans la pratique, il est difficile pour l'enseignant de faire inférer le modèle aux élèves à partir des éléments concrets à leur disposition et en raison du niveau d'abstraction que cela suppose.

- **Dans une démarche hypothético-déductive :** on part d'une hypothèse ou d'une idée générale pour en déduire des propositions particulières (du général au

[71] « Les technologies de l'information géographique* (TIG) proposent une image géométrique du territoire dans lequel l'espace est représenté comme une succession de couches thématiques… mais les TIG affichent leur limitation (leur incapacité ?) à représenter la complexité des multiples facettes du territoire. Si certains phénomènes commencent à être représentés notamment les phénomènes dynamiques, d'autres le sont plus difficilement : les réseaux et leurs interconnexions, les dimensions temporelles des phénomènes socio-spatiaux, les synthèses cartographiques, les modélisations graphiques. » in Bord, J.-P. (2007). *Qu'apporte l'Information Géographique en matière de connaissance des territoires ? 1er Colloque international GéoTunis (15-17 nov. 2007),* Tunis.

[72] Nous laissons de côté ici d'autres types de raisonnement (par analogie, par déduction, par l'absurde…), dans la mesure où ils ne donnent pas lieu à utilisation et sont peu adaptés à l'histoire-géographie.

particulier). Dans une démarche déductive, on distingue les étapes suivantes : observation du problème à partir d'un cas concret, construction d'hypothèses, recherche de validation en fonction d'un modèle. Le modèle est en général donné dès le départ aux élèves et il s'agit de vérifier les limites de sa validité, voire de leur faire mesurer les écarts au modèle. Proposer une ou plusieurs hypothèses aux élèves stimule leur imagination et les met dans une démarche d'apprentissage par exploration. C'est pourquoi le raisonnement hypothético-déductif est en général associé à des méthodes d'apprentissage de type « constructiviste », tandis que les démarches inductives correspondent davantage à des formes d'enseignement « magistral » ou « behavioriste ».

L'étude de cas, telle qu'elle est prescrite dans les programmes de lycée de 2001, sous-tend un mode de raisonnement hypothético-déductif. Elle conduit à confronter le cas étudié avec le modèle théorique choisi. Mais dans la pratique, plusieurs auteurs ont montré le détournement de l'étude de cas au profit d'un exercice de géographie descriptive (Hugonie, 2004 ; Masson-Vincent, 2005) :

> *« Il existe une confusion entre étude de cas et exemple : le but n'est pas par induction de généraliser à partir d'un exemple choisi en introduction d'une leçon. Il faut dire que le texte du BO n°6 du 31 août 2000 entretient la confusion : « Les enseignants décident… des exemples significatifs qui constituent le support du raisonnement géographique.» Il est même stipulé qu'après l'étude de cas il y a contextualisation, puis changement d'échelle… et donc généralisation.[…] L'une des voies serait d'inscrire le cas dans un modèle et de travailler en écart par rapport au modèle théorique pour vérifier si le cas est en adéquation ou non avec lui »* (Masson-Vincent, 2005, p 43)

On observe là encore un détournement d'usage de l'étude de cas. La ritualisation des pratiques scolaires conduit à réduire l'étude de cas à un exemple illustratif, au mieux à un exercice de collecte des données brutes en vue d'établir des comparaisons avec d'autres cas et des généralisations. Le raisonnement reste à dominante inductive : « l'élève doit retrouver le savoir dont est porteur le professeur, qui est son « entraîneur », son initiateur » (Hugonie, 2004).

Au delà des difficultés à faire entrer la démarche déductive dans les pratiques scolaires, il convient de rappeler que les deux démarches inductive et hypothético-déductive peuvent se combiner et intervenir assez efficacement selon les différentes phases du raisonnement. Selon G. Hugonie, il ne faut pas opposer les deux méthodes, qui peuvent intervenir conjointement à différents stades du raisonnement. Dans un SIG, raisonnement inductif et raisonnement déductif sont intimement mêlés, par le fait même que l'utilisateur alterne sans cesse les phases de visualisation et d'interrogation de données, l'utilisateur pouvant aller de la carte à la base de données qui a servi à la produire, ou inversement. Chaque nouvelle carte générée par l'utilisateur est à la fois le résultat de requêtes spatiales ou attributaires* et le point de départ de nouvelles requêtes, avec des boucles de rétroaction conduisant à affiner la requête précédente en fonction du rendu visuel[73]. L'objectif final est l'explicitation du système spatial et, si possible, l'élaboration d'éléments de réponse à la problématique posée.

4.3.3 De la résolution de problème

L'approche de l'enseignement par le problème a été largement étudiée sur un plan pédagogique (Fabre, 1993 ; Meirieu, 1993 ; Develay, 1996 ; Fabre, 1998 ; Poirier-Proulx, 1999). Le problème a également été un objet d'étude et de recherche pour l'enseignement des disciplines scientifiques (Astolfi & Develay, 1989 ; Astolfi, 1994 ; Develay, 1996). Ces approches ont été reprises par des chercheurs en didactique pour les adapter à l'enseignement de l'histoire-géographie (Gérin-Grataloup, Solonel & Tutiaux-Guillon, 1994 ; Le Roux, 1995 ; Le Roux, 2004). La démarche de résolution de problème s'inscrit dans une approche constructiviste des apprentissages. Selon A. Le Roux, « introduit dans la classe de géographie, le problème vient donner du sens à la géographie enseignée…, construisant une interrogation fondée sur un problème dont la résolution implique des activités intellectuelles de raisonnement ».

Nous ne développons pas ici l'approche de la *situation-problème*, qui s'intéresse surtout aux représentations et aux obstacles à franchir par l'élève (obstacle épistémologique, conflit socio-cognitif). Notre approche s'inscrit davantage dans l'optique de la *situation problématique*, où l'objectif est de transposer la problématique scientifique en problématique didactique. Dans une *situation-problème*, « la question posée ou la tâche

[73] Cf le schéma de traitement de l'information dans un SIG, proposé par P. Dumolard au chapitre 6.3 (p 109).

assignée à l'élève est conçue de telle sorte qu'elle le conduit obligatoirement, dans un premier temps, à une impasse ou à un blocage (Gérin-Grataloup, Solonel & Tutiaux-Guillon, 1994). La volonté de sortir de cette impasse conduit l'élève à l'acquisition d'un savoir ou d'une compétence ». Une *situation problématique* « confronte l'élève à un problème dont il doit s'approprier l'enjeu social ou scientifique : l'objectif en est l'acquisition de postures intellectuelles qui sont celles de l'historien ou du géographe, donc le dépassement du sens commun. » Dans ce second cas, on est « proche du jeu dont l'intérêt primordial ne réside pas tant dans l'aspect ludique que dans la confrontation des points de vue » (*idem ibidem*). Il s'agit de formuler des hypothèses qui serviront de fil conducteur pour toute la démarche de recherche. Selon A. Le Roux (2004, p 65), utiliser le problème dans l'enseignement de l'histoire-géographie suppose de :

- dépasser le sens immédiat de la tâche pour accéder à une construction du sens ;
- utiliser le problème comme outil de «modélisation» du débat social (par rapport à des pratiques sociales de référence) ;
- vérifier la transférabilité à une situation nouvelle ;
- modifier le statut des connaissances et faciliter le passage à un savoir construit, partagé, opératoire.

G. Hugonie ajoute un autre élément : une activité de résolution de problème suppose également une pluralité de réponses et la possibilité de faire des erreurs. Selon cet auteur, « la géographie doit montrer que, comme d'autres sciences, elle étudie des problèmes, des questions réelles et importantes, que les sociétés se posent à propos de l'utilisation et de l'aménagement de leur propre territoire » (Hugonie, 2002). Il semble que cette approche s'applique parfaitement à la conduite d'études de cas avec un SIG. L'outil SIG n'est pas une simple base de données, mais « une construction technique ad hoc, mise en place pour répondre à une question, pour apporter une solution à un problème » (Joliveau, 2004). L'usage de thèmes d'actualité ou de « questions socialement vives » est souvent une manière de poser (et de tenter de résoudre) des problèmes en géographie. Pour l'étude de cas SIG conduite sur le cyclone Katrina, nous avons retenu l'approche d'A. Le Roux, moins dans le but de proposer une actualité-prétexte que pour réfléchir au statut de :

- **l'actualité-problème** : chacun connaît les aléas du traitement de l'information « en temps réel » : à quelques heures d'affilé, les médias n'ont-ils pas annoncé que la Nouvelle-Orléans était une « ville épargnée », puis une « ville rayée de la carte »

(sic), ou encore qu'il faudrait « quelques semaines », puis « des années de reconstruction » ! En partant de ces informations contradictoires, il s'agit de prendre le contre-pied des représentations majoritaires et d'utiliser le SIG pour prendre de la distance à l'égard du traitement médiatique de l'information. On peut aussi choisir d'être provocateur en posant une question très ouverte : « pourquoi le cyclone a choisi de toucher en majorité les populations noires et pauvres ? » L'objectif est de faire reconstruire aux élèves d'autres représentations, plus pertinentes.

- **l'actualité perspective** : pour prévoir un ou plusieurs scénarios futurs (repeuplement de la ville, conséquences du cyclone sur les dynamiques et l'organisation future de La Nouvelle-Orléans). On utilise ici les fonctions du SIG non seulement pour traiter l'information géographique, mais pour prévoir des évolutions et envisager des solutions (outil de prévision et d'aide à la décision)

5. L'approche par la cognition spatiale et le rapport entre image et espace

La psychologie cognitive permet de mieux comprendre les activités mentales et les connaissances qui sont à l'œuvre avec l'usage de l'ordinateur, en examinant notamment les processus cognitifs qui interviennent dans le traitement des informations. Le cogniticien D. Norman définit un artefact cognitif comme « un outil artificiel conçu pour conserver, exposer et traiter l'information dans le but de satisfaire une fonction représentationnelle » (Norman, 1993). La carte géographique ou l'ordinateur sont des artefacts cognitifs dans la mesure où ils jouent un rôle dans le traitement de l'information, qui constitue la base de toute activité cognitive. S'agissant de la cartographie numérique, il nous semble nécessaire d'aborder le problème de la cognition spatiale sous un double angle : celui des problèmes cognitifs posés par la carte elle-même et celui des problèmes cognitifs posés par l'image cartographique sur ordinateur[74]. Dans les deux cas se pose le problème de la carte et de

[74] Nous laissons de côté ici les questions liées au modèle cognitif de chaque utilisateur, qui touche au problème des représentations mentales qui interviennent dans l'utilisation de ces images cartographiques.

l’image dans leurs rapports à la construction de l’espace et à la construction de connaissances par l’apprenant.

5.1 La carte numérique comme double « artefact cognitif »

Selon D. Norman, la carte géographique et l’ordinateur sont deux exemples illustrant parfaitement la notion d’ « artefact cognitif » (Norman, 1993) :

- ils permettent de décharger l’utilisateur de certaines tâches cognitives, de mémorisation et de représentation notamment, dans la mesure où d'une part, ils agissent comme réservoir d'informations et d'autre part, ils « cristallisent » certaines opérations cognitives (par exemple le calcul d’un itinéraire sur une carte) ;

- ils jouent un rôle d'amplificateur des capacités cognitives humaines de mémoire, de calcul, de visualisation (par exemple l’ordinateur qui permet de multiplier les possibilités et les formes de visualisation) ;

- ils jouent, enfin, un double rôle d'opérateur et de « limitateur » dans l'action des usagers dans la mesure où la structure physique des artefacts impose des contraintes qui rendent possibles certaines opérations (ou manipulations) plutôt que d'autres.

D. Norman reprend ici la notion d’*affordance* à partir de l’approche écologique de la perception visuelle de J. Gibson (Gibson, 1979). Les artefacts cognitifs permettent (*afford*) certains usages, par exemple en remplaçant certaines tâches cognitives par une perception directe d'indices et ce faisant, ils modifient non seulement la tâche de l'usager mais également la façon de réaliser cette tâche. Sur le plan de la perception visuelle, cette conception remet en cause l’approche par la représentation, selon laquelle le rôle de l'œil serait seulement de transmettre au cerveau les informations. Selon J. Gibson, le rôle du système perceptif visuel est d'extraire directement les informations présentes dans le

monde : on ne perçoit pas une succession d'images sur lesquels on peut effectuer des traitements, mais on perçoit directement les invariants de la structure du champ optique. Il y a comme une évidence de la perception. On rejoint là les théories de la perception directe (Gibson, Peirce, Dewey), qui affirment que « l'œil pense » d'une certaine façon. Dans sa théorie sémiotique[75], Peirce a montré l'importance de la perception directe des signes. Pour ce sémioticien, le rôle du langage graphique est prédominant sur celui du langage verbal et la carte constitue d'abord une image (au sens de représentation analogique), qui entretient un rapport d'iconicité avec son référent (l'espace terrestre), dont elle tient lieu. Si chacun sait bien que « la carte n'est pas le territoire », dans cette philosophie de la perception directe, le signe met en relation la carte et le réel extérieur dans un rapport d'analogie. Comme le souligne J. Fontanabona (1999), « la carte est une image (analogie qualitative) : la position des figurés restitue à échelle réduite la position des lieux les uns par rapport aux autres. Il y a isomorphisme structural (M. Denis, 1994)[76]. Ce rapport analogique entre la carte et le monde réel est susceptible de renforcer, dans l'enseignement de la géographie, l'illusion de la carte comme « image transparente du réel ». Mais on peut se demander si ce n'est pas plus généralement l'usage généralisé et dévoyé de l'image (au sens d'*imago* : imitation en latin) dans l'enseignement qui est finalement mis en question.

Les relations ambivalentes, à la fois de défiance et d'attraction, qu'entretiennent les pédagogues avec l'image sont bien résumées par Philippe Meirieu. Selon ce pédagogue (Meirieu, 2004), l'ambiguïté remonte au mythe de la caverne de Platon, qui se défiait déjà

[75] Peirce, C. S. (1978). *Écrits sur le signe, rassemblés et commentés par G. Deledalle*, Paris, Seuil. Ce sémioticien a élaboré un modèle du signe, qui permet de différencier des indices, des icônes et des symboles, selon que le signe entretient un rapport physique avec son objet (indice), selon qu'il entretient un rapport de similarité avec celui-ci (icône) ou selon que le signe renvoie à l'objet qu'il dénote en vertu d'une loi ou d'une habitude (symbole). Un indice est donc un signe non intentionnel et non conventionnel, une icône est un signe intentionnel mais non conventionnel, et enfin un symbole est un signe intentionnel et conventionnel.

[76] Pour M. Denis, la cognition relève de la construction d'images mentales a posteriori (processus d'imagerie) : « L'image est une modalité de représentation mentale qui a pour caractéristique de conserver l'information perceptive sous une forme qui possède un degré élevé de similitude structurale avec la perception… L'image, par les propriétés structurales qu'elle hérite de la perception, est un instrument cognitif permettant à l'individu d'effectuer des calculs, des simulations, des inférences, des comparaisons, sans devoir recourir à des opérations logiques formelles. » in Denis, M. (1989). Image et cognition, Paris, Psychologie d'aujourd'hui, PUF.

des images comme reflets trompeurs du monde réel. Rejetée par certains philosophes de l'Antiquité et par les mouvements iconoclastes du Moyen Age, l'image est vécue comme un obstacle à l'accès au concept. Elle est seulement tolérée sous la forme de l'image géométrique qui est déjà, comme l'image figurative de la carte, une abstraction conceptuelle du réel. L'image comme représentation iconique est progressivement intégrée comme un mal nécessaire[77] ; elle devient même à la fin du XIXe siècle le support d'illustration par excellence de la leçon de chose : à l'époque de J. Ferry, l'école va jusqu'à instituer les cartes de géographie comme « des images pieuses, des images au sein d'une religion, qui est une religion de la Nation ». Après avoir connu son heure de gloire, la géographie iconophile semble désormais suspecte. Une fois naturalisée dans l'enseignement et au service de la parole du maître, l'image devient à nouveau source d'interrogation et de méfiance, au point qu'il devient nécessaire de comprendre son fonctionnement, de déchiffrer sa « grammaire ». A une époque de prolifération des images, il est devenu nécessaire d'éduquer à l'image, en particulier à l'image numérique, et de réfléchir au statut qu'elle peut avoir dans l'enseignement. Aujourd'hui il semble que nous soyons tombés dans une grande défiance vis-à-vis des images qui ont envahi les écrans, cathodiques et informatiques. Face à « l'image-icône », l'école se situe plutôt dans la perspective d'enseigner « l'image-projet », où il s'agit de faire construire et de manipuler directement des images, pour en comprendre le mode de construction et le sens. Selon P. Meirieu :

> « *La carte est un outil extrêmement précieux et formidable d'éducation à l'image, car elle synthétise en elle-même tout ce que l'image a de plus fabuleux... C'est une manière de s'abstraire de la réalité dans le sens où l'on n'est plus complètement dedans. On monte déjà au dessus, on en construit un modèle. Cartographier est probablement une des attitudes anthropologiquement les plus fondatrices de l'activité humaine.*

[77] Ce discours anti-visuel se retrouve aujourd'hui, avec des nuances, auprès d'auteurs comme Farinelli, F. (1989). Pour une théorie générale de la géographie. *Géorythmes, Recherches géographiques*, 5. ; ou Söderström, O. (1999). Les géographes et le visuel : de l'iconophilie à une expertise des images. in Chivallon, C.et alii, *Discours scientifiques et contextes culturels. Géographies françaises et britanniques à l'épreuve postmoderne*, n° 253-270, Talence, MSHA (Maison des sciences de l'homme d'Aquitaine).. Il convient pourtant de rappeler que la géographie s'est toujours nourrie d'images et que la production d'images a favorisé la construction de l'imaginaire géographique à travers nos représentations mentales de l'espace. Voir Debarbieux, B. (2003). Imaginaire géographique. in Levy, J., Lussault, M., Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés, Paris, Belin, p. 489-491.

C'est sortir du réel pour trouver un modèle du réel pour se retrouver dans le réel » (Meirieu, 2006).

Si la carte a un tel potentiel cognitif et constitue un enjeu aussi important pour l'enseignement de la géographie, c'est qu'elle est la première formalisation de l'espace terrestre et qu'elle assure le passage de l'espace terrestre à l'espace géographique. C'est donc déjà une abstraction qui permet de conceptualiser l'espace[78]. Mais, comme l'attestent différents travaux de recherche en didactique (Audigier, 1996 ; Mendibil, 1997 ; Clerc, 2002 ; Niclot, 2003), l'enseignement de l'histoire-géographie a du mal à sortir de l'usage illustratif de l'image, tel qu'il est établi par la « vulgate scolaire ». D'une certaine manière, l'usage rituel de la *carte scolaire* ne parvient pas à rompre avec l'autoréférence[79] métaphorique de la carte, comme image substitutive du réel.

Selon R. Debray, notre rapport à l'image est intimement lié aux vicissitudes qui ont marqué l'histoire de l'image et du regard en Occident (Debray, 1992). Même si nous sommes entrés dans « l'équation de l'ère visuelle (le visible = le vrai = le réel) », il convient cependant de ne pas discréditer toute forme de pensée visuelle. Pour notre part, nous considérons que l'image ou la carte numérique sur ordinateur ne constitue pas seulement un moyen d'accès à une réalité à connaître, mais un outil de structuration cognitive. Comme le souligne Y. Ferland, les défis actuels de la cartographie numérique conduisent à s'interroger sur la cognition spatiale, sous le rapport de la construction de l'espace et des savoirs géographiques mis en jeu. Comme l'affirme judicieusement cet auteur, en adaptant la célèbre formule de Korzybski, « la carte est le territoire de la compréhension spatiale » (Ferland, 1997). D'autres auteurs ont perçu également l'importance qu'il convient d'accorder aux « cartes de la connaissance » (Jacob, 1992 ; Antoni, Klein & Moisy, 2004 ; Bord & Baduel, 2004). Pour eux, le pouvoir des cartes tient moins à leur statut de représentation du réel qu'à leur pouvoir de médiation au sein d'un

[78] G. Mottet (1995, p 235) corrobore ce point de vue : « De la figuration à la modélisation se dessine également un parcours de connaissance dont les niveaux d'image marquent les étapes intermédiaires et successives (processus mentaux de schématisation, de catégorisation, de généralisation, de hiérarchisation, de connexion, d'interdépendance) » in Mottet, G. (1995). Images et construction de l'espace. Apprendre la carte à l'école, Paris, INRP.

[79] Nous définissons l'autoréférence comme un processus de référence circulaire où la *carte scolaire*, n'ayant plus besoin de se référer à l'espace qu'elle représente ni aux choix de l'auteur qui l'a conçue, devient en quelque sorte le territoire même : c'est le principe de la métaphore.

processus de communication. Dans ce cas, le véritable enjeu de la carte est cognitif. Il s'agit non pas seulement de transmettre des connaissances géographiques entre un émetteur (le concepteur de la carte) et un destinataire (l'usager de la carte). La carte que l'on construit pour soi face à son ordinateur remet en cause le « paradigme de la communication » en mettant la carte du côté de l'usager, à la fois concepteur et destinataire. Mais surtout elle change le statut de l'image cartographique. Pour le communicologue J. Feller (cité par Ferland, 1997), « l'image est non pas une illusion du savoir, au même titre et dans les mêmes proportions qu'elle est une illusion du réel, mais un moyen supplémentaire d'appréhender le réel, un moyen complémentaire de constituer un savoir ». Cette conception nous paraît assez bien correspondre aux enjeux actuels posés par l'usage de la cartographie numérique, qui réhabilite le rôle de l'image cartographique dans l'accès à la connaissance.

5.2 De l'image de l'espace à l'espace de l'image : image cartographique à l'écran et processus d'iconisation

L'usage de l'ordinateur pour manipuler des images géographiques nous oblige à prendre en compte le statut particulier de l'image cartographique, qui a tendance à brouiller la distinction établie par J. Bertin entre la « carte à lire » (priorité au langage verbal par la lecture de la légende) et la « carte à voir » (priorité au langage graphique par la perception des formes cartographiques)[80]. La carte, ou plutôt les diverses cartes qui sont visualisées sous formes de couches à l'écran, sont d'abord des images[81]. L'informatique transforme tout en images. L'usage massif des icônes dans les interfaces graphiques des environnements informatiques en est le symbole le plus manifeste. Mais l'iconisation de la

[80] Comme l'a souligné le sémiologue J. Bertin, contrairement à un texte qui impose un parcours séquentiel de lecture, une carte peut se lire aussi bien dans une vue de détail s'attachant au décryptage des symboles que dans une vue d'ensemble s'attachant aux formes. Mais dans les deux cas, c'est bien la pensée exprimée par la carte qui doit être atteinte. Le rapport à la sémiologie graphique est bouleversé du fait également que l'utilisateur construit d'abord des cartes pour lui-même lors de ses investigations, sans prêter toujours attention aux règles cartographiques que l'on est censé respecter au moment de communiquer une carte.

[81] Certains auteurs ont évoqué la nécessité, concernant ces « cartes-écrans », de définir une nouvelle sémiologie « infographique », qui sépare nettement les métaphores liées à la représentation de l'espace et celles destinées à la manipulation d'objets. Voir Muller, J.-M., Laurini, R. (1997). La cartographie de l'an 2000. *Revue Internationale de Géomatique*, 7, p. 87-107.

carte par l'informatique vient aussi du fait que l'environnement informatique SIG permet de stocker et de mobiliser une grande quantité et une grande multiplicité d'images. Ces images recouvrent tous les types de représentations de l'espace terrestre : depuis les trois grands types d'images géographiques (à savoir les paysages pris à hauteur d'homme, les vues aériennes obliques et verticales, les images satellitales) jusqu'aux images cartographiques[82] construites avec un niveau d'abstraction plus important, c'est-à-dire les cartes topographiques, les cartes thématiques, mais aussi les profils et les représentations en trois dimensions (dont les modèles numériques de terrain)[83]. Il devient ainsi très difficile pour l'utilisateur de décoder chaque image cartographique qui renvoie à des codes sémiologiques et à un « langage » spécifiques[84]. Qui plus est, ces cartes-images peuvent devenir interactives avec des zones sensibles, des « infobulles » et des liens hypertextes renvoyant d'une couche cartographique à une autre, ou d'un type d'image à un autre (par exemple des points sensibles sur une carte pour visualiser des images de paysages ou des vues panoramiques)[85]. L'iconisation de ces images est alors renforcée par la navigation d'une couche cartographique à l'autre, voire à l'intérieur de la même couche, par l'intermédiaire d'icônes informatiques servant elles-mêmes de métaphores spatiales[86] au

[82] Dans le vocabulaire des géomaticiens, les cartes topographiques portent de manière significative le nom de « Scan 25* » ou « Scan 50* » pour désigner des cartes au 1/25 000 ou 1/50 000 : preuve que la digitalisation (« scan ») de ces cartes en fait d'abord des images numériques et renvoie à des problèmes de taille, de résolution, d'affichage et de traitement graphique.

[83] Nous laissons de côté ici les images construites par des outils non cartographiques, du type cartes par anamorphoses ou environnements virtuels en 3D.

[84] L'usage courant de la transparence pour permettre de comparer les couches superposées (par exemple une image satellitale et une carte topographique) pose de redoutables problèmes d'interprétation, dans la mesure où la fusion de pixels de différentes couleurs n'a pas de sens sur le plan sémiologique, du fait que le traitement coloré de chaque image correspond à différentes méthodes d'acquisition et de traitement numérique.

[85] Pour E. Casti (2003, p 134), la carte elle-même adopte « un langage de type "hypertextuel" fondé sur l'utilisation de codes différenciés (code lexical, code numérique, code figuratif, code géométrique….). Cet ensemble, système sémiotique complexe, produit des implications communicatives importantes qui permettent à l'utilisateur de "naviguer" dans de multiples liens capables d'accroître l'information ».

[86] Selon Kuhn (1995), ces métaphores spatiales contribuent à donner du sens et jouent un rôle fondamental dans les SIG pour favoriser l'interactivité, l'accomplissement de tâches ou l'accès à des concepts complexes. Kuhn, W. (1995). Questions and Answers about Metaphors for GIS user interfaces. in T. L. Nyerges, D. M. M., R. Laurini, M. J. Egenhofer, *Cognitive Aspects of Human-Cumputer Interaction for Geographic Information Systems*, n° 83, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 113-122.

sein de l'interface graphique* (par exemple la métaphore de la boussole virtuelle pour se déplacer à travers les images de Google Earth). Paradoxalement, l'utilisateur ne perçoit pas d'emblée cet empilement d'images : l'écran de l'ordinateur fonctionne comme interface unique de visualisation et conduit à fusionner toutes ces images en une seule image-écran. Derrière cette « transparence » de l'image informatique, il convient pourtant de restituer la « profondeur » des images géographiques que l'on visualise.

Le statut de l'image cartographique au sein d'un SIG pose problème et renvoie à la problématique générale de l'apprentissage par l'image. Il convient donc de conduire une éducation à l'image cartographique et à ses utilisations dans un SIG, et a fortiori dans un globe virtuel où la prégnance de l'image est encore plus forte[87]. Pour sortir de cet « imagement du monde », nous pensons qu'il est essentiel d'attirer l'attention des élèves sur le degré d'iconicité de ces images (cf Annexe 4), en les faisant réfléchir au rapport d'analogie que ces images entretiennent avec le réel. Quelles informations comporte l'image aérienne* que ne comporte pas l'image satellitale*, et vice versa ? Quelles informations figurent sur la carte topographique (nomenclature, localisation, thématisation) que l'on ne retrouve pas sur l'image satellitale, et inversement ? Que nous « dit » la carte thématique en mode vecteur* par rapport à la même carte interpolée en mode raster* ?

Toutes ces images multiformes tirent leur interactivité des possibilités d'activer ou de désactiver les couches, de zoomer ou de réduire l'image, de changer d'échelle et de superposer des couches (croisement thématique*). Mais elles acquièrent surtout des avantages comparatifs lorsque l'on met en œuvre des formes combinées de visualisation. Ces images sont pour l'œil autant de grilles de lecture permettant de donner une certaine intelligibilité à l'espace, représenté et perçu sous de multiples facettes[88]. Mais la visualisation obéit elle-même à des processus actifs. Il convient ici de noter que l'image SIG reste tributaire d'une triple intentionnalité : celle du concepteur initial qui a intégré et

87 De la création à la réception, tous les aspects de la représentation graphique sont remis en cause par "le numérique". Cette éducation à l'image numérique à travers les outils géomatiques passe, selon nous, par une nouvelle pédagogie de l'image. L'image n'est plus considérée comme auxiliaire de la langue, mais comme objet spécifique d'enseignement et d'apprentissage. Cela suppose de travailler la fonction des images cartographiques numériques dans la construction des connaissances géographiques.

88 Pour G. Mottet (1995, p 235), « Un type d'image correspond à un type d'usage, ou du moins à une famille d'utilisations possibles : ainsi un plan cadastral, une carte marine ou une image satellitale. Mais les différents types d'images peuvent se regrouper ou se relier en des réseaux de complémentarités, chacune apportant sa spécificité, son point de vue, sa grille d'analyse du réel. »

structuré les couches cartographiques, celle de l'enseignant qui organise le jeu de données en fonction des thématiques sur lesquelles les élèves vont travailler, celle des élèves qui auront à résoudre une « situation-problème » à partir de ces images cartographiques. On ne peut donc pas oublier qu'il y a construction d'images, même si les fonctions et les capacités de calcul du logiciel permettent presque instantanément l'affichage de l'image résultante de l'activité de conception. Le SIG place les élèves en situation de réception d'images élaborées et stockées dans le jeu de données, mais aussi en situation de conception d'images, pour lesquels ils peuvent modifier l'affichage, la résolution, les modes de représentation graphique. Les élèves n'ont qu'une conscience floue de cette dualité. Or ces images conçues par eux participent principalement à la construction de leur raisonnement géographique. Mais ils ne semblent pas le percevoir. Ce qui nécessite donc un apprentissage de l'image et de ses spécificités au sein du SIG, afin que ces images deviennent réellement porteuses de sens.

Encore différente de la carte à voir ou de la carte à lire, la *carte à faire* pose, quant à elle, la question de la construction et de déconstruction de la carte, non pas seulement par rapport aux activités langagières dans lesquelles elle s'inscrit, mais par rapport à l'instrumentation de la cartographie et aux modes de représentation induits par l'outil informatique. L'utilisateur qui construit des cartes « à la carte » procède souvent par tâtonnements et visualise le résultat de chaque traitement avant d'en effectuer un nouveau, qui permettra d'améliorer ou de corriger la carte précédente. La carte, que l'on efface à peine construite, devient une image intermédiaire, un moyen provisoire d'accéder au sens. Elle peut tout aussi bien constituer le produit final : la carte que l'on aura choisie de garder et d'enregistrer sur le disque dur. Mais cette carte finale, stockée sous forme de fichier numérique, pourra de nouveau être éditée et transformée, donc redevenir une carte de travail. Un peu à la manière d'un texte que l'on peut sans cesse modifier et réécrire dans un traitement de texte, l'image numérique devient, comme un palimpseste, un état fugitif, une forme provisoire et toujours réinscriptible de notre appréhension de l'espace.

Ce statut particulier de l'image cartographique à l'écran nous paraît déterminant pour l'enseignement de la géographie, dans la mesure où il décale le point de vue sur la carte, image de l'espace, pour s'intéresser à l'espace de l'image. Il ne s'agit pas d'analyser comment l'image est induite à partir du réel, mais au contraire de déconstruire le sens de l'image déjà là, dans une démarche déductive. Dans ce processus de déconstruction et de reconstruction de l'image (et du réel), le phénomène d'iconisation joue un rôle central.

Il nous paraît intéressant de reprendre ici les travaux de recherche conduits sur la sémiotique visuelle et sur le système iconique (Groupe-Mu, 1992). Le concept de type iconique renvoie à la double dimension objective et subjective de tout objet géographique. Il prend la place du signifié dans le triangle sémiotique classique (référent, signifiant, signifié). Comme l'explique J. Fontanabona, c'est par exemple la maîtrise du type iconique qui permet aux élèves de reconnaître les images cartographiques zénithales particulières d'objets géographiques. En mobilisant des traits sémantiques figuratifs, ils mettent en relation la configuration spécifique du tracé des routes ou la forme des espaces bâtis avec les objets connus de leur environnement proche (Fontanabona, 2001b). Il semble pertinent de reprendre cette approche pour comprendre les processus d'iconisation à l'œuvre dans l'usage des outils géomatiques.

Selon les travaux de recherche d'E. Casti sur l'icône et l'autoréférence cartographique, l'iconisation ne décrit pas le monde, mais véhicule plutôt une interprétation particulière de son fonctionnement. L'autoréférence représente « la possibilité, réalisée par le système iconique, de créer des informations inédites en tant que modèle de référence et instrument d'interprétation du territoire. » (Casti, 2004). Grâce à ce mécanisme autoréférentiel, la carte se place à un niveau supérieur au territoire. « En tant que modèle elle ne peut pas dupliquer la réalité qui est en dehors des intentions de ses réalisateurs, mais seulement la remplacer. Par conséquent la carte s'éloigne du projet initial de transmission, en donnant une version inédite de la réalité qui est en dehors des intentions de ses réalisateurs, ainsi que des systèmes communicatifs utilisés. » (*idem ibidem*, p 428). D'une certaine façon, c'est parce que la carte devient le territoire par des mécanismes autoréférentiels qu'elle peut véhiculer un message et créer de nouvelles significations[89].

Cette vision inédite du monde produite par la carte est liée, par le biais de l'icône et de son rôle dans la cartographie euclidienne, à un glissement du niveau dénotatif vers le connotatif. E. Casti met surtout en valeur deux aspects de l'autoréférence cartographique : elle fournit au destinataire des informations qui s'écartent parfois des intentions du document et elle permet de conditionner l'action sur les choses qu'elle représente. Ces

[89] Dans les pratiques scolaires, la carte est d'autant plus autoréférencée qu'elle tient lieu de réalité. Nous avons vu (cf chapitre 3.2, p 52) que la sortie de terrain est assez rare dans l'enseignement de la géographie et que la carte tient alors le statut de référent, contrairement aux sciences de la vie et de la Terre où elle constitue plutôt un modèle à confronter au réel.

deux aspects de l'autoréférence sont déterminants pour comprendre ce qui est en jeu dans l'usage d'images cartographiques au sein des outils géomatiques[90]. En premier lieu, le géoéréférencement de l'information dans un SIG fait correspondre avec précision, par le système des coordonnées géographiques*, tout point de l'image à sa position dans l'espace de référence. Quand l'utilisateur manipule des images géoréférencées, c'est donc l'espace terrestre qu'il a l'impression de manipuler. On peut y voir un dangereux « effet de réel » produit par l'usage de la cartographie SIG. Mais dans un second temps, de nombreux indices lui permettent aussi de comprendre qu'il a affaire à des « images-écran » : l'image aérienne qu'il a sous les yeux pixellise si l'image est trop agrandie ; l'image satellitale qui a été prise à une certaine date et retraitée en « fausses couleurs » n'est pas cette vue directe sur le monde qu'il semblait percevoir de prime abord ; mais surtout la comparaison de ces images montre qu'elles correspondent chacune à des images d'observation scientifiques. Comme le souligne G. Mottet :

> *« Les images jouent des rôles médiateurs dans la construction scientifique du réel : comme modes de représentation permettant d'approcher le réel de multiples manières (travail de mise en représentation) et comme modes de traitement permettant d'opérer sur la réalité, à d'autres niveaux, à d'autres échelles et selon d'autres points de vue que ceux auxquels la seule perception spatio-temporelle nous permet d'accéder. C'est parce qu'elle met le réel en représentation que l'image peut mettre le sujet en action et lui apporter les instruments nécessaires à la construction du réel. Les figurations graphiques, loin de dispenser de penser, sont les supports indispensables des opérations de pensée* » (Mottet, 1995, p 242).

Pour cet auteur, comprendre une image c'est regarder à travers un regard, interpréter une interprétation. Source d'informations à traiter, l'image est aussi un espace de traitement, espace de jeu où se déploie visuellement une action symbolique sur le réel : l'espace graphique a les propriétés d'un espace de simulation, permettant à la pensée des élèves de manipuler des éléments et des relations et, ce faisant, d'exprimer une vision du réel qu'elle enferme.

---

[90] E. Casti (2003, p 134) définit ainsi l'autoréférence cartographique : « phénomène par lequel les noms et les symboles reproduits sur la carte ne représentent plus simplement des données empiriques physico-naturelles ou anthropiques, mais forment du fait de leur autonomisation logique et sémantique, d'autres significations capables d'influencer la conception que l'acteur se fait des lieux soumis à son contrôle cognitif. » in Casti, E. (2003). Article Cartographie. in Lévy, J., Lussault, M., *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Belin.

En définitive, ces images cartographiques nous offrent une emprise symbolique sur le monde[91]. L'irruption des globes virtuels a ouvert de ce point de vue une nouvelle ère de la cartographie en faisant de chacun de nous un "dieu voyeur", pour reprendre l'expression de Michel de Certeau[92]. Comme dans le mythe d'Icare, nous embrassons d'un seul coup d'œil l'étendue de la surface terrestre. Dans leur toute-puissance de saturation de l'information visuelle multiforme, les outils géomatiques sont susceptibles d'accroître le sentiment d'un accès direct à la « réalité » du monde. Cette emprise est symbolique bien sûr, car la réalité est au delà de l'image. Mais l'imagerie numérique des SIG et des globes virtuels n'est pas seulement là pour nous offrir une image-réplique ou un « doublon numérique » de la planète, elle nous plonge dans une réalité virtuelle[93]. C'est dans cette virtualité de l'image que l'on peut visualiser les conséquences d'hypothèses, explorer des solutions, mettre en visibilité nos idées. Pour G. Mottet (1995, p 248), « l'image est toujours un instrument pour des actions virtuelles sur la réalité, actions qui mettent en jeu, en les manifestant, nos capacités de représentation et de traitement. Encore faut-il "entrer dans l'image", transformer l'instrumentalité dont elle porteuse en une opérativité de la pensée ». Il semble que les modes de visualisation offerts par la cartographie sur ordinateur puissent jouer un rôle majeur dans le développement de cette « pensée visuelle »[94].

5.3 « Pensée visuelle » et géovisualisation des phénomènes géographiques

L'approche de la carte par l'image nous a permis de voir que l'image, *a fortiori* l'image numérique, est d'abord un dispositif de visualisation de l'information et que

[91] Pour E. Casti, « la cartographie est capable de s'insérer dans la communication en tant que médiation symbolique déterminant les modalités selon lesquelles le monde est ordonné, connu et successivement expérimenté. Dans cette perspective la question de "l'interprète" (mot qui désigne, mieux que celui d'utilisateur, l'activité cognitive) est cruciale ». (Casti, 2003, p 135)

[92] Pour Michel de Certeau, « l'élévation transforme en voyeur et met à distance comme le regard de Dieu » in Certeau, M. (1980). *L'invention du quotidien*, Arts de faire. Union Générale d'éditions.

[93] Nous n'abordons pas dans cette recherche les aspects cognitifs liés aux environnements virtuels en trois dimensions qui constituent en eux-mêmes des environnements immersifs et renvoient à des modes de représentation et d'apprentissage spécifiques, liés à la réalité augmentée ou à la visualisation de phénomènes habituellement invisibles.

[94] Pour C. Jacob (1992) : « La carte donne à penser autant qu'à voir. Elle matérialise une vue de l'esprit plus qu'une image du réel. »

ces « images d'espace » constituent un support essentiel pour développer un raisonnement spatial. Il convient désormais de comprendre en quoi consiste cette « pensée visuelle » et quel impact elle peut avoir dans la mise en œuvre de processus de géovisualisation.

R. Arnheim, dans son ouvrage sur *La pensée visuelle* (1969), a été l'un des premiers à considérer l'activité perceptive comme une activité cognitive à part entière. L'auteur insiste sur le fonctionnement cumulatif de la vision : "Un acte perceptif n'est jamais isolé : il constitue seulement le tout dernier maillon d'une chaîne d'innombrables actes similaires qui, accomplis dans le passé, survivent dans la mémoire." (Arnheim, 1976, ed. orig. 1969). Autant que la perception, la mémoire joue un rôle fondamental dans la mise en place de cette « pensée visuelle ». Dans son approche théorique de la cartographie à travers l'histoire, C. Jacob (Jacob, 1992) a montré que par le biais de la mémoire, la carte s'est renforcée historiquement en Occident et que l'école a pu jouer un rôle fondamental dans l'acquisition d'un modèle général et partagé de perception de l'espace. Dans la construction de cet imaginaire occidental par la carte, la primauté de la visualisation est indéniable, mais paradoxalement cette "pensée visuelle" a été très peu étudiée dans l'enseignement de la géographie « toujours très largement, et très logiquement, soumise à une pensée verbale » (Masselot-Girard *et alii*, 1999). Pourtant depuis les années 1970, certains travaux de la psychologie cognitive soutiennent l'existence d'une communauté de fonctionnement entre *voir* et *penser*. Le modèle du double codage (Paivio, 1971 ; Kosslyn, 1980 ; Paivio, 1986) repose sur l'idée que les activités cognitives seraient régies par deux systèmes de codages différenciés, par deux modes de représentation symboliques : un système de représentations arbitraires, verbales ou propositionnelles lié à l'expérience du langage qu'a l'individu, et un système de représentations figuratives, basé sur une "sémantique de la ressemblance" (Denis, 1989) et lié à l'expérience perceptive de notre environnement. Ce second mode de représentation reposerait sur un processus d'imagerie et serait plus adapté au traitement d'événements concrets. Il fonctionnerait sur la base d'une mémoire associative permettant l'analogie entre les propriétés structurales des objets réels et les symboles choisis pour les représenter. En facilitant l'analogie entre l'objet et sa représentation, la carte permettrait le rapprochement des caractéristiques spatiales (liées à l'espace terrestre) et visuelles (liées à l'espace cartographique).

La visualisation cartographique, et partant son rôle dans la construction de connaissances géographiques, a donné lieu à des débats importants depuis une trentaine d'années, en lien avec l'essor de la cartographie sur ordinateur et l'approche visuelle de la

carte. Pour résumer le sens de ces débats entre cartographes et géographes, nous pouvons dire de manière synthétique que l'on est passé d'une cartographie de la communication[95] à une cartographie de la visualisation. A partir des années 1970, on assiste aux Etats-Unis, puis dans de nombreux pays, à l'émergence d'une nouvelle géographie de la perception, de l'espace vécu et de la carte mentale[96]. Parallèlement se développe tout un courant de visualisation informatique scientifique, dont la devise est « comprendre avec les nombres ». La visualisation scientifique est devenue rapidement importante au regard des masses de données produites, particulièrement dans le domaine de la télédétection par satellite. Un projet conduit par l'Association cartographique internationale visait à combiner l'expérience et la connaissance des cartographes avec celles des informaticiens. Sous la direction du géographe américain Alan MacEachren, ce projet a débouché progressivement sur un nouveau paradigme, celui de la visualisation cartographique. Ce paradigme repose sur l'attention explicite portée aux images et à l'exploration visuelle de données géospatiales. Dans un ouvrage de référence, *How maps work* (1995), MacEachren reprend les travaux de ses prédécesseurs (Eastman, Peterson), pour montrer le rôle de l'imagerie et de la cognition visuelle dans la construction de nos représentations mentales[97]. Pour lui, la visualisation est un terme polysémique. Il distingue deux grandes approches : la visualisation au sens général de "rendre visible" (c'est le but même de la carte) et la « visualisation scientifique" dans un sens plus spécifique, qui permet grâce aux technologies informatiques de visualiser sous différents angles des données et des concepts scientifiques. La visualisation cartographique, et avec elle la cartographie, apparaissent dès lors comme des techniques ou des méthodes d'exploration des données. Dans ce sens, elles rejoignent les objectifs de l'analyse exploratoire, mais avec la particularité que la clé d'entrée de la phase d'exploration est une clé spatiale : c'est principalement à partir des coordonnées *x* et *y* de chaque objet que l'ensemble des données contenues dans la base de données localisées pourra être lié, mis en relation, et finalement visualisé, éventuellement

[95] Le paradigme de la communication en cartographie est présenté au chapitre 5.1 (p 90).

[96] Comme le montre B. Debarbieux, les images mentales de Gould et White (1974) contribuent à populariser la "géographie de la perception" tout en la détournant de son sens d'origine. in Debarbieux, B. (2004, ed. orig. 1984). Les problématiques de l'image et de la représentation en géographie. in Bailly, A., (dir), *Les concepts de la géographie humaine*, Collection U, Armand Colin, p. 199-212.

[97] Pour MacEachren, A. M. (2004, ed. orig. 1994). *How maps work. Representation, visualization and design*, New York, Guilford Press., la cartographie est affaire de représentation (*Cartography is about representation*).

communiqué. En repérant des entités* spatiales ayant ou non des rapports logiques, en enchaînant les sélections, en multipliant les angles de vue, l'utilisateur est à même de construire son propre regard sur l'espace, de développer une pensée géo-visuelle en quelque sorte.

MacEachren propose un modèle généralisé des stratégies de visualisation de données géographiques avec des outils numériques, qui peuvent se localiser selon les trois axes d'un cube en fonction : des objectifs de la carte (présentation de structures ou d'éléments connus / inconnus), de l'usage de la carte (usage individuel du producteur / usage collectif pour un public absent) et du niveau d'interaction avec la carte (faible / fort). Le cube de MacEachren (Figure 3, p 101) distingue ainsi trois situations de référence :

- en situation de **présentation**, le producteur est différent de l'utilisateur auquel il veut communiquer des éléments qu'il connaît, alors que l'utilisateur ne connaît pas bien les données utilisées et n'interagit ni avec les données ni avec la carte ;

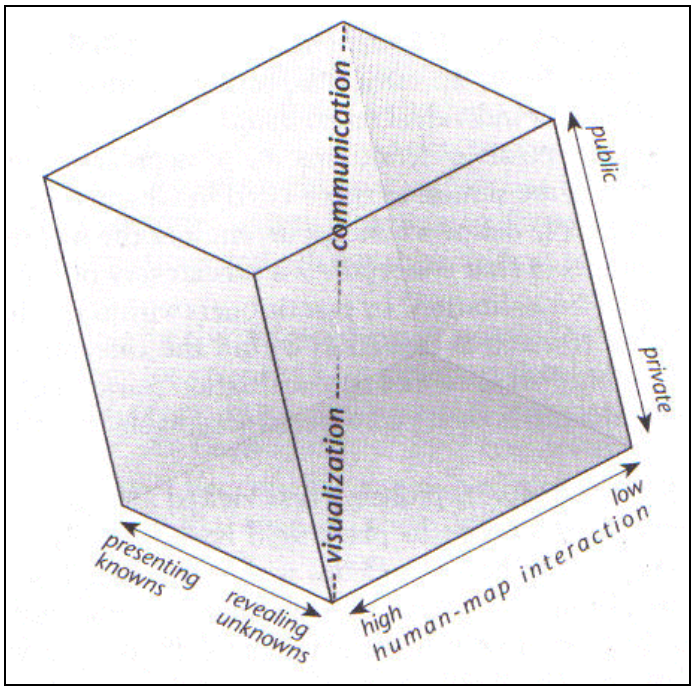
- en situation d'**exploration**, l'utilisateur est aussi le producteur : il est à la recherche d'éléments inconnus dans les données qu'il connaît et les interactions avec la carte et avec les données sont très fortes ;

- en situation d'**analyse** : elle correspond à une situation intermédiaire entre les deux précédentes. Mais toutes les positions dans le cube sont possibles et les stratégies de visualisation possibles dans les SIG deviennent très nombreuses.

L'approche proposée par MacEachren a le mérite de mettre l'accent sur le rôle de l'usager dans les stratégies de visualisation : la carte numérique n'est plus du côté de celui qui la conçoit, mais du côté de l'utilisateur qui construit progressivement, à partir d'expérimentations visuelles, un raisonnement spatial (*spatial thinking*) selon une méthode empirique[98].

[98] Cette forme de pensée spatiale ("spatial thinking") peut être définie comme un ensemble de connaissances, de compétences et d'aptitudes à utiliser des concepts spatiaux, des outils de représentation et des formes de raisonnement pour structurer les problèmes, trouver des réponses et exprimer des solutions.

Figure 3 : Le nouveau paradigme de la cartographie selon MacEachren (1994)



Avec d'autres auteurs américains (Ormelin, Kraak, Dykes), MacEachren a construit un nouveau paradigme pour la cartographie, qui se définit désormais comme une cartographie de la visualisation. L'intérêt de la géovisualisation[99] est de montrer le rôle central de la visualisation dans le raisonnement spatial et de réhabiliter des démarches inductives, favorisées par la multiplicité des points de vue et la diversité des parcours, induits par les potentialités de la cartographie numérique interactive. Par rapport à la sémiologie de J. Bertin, MacEachren ajoute également des variables visuelles pour aider à la conception et à la compréhension des cartes numériques (netteté, résolution, transparence, saturation des couleurs, disposition des symboles). On notera toutefois que la cartographie, comme langage, ne s'est jamais limitée à rendre visible ce qui ne l'était pas immédiatement et, d'une certaine façon, a toujours entretenu des rapports étroits avec la visualisation, postulant que celle-ci pouvait apporter quelque chose à la pensée.

[99] Selon Kraak (2002, p 322), « la géovisualisation intègre les approches de la visualisation scientifique, de la cartographie exploratoire, de l'analyse d'image, de la visualisation d'information, de l'analyse exploratoire de données et des Systèmes d'Information Géographique, afin de fournir des théories, des méthodes et des outils pour l'exploration visuelle, l'analyse, la synthèse et la présentation de données géospatiales. » (traduction libre)

Le courant de la géovisualisation cartographique a irrigué de nombreux travaux dans les pays anglo-saxons et imprégné la réflexion sur les outils géomatiques au niveau international (MacEachren, Kraak & Dykes, 2005). Progressivement a émergé une réflexion globale sur l'application de cette « pensée visuelle » (*visual thinking*) dans différentes disciplines d'enseignement, en lien avec des modes d'apprentissage par exploration et par résolution de problème (Blaser, Sester & Egenhofer, 2000 ; King, 2006). Il s'agit en particulier de développer les compétences spatiales de manière interdisciplinaire, afin de favoriser une maîtrise de l'espace. Au même titre que l'information qui nécessite une éducation pour la maîtriser (*information literacy*), la compréhension du sens de l'espace passe par le développement de compétences d'analyse spatiale à l'école (*spatial literacy*).

Un rapport de recherche intitulé *Learning to think spatially*, publié en 2005 par le très sérieux National Research Council, examine comment les compétences de raisonnement spatial (*spatial thinking*) pourraient être intégrées dans les enseignements fondamentaux des programmes scolaires aux Etats-Unis. Ce rapport a débouché sur des propositions concrètes pour rendre les apprenants et les enseignants capables de penser l'espace et pour intégrer les SIG dans les différentes disciplines du curriculum (en particulier au niveau K12, soit dans l'enseignement primaire et secondaire). Les SIG sont présentés dans ce rapport comme des outils pour penser, des systèmes-supports pour aider au développement et à la maîtrise de cette pensée visuelle. Mais pour l'instant, ces travaux de recherche ont rencontré un écho très limité dans l'enseignement des disciplines, dans la plupart des pays et notamment en France[100]. Il convient aussi de souligner que l'appréhension des phénomènes spatiaux relèvent de différentes aptitudes cognitives : la maitrise de l'espace ne se résume donc pas à la seule capacité à visualiser des données spatiales, même si c'est dabord par l'œil que l'on est à même d'établir des relations entre l'espace perçu et l'espace représenté.

[100] Il faut dire que, pour répondre aux attentes de la communauté des enseignants et pour fournir un SIG éducatif adapté aux besoins des enseignants et des élèves, le rapport estime nécessaire de compter 3 ans et entre 3 et 5 millions de dollars pour développer un SIG éducatif. Le comité scientifique à l'origine de ce rapport préconise de mettre en place un partenariat associant des développeurs SIG et des utilisateurs, issus du secteur public, du secteur privé, et de la communauté des utilisateurs dans l'enseignement primaire et secondaire (si possible proche des demandes du terrain). On est là dans un type de partenariat économique assez caractéristique du modèle libéral américain. Une approche comparative avec les autres pays anglo-saxons et européens est proposée au chapitre 10.2 (p 156).

6. L'approche par le traitement de l'information géographique

L'ordinateur n'est pas seulement un puissant outil de visualisation cartographique. Il est à même de traiter des informations géographiques. Outil de traitement graphique et numérique, il traite toutes sortes de données (textes, images, chiffres…). Mais ces fonctions de traitement nécessite d'interroger la nature de l'information géographique, les étapes de son traitement et la place même du traitement par rapport à la visualisation ou à la communication.

6.1 Donnée, information ou connaissance ?

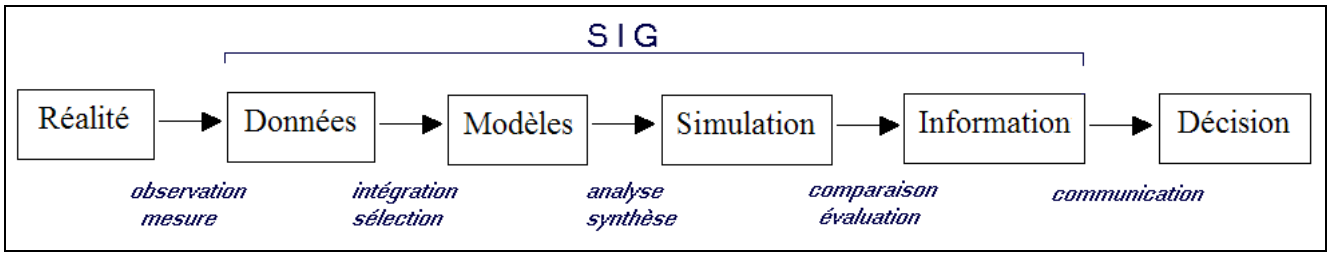
En apparence, l'information géographique numérique dans un SIG se définit assez simplement comme une information géoréférencée avec un identifiant, une localisation (déterminée par des coordonnées géographiques x, y et éventuellement z), un ensemble d'attributs caractérisant chacun des éléments d'information et une date indiquant le moment où l'information possédait cette localisation et cet attribut[101]. En réalité, la nature de l'information géographique est déterminée par de nombreux autres paramètres et il n'est pas toujours aisé de distinguer entre donnée, information et connaissance. Distinguons d'abord donnée* géographique et information* géographique. Si l'on adopte une vision synthétique, un Système d'Information Géographique transforme des données en information au moyen de traitements (intégration, sélection, analyse, synthèse, comparaison, évaluation). Le système informatique comporte au départ des données rassemblées dans une base de données. Celles-ci ont été saisies sur le terrain par l'utilisateur ou, le plus souvent, acquises auprès de divers fournisseurs de données. Ces données sont donc rarement brutes et sont très dépendantes de la manière dont elles ont été acquises : y a-t-il eu une réflexion préalable à leur acquisition ? Selon quels critères ou quelles bases statistiques ces données ont-elles été prélevées ou recensées ? Comment ont-elles été structurées ? Dispose-t-on de métadonnées* pour en connaître la source et la structuration ? Comme le soulignent les géomaticiens, les données sont rarement… « données », au sens où elles n'existent pas en dehors de certaines contraintes

[101] Nous renvoyons le lecteur au glossaire des termes géomatiques en annexe (p 294) pour une définition précise de chacun des termes techniques employés.

et qu'elles embarquent souvent des informations sujettes à caution[102]. Mais au delà de la subjectivité des données, c'est le passage de la donnée à l'information qui est l'objet principal du débat.

Selon les auteurs, la place respective des données et des informations au sein de la chaîne de traitement de l'information peut différer considérablement. Pour comprendre les opérations qui permettent de passer de la donnée à l'information, il faut faire intervenir un modèle de traitement de l'information, c'est-à-dire un modèle de connaissances qui permet d'organiser le réel. L'information géographique produite en sortie n'existe pas en dehors d'un modèle pour organiser la connaissance du monde réel. Nous pouvons nous référer ici au schéma (Figure 4) de type procédural élaboré par Marius Thériault (Thériault, 1995) :

Figure 4 : Le paradigme des SIG selon Thériault (1995)



M. Thériault a élaboré un paradigme définissant l'ensemble des problèmes et des méthodes des SIG. Il correspond à l'usage le plus courant du SIG, comme outil de gestion et d'aide à la décision, pour l'utilisateur qui doit prendre des décisions concernant un territoire ou une organisation. Mais ce schéma est assez linéaire et n'intègre pas de boucles de rétroactions à chaque étape. On peut s'interroger également sur la place de la modélisation au sein même du SIG : où est construit ce modèle, dans ou hors du SIG ? S'agit-il d'un modèle de structuration de données ou d'un véritable modèle conceptuel issu de la discipline ? Ce dernier s'apparente-t-il à un modèle spatial, tel qu'on en trouve en géographie (modèle centre/périphérie, modèle des lieux centraux, etc.) ou simplement à un modèle de solution de problèmes et à l'estimation ensuite avec des cartes ? On peut remarquer que le recours à des modèles mathématiques et physiques est

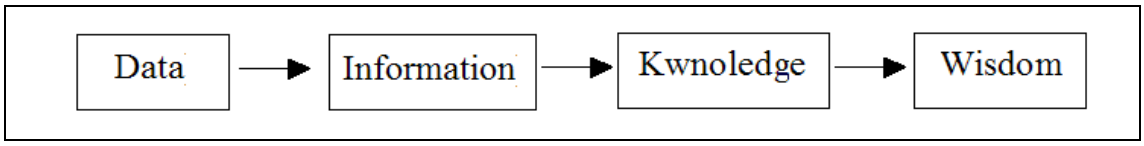
[102] L'accès aux données pose également un problème de coût financier, même si le développement récent de l'information géographique sur Internet (*geoweb)* et certaines mesures administratives (telle la directive INSPIRE au niveau européen, cf note 109 p 122) tendent à faciliter l'accès et le partage des données géospatiales.

chose rare et compliquée pour des élèves de collège-lycée. Le plus souvent, les modèles restent plus ou moins intuitifs et peu formalisés. T. Joliveau fait remarquer à ce sujet :

> « *Alors qu'en France données et informations sont souvent considérées comme synonymes, les Anglo-saxons distinguent les données « brutes de fonderie » et l'information élaborée, construite et utile. Cette notion de raffinage de la donnée en entrée pour produire de l'information en sortie, qui peut s'évaluer grossièrement par ce que Le Moigne (1973) appelle le moment de l'information, qui correspond au niveau de traitement et d'altération de la donnée, semble nécessaire pour comprendre ce que fait un SIG. Plus le moment de l'information est grand, plus elle aura subi de traitements, et plus elle sera abstraite et génératrice de contresens, si l'on n'a pas connaissance des algorithmes qui ont contribué à la produire*. » (Joliveau, 2004, p 64)

Cette conception envisage le SIG avant tout comme un système d'information (SI). Dans ce schéma (Figure 5), le traitement de l'information est vu comme un processus continu passant par les étapes suivantes :

Figure 5 : Schéma procédural d'un système d'information selon Le Moigne (1973)



Ce schéma inspiré de l'approche anglo-saxonne permet d'intégrer le passage de la donnée à l'information, mais aussi celui de l'information à la connaissance. Cette vision s'inscrit également dans l'approche cognitive que nous avons développée précédemment et qui envisage la connaissance à partir de l'information traitée et transformée par l'utilisateur du SIG. Si l'on développe plus précisément ce que l'on peut mettre derrière chaque terme anglais :

- *Data* : il ne s'agit pas seulement de données brutes, on peut inclure des opérations de recherche, de collecte et d'exploration des données ;
- *Information* : le passage de la donnée à l'information s'effectue selon des tâches d'organisation et de présentation ;

- *Knowledge* : le passage de l'information géographique à la connaissance suppose de dégager une appréhension globale de l'espace étudié, de verbaliser cette connaissance, de la confronter à un modèle d'interprétation, de l'échanger avec d'autres pairs (travail collaboratif) ;
- Wisdom : à la dernière étape de ce processus de traitement, l'utilisateur est à même de mettre en œuvre des capacités d'introspection, de recul, d'évaluation d'une situation, d'atteindre donc une certaine « sagesse ».

Comme l'explique T. Joliveau :

> « S*elon un processus complexe et pas toujours explicité, les données sont en fait déconnectées du contexte thématique et temporel dans lequel elles avaient été produites, pour être réinterprétées en fonction du problème posé. Elles deviennent alors des informations sur le problème. Cette information dépend du problème posé et de l'agent qui doit y répondre. Elle est aussi influencée par des connaissances intuitives ou formalisées* » (Joliveau, 2004, p 67).

Nous avons eu l'occasion, à plusieurs reprises avec des enseignants, d'expérimenter ce travail de décontextualisation des données pour produire un jeu de données pédagogiques adapté aux élèves et aux problématiques géographiques que l'on souhaitait traiter. Par exemple, pour pouvoir utiliser pleinement les données fournies par de nombreux sites américains sur le cyclone Katrina, il a fallu agréger les données avec d'autres sources statistiques, en l'occurrence des données socio-démographiques et socio-économiques fournies par le site officiel de recensement américain (le site Census.gov). Mais ces données issues d'un recensement par comtés ne correspondaient pas aux données locales de la ville de la Nouvelle-Orléans, structurées en paroisses (*parish*). Outre les problèmes inhérents aux différentes unités territoriales de recensement se posait la question de pouvoir désagréger et ré-agréger la donnée en fonction des critères de découpage ethnique et des zones impactées par le cyclone. Nous découvrions ainsi que l'étude d'un objet géographique* avec un SIG oblige à un choix préalable et à un pré-traitement des données pertinentes pour étudier le problème posé. S'agissant de construire un SIG pédagogique, nous avions en outre le souci de rendre ces nombreux tableaux statistiques accessibles aux élèves, donc de simplifier l'information géographique pour la rendre compréhensible…, sans réduire ni trahir la complexité du réel.

6.2 Les étapes de traitement de l'information dans un SIG

Comme nous venons de le voir, le nombre et le type d'étapes de traitement de l'information au sein d'un SIG diffèrent considérablement selon les auteurs. Nous retiendrons le schéma de Joliveau, Bessenay *et alii* (1995) qui propose de regrouper le traitement de l'information autour de trois grandes étapes :

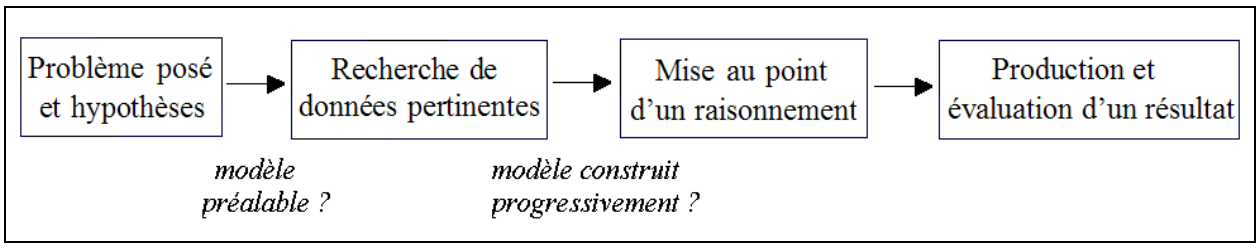
- **décrire/mesurer** : on transcrit la réalité en collectant et sélectionnant un certain nombre de données, quantitatives et qualitatives, qui puissent rendre compte des phénomènes qui nous intéressent

- **analyser/synthétiser** : des opérations de sélection, d'agrégation, d'analyse et de synthèse diverses produisent une information pertinente à partir de ces données

- **modéliser/simuler** : on représente en les simplifiant les phénomènes et processus du monde réel, et on simule leur fonctionnement et leur dynamique en fonction des informations qu'on a sur eux.

Ce schéma de traitement de l'information présente l'avantage de séparer nettement l'étape de description de l'étape d'analyse, puis celle-ci de l'étape de modélisation/simulation. Mais il ne rend pas compte des démarches en jeu : en particulier comment se greffe la démarche de résolution de problème dans un SIG ? Nous proposons donc le schéma suivant (Figure 6), à partir des modèles précédents et des démarches d'apprentissage que nous souhaitons implémenter dans un SIG éducatif pour l'enseignement de la géographie :

Figure 6 : Etapes de traitement de l'information dans un SIG pédagogique



Le problème à résoudre devient la question centrale : il met l'élève dans une démarche d'exploration, à la recherche de données pertinentes pour résoudre le problème posé. C'est la problématique posée initialement qui guide le choix des données, qui peut s'effectuer à partir d'une interrogation sur la base de données ou de manière visuelle à partir de la carte. On objectera que ce schéma n'inclut pas directement un modèle. Mais celui-ci peut être donné préalablement (méthode hypothético-déductive) ou construit progressivement (méthode inductive). En tout cas, le modèle n'est pas implémenté dans le système informatique. Ce schéma opératoire permet d'intégrer le passage progressif des données à l'information, et de l'information à la connaissance. Mais de fait, il ne répond pas à la question de la place de la visualisation par rapport au traitement de l'information.

6.3 Traitement *versus* visualisation de l'information ?

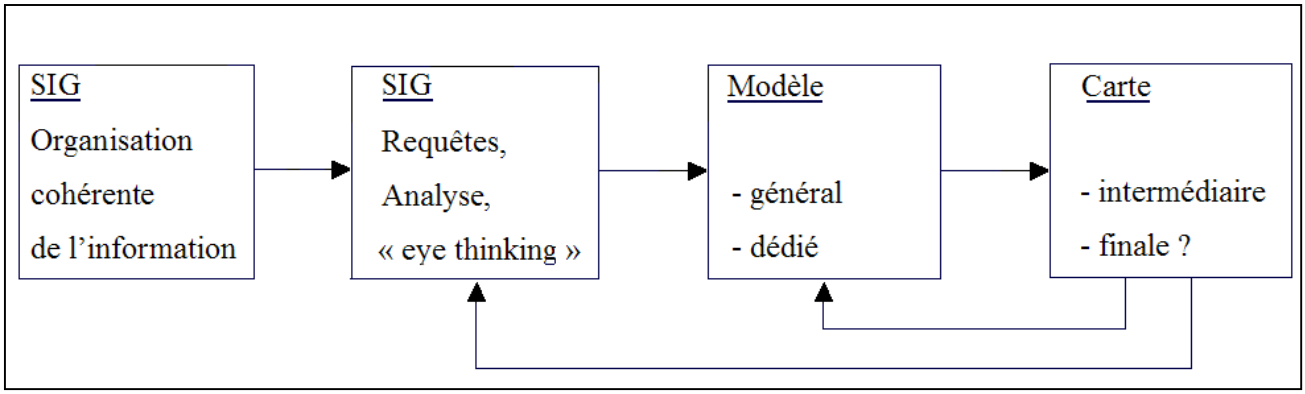
Comme nous l'avons montré, le traitement de l'information occupe une place centrale au sein d'un environnement SIG : le principal atout du SIG est de permettre de créer des informations nouvelles pour permettre de tester des hypothèses qu'on ne serait pas capable de tester si l'on n'avait pas cet outil à disposition. Cette création d'informations peut être le résultat de traitements très simples (par exemple la sélection d'une zone de l'image ou d'un certain nombre d'objets dans la base de données) ou de traitements très élaborés (requêtes attributaires ou spatiales sur une ou plusieurs couches cartographiques). En général, on distingue les SIG des autres outils de cartographie numérique par leur capacité à traiter toutes sortes d'informations et leur aptitude à se démarquer des simples outils de visualisation. Nous considérons qu'il est important de dépasser cette opposition et qu'il est nécessaire d'intégrer le processus de visualisation au sein même de la chaîne de traitement[103]. Les avis divergent sur la place et le sens même de la visualisation au sein des SIG. Pour certains auteurs tels B. McCormick (McCormick, Defanti & Brown, 1987) ou D. DiBiase (DiBiase, 1999), la visualisation scientifique d'information est une caractéristique importante des SIG, elle incorpore les fonctions d'analyse et de communication. Pour S.K. Card (Card *et alii*, 1999), la visualisation au sens large comprend également la visualisation d'information non numérique, à la différence de la visualisation scientifique. Pour A. MacEachren (MacEachren, Kraak &

[103] Du fait que la visualisation de l'information dans un logiciel SIG s'effectue dynamiquement à partir de la base de données, il paraît difficile et artificiel de séparer le traitement de données de la gestion des vues.

Dykes, 2005), la géovisualisation ne s'intéresse pas vraiment à la communication de l'information, mais plutôt à l'exploration visuelle de données (*visual datamining*), à la résolution de problèmes (*problem solving*) et à la construction de connaissances (*knowledge construction*). Quelles que soient les approches, il convient en tout cas de replacer l'usage du SIG dans un processus continu de traitement de l'information faisant intervenir la visualisation à plusieurs étapes. Il nous semble que la visualisation intervient à trois moments déterminants : pour explorer, pour analyser et pour présenter l'information géographique.

P. Dumolard propose un schéma (Figure 7) sur la démarche de recherche avec un SIG qui a l'avantage de ne pas séparer le traitement, de l'analyse et de la visualisation des données :

Figure 7 : Démarche habituelle de recherche avec un SIG (Dumolard, 2006)



Selon ce schéma, la visualisation ne constitue pas la dernière étape en aval du traitement. La carte n'est plus seulement un outil de valorisation d'un résultat, elle devient une étape intermédiaire dans la visualisation, elle-même intégrée dans un « *continuum de situations allant de la carte support de résultats à la carte active et intégrée dans un processus d'analyse de données géographiques* » (Mathian, 2004) ; le rendu visuel que l'on obtient à la suite de traitements successifs incite à revenir sur les opérations techniques et intellectuelles qui ont conduit à ce résultat. Ces aller-retours donnent lieu à autant de visualisations intermédiaires avec des boucles de rétroaction, qui renvoient à chaque fois l'utilisateur aux méthodes d'analyse et au modèle qui ont présidé à l'élaboration de la carte. Cette conception présente l'avantage de ne pas opposer requêtage attributaire et analyse spatiale, et de laisser une place importante à des formes de « pensée visuelle ».

Pour Dumolard, le SIG est un système qui garantit une certaine interactivité et qui permet de faire « ce que les Anglo-Saxons appellent du “eye thinking”, c’est-à-dire quand on enchaîne des questions au système en allant asymptotiquement vers la réponse à la question posée » (Dumolard, 2006, p 22). Et l’auteur de reconnaître qu’il s’agit là d’une méthode empirique mais qui a ses qualités, dans la mesure où il s’agit d’une forme de raisonnement. Nous avons déjà souligné l’importance de ces explorations visuelles à propos de la géovisualisation. Mais naturellement ces démarches inductives ont leur limites et P. Dumolard souligne lui-même l’importance d’intégrer, « pour la résolution d’un problème précis, un modèle soit général (modèle d’analyse spatiale générale), soit dédié à une solution de problèmes (par exemple, un modèle de diffusion pour les problèmes de pollution), et d’estimation ensuite avec des cartes » (*idem ibidem*)[104]. L. Sanders insiste également sur le rôle essentiel du modèle pour passer de l’information au savoir géographique (Sanders, 2001 ; Sanders, 2006). A travers plusieurs exemples, elle montre les limites des SIG qui nécessitent d’être couplés à des outils d’analyse statistique ou à des outils de simulation (du type automates cellulaires) pour être vraiment efficaces. Evidemment l’usage de tels outils dans l’enseignement reste pratiquement hors de portée, ce qui réduit d’autant les possibilités de modélisation et de simulation avec un SIG. Mais même en l’absence de modélisation, la carte permet tout à la fois de valider les hypothèses déjà faites et d'en poser de nouvelles. Au sein d’un SIG, la visualisation constitue un processus intégré à toutes les étapes de traitement de l’information, ce qui rend du coup plus difficile son rôle spécifique dans la chaîne d’élaboration conduisant des hypothèses à la production de la carte (cette dernière n’étant pas obligatoirement l’objectif à atteindre).

Comme nous venons de le voir, aucun schéma ne peut prétendre rendre compte de la complexité des traitements de l’information et des différentes étapes du raisonnement dans un SIG. Mais du moins peut-on déjà entrevoir les atouts et les limites de l’usage d’un tel outil pour apprendre à penser l’espace. Le raisonnement peut se construire à partir des informations géographiques et des méthodes d’analyse spatiale fournies par les SIG, selon des démarches inductives d’exploration visuelle et des méthodes hypothético-déductives de traitement de l’information, à partir d’un modèle explicite ou non.

[104] On remarquera que le modèle donné en exemple par P. Dumolard s’apparente à la modélisation d’un système physique (modèle de diffusion d’un polluant) et, en tant que tel, semble plus près des sciences de la Terre que de la géographie : les modèles socio-spatiaux seraient-ils plus difficiles à implémenter dans un SIG ?

Résumé et synthèse de la Partie I : La cartographie numérique et les SIG : un impensé de la géographie scolaire ?

> *« Selon les démarches propres à l'illusion techniciste, soigneusement entretenue par les spécialistes et les élèves familiarisés avec ces nouveautés, on irait jusqu'à penser que la machine règlerait les problèmes relevant du disciplinaire. [...Mais] les logiciels en service ne fournissent guère plus [dans leur majorité] que de la nomenclature, véhiculant sous les couleurs de la modernité un savoir à l'ancienne. L'élève peut encore difficilement jouer avec l'espace, ses contraintes, ses enjeux, et les stratégies qu'il révèle. »* (Ferras, 1994)

Il y a une quinzaine d'années déjà, R. Ferras mettait en garde contre « l'illusion techniciste » de l'ordinateur, mais l'usage des SIG se pose-t-il encore dans ces termes ? On pourrait retourner l'argument en faisant remarquer que l'usage de l'ordinateur peut aussi bien éluder les étapes de raisonnement que contribuer au contraire à les faire apparaître, en donnant accès aux données, en décomposant les phases de traitement et en permettant de visualiser les résultats par différentes cartes. Le primat de la visualisation sur le calcul ou, au contraire, le primat de l'analyse de données sur le rendu visuel dépendent des choix conscients et éclairés de l'utilisateur, à condition bien sûr que celui-ci maîtrise véritablement l'usage d'un Système d'information géographique.

Comme nous avons essayé de le montrer dans la première partie de notre recherche, l'intégration de la géomatique dans l'enseignement de la géographie soulève la plupart des questions théoriques et pratiques que l'on se pose habituellement, lorsque l'on s'interroge sur l'enseignement des disciplines. L'examen des questions pédagogiques, didactiques, épistémologiques, cognitives, met en évidence la complexité de notre objet d'étude. Ce questionnement montre à quel point l'introduction de la géomatique en classe fait ressurgir les problèmes liés à l'usage des TIC et à l'usage de la carte au sein de la géographie scolaire. Le foisonnement des pratiques pédagogiques autour de ces nouvelles images et de ces nouvelles cartes numériques ne s'est pas accompagné d'une réflexion sur leurs modalités d'intégration dans la géographie enseignée. De ce point de vue, l'usage de la géomatique semble bien constituer un impensé de la géographie scolaire :

« *Les SIG ? Ce sont des systèmes d'information géographique, des outils destinés à la prise de décision dans les milieux professionnels. Les adapter pour les élèves et les utiliser en classe n'est pas aussi simple et naturel que certains le laissent penser.* » (Baldner & Baldner, 2003)

Mais ne pourrait-on pas dire la même chose concernant l'usage de la cartographie numérique ou même concernant l'usage des TIC en général ? Comme le montre l'historienne E. Héry dans son ouvrage consacré à l'observation des pratiques pédagogiques dans l'enseignement secondaire au XXe siècle, l'introduction des TIC est sans conteste un des facteurs importants de l'évolution des méthodes d'enseignement. Mais, dans une certaine mesure, « elle ne fait souvent que déplacer le problème, en remplaçant, comme l'avait noté Piaget, le "verbalisme du maître" par le "verbalisme de l'image" » (Héry, 2007). Nous avons essayé de montrer que ces images cartographiques qui apparaissent en grand nombre à l'écran suscitent autant d'espoirs qu'elles posent de problèmes. Les technologies numériques n'ont pas vocation à venir s'articuler harmonieusement dans le cours de géographie. Il convient de prendre en compte ce qu'elles apportent vraiment en tant que nouvel outil cognitif. Leur usage dans un cadre éducatif nécessite d'être véritablement pensé et construit sur un plan théorique et sur un plan pratique.

Nous pouvons d'ores et déjà avancer quelques éléments de repère. Tout d'abord l'observation des pratiques cartographiques depuis une vingtaine d'années montre qu'il faut être prudent concernant l'usage de la carte en classe de géographie. Celle-ci n'a pas en soi le pouvoir de transformer le fonctionnement de la discipline. Au contraire, tout se passe comme si le modèle disciplinaire et la logique de construction d'un rapport au monde agissaient de manière prégnante sur l'orientation des pratiques cartographiques. Le paradigme dominant de la géographie scolaire rend difficile tout changement, y compris lorsque celui-ci est impulsé à partir de l'usage des technologies de l'information et de la communication. Ensuite la construction de pratiques cartographiques instrumentées nécessite de prendre en compte les usages ritualisés et naturalisés de la *carte scolaire*. L'usage des ressources technologiques est encore largement dominé par les conventions scolaires. Ce fait a été bien rappelé par un rapport de recherche publié à l'INRP par l'équipe Técnè :

« La carte est un rite à l'école. Elle est devenue un des topoi du cours de géographie à l'école : "ce qui se conçoit bien, s'en-carte clairement" (Barrot, 1988). Support de

mémoire visuelle, projection d'un discours et objet d'un discours en cours de géographie, la carte localise, montre (terme souvent posé en équivalent d'apprendre, parce qu'elle montre, la carte apprend), géométrise, formalise, figure, démontre, modélise et aide à penser l'espace, elle est à la fois donnée par le maître ou le manuel, recherchée et construite par l'élève, elle est objet de plein exercice géographique et comme telle légitimante des frontières disciplinaires. » (Baldner & Bigorre, 2001)

Pour être efficaces, les nouveaux outils géomatiques doivent s'articuler avec des pratiques scolaires existantes, mais aussi venir parfois volontairement et consciemment en rupture avec les *habitus* scolaires de la carte. En particulier, si l'on veut que l'outil SIG soit vraiment efficace, il doit s'intégrer au sein de nouvelles pratiques cartographiques : la carte doit être véritablement conçue comme un outil d'investigation. Outil d'investigation spatiale pour explorer l'espace étudié. Outil d'investigation intellectuelle pour expliciter le raisonnement, construire des démarches d'analyse systémique et de résolution de problème. La cartographie numérique change en partie notre rapport à l'image cartographique, qui renforce son pouvoir autoréférentiel et son rapport iconique à l'espace terrestre. Certaines visualisations intermédiaires ne sont plus soumises à des contraintes de communication vers l'extérieur, mais de perception de résultats pour soi. Même si, dans la tradition scolaire en histoire-géographie, il n'y a pas de brouillons « pour soi » mais seulement des productions « finales » qui sont destinées à être évaluées, c'est à l'élaboration d'une stratégie de visualisation articulant ces deux types de production que l'utilisateur de SIG est confronté. Les SIG permettent donc de dépasser la cartographie quantitative en jouant sur les modes de discrétisation et de seuillage, pour aller vers le raisonnement géographique : on passe alors d'une géographie descriptive à une géographie problématique, fondée sur la construction et la maîtrise de notions géographiques. En cela, nous sommes bien dans le cadre des nouvelles approches de la géographie. Même si la présentation des données a parfois tendance à ramener vers une cartographie d'inventaire, l'utilisation d'un SIG conduit à adopter une démarche d'analyse déductive, de type « scientifique » et basée sur un raisonnement spatial pour parvenir à un résultat.

Dans la deuxième partie de notre recherche, nous proposons d'examiner plus en détail les usages des outils géomatiques en classe et dans la société, afin de poser la question de leurs finalités et de dégager des pistes pour améliorer leur mise en œuvre pédagogique.

DEUXIEME PARTIE : INTEGRER LA GEOMATIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA GEOGRAPHIE : QUELS USAGES POUR QUELLES FINALITES ?

7. Des usages et caractères principaux des outils géomatiques

7.1 SIG, géomatique, information géographique : des questions uniquement de terminologie ?

Système d'Information Géographique (SIG), géomatique, information géographique[105] : l'usage de ces termes n'est pas stabilisé. Il n'existe pas de définition unique ; les définitions varient selon les types d'usagers, les métiers impliqués, les pays concernés. Le terme *géomatique* est largement utilisé au Québec depuis les années 1980 et a tendance à se répandre dans la communauté francophone, tandis que l'expression *Geographical Information System* (GIS) est davantage utilisée dans les pays anglo-saxons pour décrire une activité comparable : l'application de l'informatique aux techniques et méthodes de description de la surface de la terre (Joliveau, 2007b). Mais l'emploi des deux termes dépend aussi de la communauté d'usage : les géomètres et topographes se réfèrent plutôt à la géomatique pour gérer des données à référence spatiale* ; les cartographes, géographes et autres thématiciens évoquent plutôt les SIG comme outil pour traiter de l'information géographique. En France, on parle plus volontiers de Système d'Information Géographique (SIG) ou de Technologies de l'Information Géographique (TIG). Selon T. Joliveau :

> *« Géomatique et SIG sont donc parents, même si leurs communautés d'origine ne coïncident pas. Par ailleurs, la géomatique s'est toujours définie comme un projet (de discipline, d'activité), tandis que les SIG étaient perçus comme un objet (un outil, un système)… Les termes de Technologies de l'information géographique ou d'outils*

[105] Nous renvoyons le lecteur au glossaire des termes géomatiques (p 294) pour la définition des termes techniques utilisés dans l'ensemble de ce travail de recherche.

géomatiques au sens large sont préférables pour englober tous les outils SIG. » (Joliveau, 2007b)

On assiste aujourd'hui à un élargissement du champ couvert par la géomatique. Dans son Vocabulaire de la géomatique, M. Bergeron en donne la définition suivante :

« *L'objet de la géomatique est l'étude de la gestion numérique des données à référence spatiale par l'intégration au moyen de l'informatique des technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion et principalement : la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie et la télédétection…*» (Bergeron, 1992).

Cette définition ancre de fait la géomatique dans les sciences de la Terre, avec des techniques comme l'arpentage, la photo-interprétation et les levés de plan. Mais il convient de prendre en compte la diversité des applications actuelles de la géomatique qui concerne aussi bien l'urbanisme, l'aménagement, la géoéconomie, le géomarketing, l'archéologie, l'histoire, … et la géographie bien sûr. Le processus généralisé de numérisation des informations géographiques conduit la géomatique à s'ouvrir aux sciences humaines et sociales. A la dimension technique (liée à la cartographie et à l'informatique), il convient donc de lui adjoindre une dimension cognitive, liée à la construction de savoirs géographiques. Nous retiendrons donc une définition assez large :

« *On peut garder une approche très globale des SIG et intégrer sous cette appellation l'ensemble des structures, méthodes, outils et données constitué pour rendre compte des phénomènes localisés dans un espace spécifique et faciliter les décisions à prendre sur cet espace* » (T. Joliveau, 1996).

Pour certains auteurs, l'association elle seule de la géographie et de l'informatique n'est pas suffisante pour définir la géomatique, c'est l'association pour une finalité et avec des méthodes dans un projet qui fonde la problématique. Pour J-P. Bord qui essaie de remettre de l'humain dans les technologies de l'information géographique, le mot géomatique a été déterminé pour regrouper de façon cohérente :

« *l'ensemble des connaissances et technologies nécessaires à la production et au traitement des données numériques décrivant le territoire, ses ressources ou tout autre objet ou phénomène ayant une position géographique* » (Bord, 2007).

L´outil central et fédérateur de la géomatique est le Système d'Information Géographique (SIG). Selon T. Joliveau (2004), on peut distinguer trois grandes approches concernant l'usage d'un SIG :

- **Le SIG comme objet technique** comprenant l'environnement informatique et les bases de données géoréférencées (*GISystem*), les méthodes de gestion de l'information spatiale (*GIScience*), les usages de l'information géographique (*GIStudies*)

- **Le SIG comme système d'information d'une organisation**. Cette conception considère le SIG comme un système d'information combinant des ressources y compris humaines (Pornon, 1992). Mais il existe de nombreux cas dans lesquels le SIG est constitué non pas en fonction de l'information produite par une organisation, mais pour répondre à une question ayant une dimension spatiale (ex : SIG de recherche, SIG pédagogique…)

- **Le SIG comme construction sociale, culturelle et politique**. Le rôle confié aux SIG a été très tôt d'expliciter, de rationaliser et d'optimiser les décisions, avec une théorie de la décision sous-jacente fondée sur la rationalité de l'acteur et sur l'idée que, meilleure sera l'information, meilleure sera la décision. La diffusion des SIG dans différents organismes et leur utilisation par des groupes mettant en cause des projets officiels ont conduit à raffiner le modèle de la décision et à associer le public ou les parties prenantes à la décision (SIG pour la participation publique). La sensibilité aux questions de sécurité laisse penser une possible généralisation des SIG dans le domaine de la surveillance sociale.

7.2 Les fonctions principales d'un SIG

Les fonctions d'un SIG se déduisent en partie des initiales qui composent cet acronyme. Si l'on considère le système d'information (SI), on s'intéressera d'abord à l'organisation et la structuration des données ainsi qu'aux problèmes liés au traitement de l'information. Si l'on met le focus sur l'information géographique (IG), on s'intéressera davantage aux problèmes d'acquisition, de représentation, voire de modélisation de

l'information. Si l'on considère enfin le SIG comme système spatial, l'attention ira davantage vers l'analyse spatiale et l'approche systémique de l'espace étudié [106].

Selon plusieurs auteurs (Tachon, 1995 ; Denègre & Salgé, 1996), les SIG fonctionnent selon la règle des "cinq A" [107] :

- **Acquisition des données** : elle consiste dans le regroupement des différentes sources en vue de leur intégration au SIG ;

- **Archivage des données** : elle constitue la première étape de l'organisation des données et de leur pré-traitement ;

- **Accès aux données** : il concerne la mise à disposition des éléments d'information et la capacité à les combiner ;

- **Analyse** : la possibilité offerte par un SIG de traiter les informations au travers d'outils statistiques ou intuitifs ;

- **Affichage** : la restitution cartographique sous forme de carte affichée à l'écran.

Cette typologie a tendance à mettre l'accent sur l'acquisition, le traitement et la visualisation des données spatiales. Cependant tout système d'information à référence spatiale ne constitue pas un SIG. Le caractère proprement géographique du SIG n'est pas lié en soi au fait de recourir à de l'information géographique. Selon T. Joliveau, tout regroupement est arbitraire, mais de manière synthétique on peut considérer que les SIG répondent à quatre grands types d'actions (Joliveau, 2004) :

- **intégration/structuration** : saisie, acquisition, structuration, géoréférencement*, gestion des métadonnées et du catalogage, tuilage, découpage, indexation, changement de modes (raster-vecteur), géocodage, segmentation dynamique…

- **exploration/interrogation** : traitements permettant à l'utilisateur d'interagir avec les données, de les consulter et de les interroger. Il s'agit d'une part de fonctions

[106] Nous renvoyons le lecteur au schéma sur les caractéristiques principales des SIG situé en Annexe 1.

[107] Denègre & Salgé (1996) distinguent seulement quatre phases (Acquisition, Archivage, Analyse, Affichage), mais ajoutent pour chacune d'elle l'Abstraction, qui consiste à éliminer un certain nombre de détails du monde réel, en raison des problèmes de définition des objets géographiques.

d'interface utilisateur : navigation à l'écran, gestion des couches et affichage de vues cartes, tables, graphiques, zoom et déplacement panoramique, navigation 3D et d'autre part des gestionnaires de requêtes qui permettent d'interroger différents éléments de la base de données en fonction de critères attributaires et spatiaux et d'obtenir directement des calculs à partir de ces sélections (statistiques, mesures de distance)

- **transformation/analyse :** fonctions qui, à partir d'un objet géographique, permettent d'en créer un ou plusieurs nouveaux par un traitement spatial : combinaisons géométriques, calculs de distance et de proximité, algèbre de cartes, interpolation spatiale et géostatistique, analyse de structure spatiale, calcul de potentiel, analyse topographique (pentes, orientations, morphologie, visibilité), analyse de graphe, analyse d'image…

- **visualisation/présentation** : nous sommes là dans la partie aval du SIG, quand on est à la recherche d'un rendu graphique plus ou moins élaboré et définitif : visualisation multithématique, cartographie, rendu 3D, affichage d'image bitmap, légende, mise en page, symbolisation, labellisation, multimédia…

Comme le montre cette typologie, le traitement de l'information géographique est au cœur de l'usage des SIG. Au delà des différentes approches, nous retiendrons donc l'idée que le SIG constitue un système d'information avec des données, des logiciels, un système d'organisation, des procédures, des modèles. Il est tourné vers la description d'un territoire ou d'une organisation, en vue de résoudre un problème. L'usage de l'information géographique au sein du SIG n'a donc de sens que si l'on considère que le SIG vise essentiellement à étudier une question sur un territoire en fonction d'une problématique et à essayer d'y répondre à l'aide d'informations géographiques multiples et variées. Un SIG devient utile si la question scientifique interfère avec un problème concret, pose des questions multidisciplinaires, renvoie à une réalité spatiale complexe et nécessite impérativement une représentation spatiale du problème et des solutions envisageables (Goodchild, 2003). Comme le souligne T. Joliveau, « cette capacité à produire de la connaissance lors de la résolution de problèmes conduit nécessairement vers des épistémologies constructivistes (Le Moigne, 1999) et renouvelle la question de la

géographie appliquée ». Sans être vraiment nouvelle, la question d'une géographie utile et appliquée[108] semble en train de resurgir, mais dans un contexte nouveau, en lien avec le développement rapide d'une culture de l'information géographique.

7.3 Vers une culture de l'information géographique ?

> *« L'information géographique est en train d'acquérir une valeur sans précédent dans les sociétés modernes, en affectant la plupart des activités dominantes de la géographie.»* (Marceau, 2001)

L'usage des technologies de l'information géographique (SIG, télédétection, récepteurs GPS,…) contribue à façonner une nouvelle culture de l'information. Tous ces outils n'entretiennent pas le même rapport à l'information et ne manipulent pas le même types d'information. Nous nous intéressons plus spécifiquement à l'usage des Systèmes d'information géographique. Ceux-ci s'efforcent de répondre à cinq questions fondamentales, quel que soit le domaine d'application (Demeers, 2000 ; Clarke, 2002) :

- **Où** ? : où se situe l'espace d'étude et quelle est son étendue géographique ?

- **Quoi** ? : quels objets, quelles entités géographiques peut-on trouver sur l'espace étudié ?

- **Comment** ? : comment les objets sont répartis dans l'espace étudié, et quelles sont leurs relations ? C'est le rôle de l'analyse spatiale.

- **Quand** ? : quel est l'âge ou la durée d'un objet ou d'un phénomène ? C'est le rôle de l'analyse temporelle.

- **Qui ?** : quels sont les acteurs qui organisent, aménagent, transforment cet espace ?

Dans le cas où le SIG est utilisé comme outil de simulation, on peut ajouter une sixième question :

[108] Dans un ouvrage intitulé *Géographie et action. Introduction à la géographie appliquée*, paru en 1960, Michel Philipponneau faisait déjà un plaidoyer pour une géographie appliquée et engageait les géographes à s'impliquer dans l'aménagement du territoire. Cette géographie militante s'est assez vite heurtée à la conception dominante de la géographie « active » (P. George), qui tenait au statut scientifique du travail du géographe.

- **Et si** ? : que se passerait-il s'il se produisait tel événement ou si l'on changeait tel paramètre ? (simulation)

Sur les cinq questions fondamentales - Où ? Quoi ? Comment ? Quand ? Qui ? - les trois premières concernent une caractéristique élémentaire de l'information géographique : la localisation. La localisation est donc un élément important de l'information pour l'homme. On prétend que 80% de toutes les décisions humaines impliquent une composante spatiale (Kraak, 2005). La mise à disposition d'une grande quantité d'informations géospatiales fait qu'il n'est plus besoin de se rendre sur un lieu pour obtenir de l'information sur celui-ci, ni pour acquérir de l'information sur le lieu où l'on est. Notre rapport à l'espace est en train de changer : on va par exemple dans des lieux où l'on sait que l'on va pouvoir obtenir de l'information (par exemple des lieux dotés de bornes pour se connecter à Internet) ; on visite des lieux et on navigue virtuellement dans des espaces géographiques sur Internet.

Pour autant, si la plupart des phénomènes peuvent être localisés dans l'espace, tous ne sont pas géographiques. Comme le souligne J-P. Bord, les technologies de l'information géographique répondent surtout à deux questions : *où* et *quoi* ? « Ces deux premiers éléments rappellent la mesure d'avant, même si aujourd'hui deux autres mots ont pris le pas : géoréférencement et géolocalisation » (Bord, 2007). Les technologies géographiques ont cependant plus de difficulté à répondre aux questions : *comment* et *pourquoi* ? L'analyse des territoires et des réseaux nécessite pourtant d'être capable d'expliquer la répartition et les relations entre les objets, de conceptualiser également des modèles spatiaux, de dégager des règles et des tendances. La localisation spatiale d'un point dans une ville par exemple ne permet pas de se situer géographiquement par rapport au type de quartier - riche ou pauvre, ancien ou récent - où l'on se trouve. La visualisation du *Central Business District* (CBD) ne permet pas d'inférer le modèle d'organisation urbaine de la ville américaine. Si toute information géographique est d'abord une information localisée, on constate donc que la géolocalisation des objets ou des phénomènes à la surface de la Terre ne suffit pas à produire de la géographie

Une fois cette évidence rappelée, il faut cependant reconnaître que la diffusion accélérée des outils géomatiques et leur utilisation dans de très nombreux domaines attire l'attention des géographes sur les modifications des savoirs et des raisonnements

géographiques, sur le statut de l'espace exprimé et sur les rapports à l'espace qui s'y manifestent et leurs influences sur les actes spatiaux des utilisateurs (Guermond, 1992).

8. L'explosion des usages sociaux de la géomatique

8.1 Le développement rapide de la géomatique auprès du grand public et du public professionnel

> « *Nous vivons une époque de prolifération sans précédent des images à caractère géographique et des cartes. Une époque d'abondance graphique et cartographique, mais aussi de transformation de la nature de ces documents ; moment de multiplication de leurs outils de production comme des vecteurs de leur communication. […] Le défilement de telles images modifie sans conteste notre relation au monde et à la géographie* » (Guy Di Méo, 2005, p 649).

Le développement récent des outils de géolocalisation débouche sur de nouvelles formes de cartographie numérique. Cette cartographie embarquée dans différents terminaux (téléphones portables, récepteurs GPS,…) rend la technologie plus accessible et plus manipulable par l'utilisateur. Parallèlement l'essor de la cartographie sur Internet (« *webmapping* ») favorise l'accès à de l'information géographique riche et abondante. Avec le développement exponentiel des données en ligne, il devient possible d'accéder, directement sur Internet, à des informations gratuites et géoréférencées. Le symbole de cette révolution cartographique est illustré par le phénomène récent des « globes virtuels »[109]. Le grand public et le public scolaire ont pu découvrir à partir d'avril 2005 l'application Google Earth, qui distribue des images et des cartes haute résolution couvrant le territoire américain et le monde entier. D'autres innovations sont venues également de

[109] Ces « globes virtuels » résultent de la convergence entre plusieurs phénomènes : l'essor des moteurs de recherche qui permettent de localiser l'information, les progrès de la télédétection qui permettent une couverture* en images numériques de l'ensemble de la Terre, la volonté de rendre l'information géographique disponible pour le citoyen, le développement de nouvelles technologies cartographiques sur Internet, l'explosion des services liés à la géolocalisation. Pour consulter ces applications : Nasa Worlwind : <http://worldwind.arc.nasa.gov/> ; Google Earth : <http://earth.google.fr> ; Géoportail : <http://www.geoportail.fr> (consulté le 25.03.2007).

l'essor de la télédétection : le logiciel Worldwind de la NASA permet de charger également des images satellitales en ligne. En juin 2006, l'IGN a ouvert le Géoportail, qui permet l'accès grand public à des cartes topographiques et à des images aériennes haute résolution couvrant la France toute entière (y compris les DOM-TOM).

Cette explosion récente des nouveaux outils de cartographie numérique grand public ne doit pas masquer un mouvement plus large et plus profond, qui a connu un essor continu depuis plusieurs décennies, celui des Systèmes d'Information Géographique. Les applications des SIG concernent pratiquement tous les domaines où l'on doit gérer de l'information géographique : la gestion des transports, l'équipement et l'aménagement du territoire, l'agriculture, l'environnement, les risques naturels et la sécurité civile, les télécommunications, les réseaux de distribution (eau, gaz, électricité,...), la géologie et les ressources minières, l'hydrographie et l'océanographie, la démographie, la socio-économie et la santé, la géomercatique (Denègre & Salgé, 1996). On assiste à un mouvement de convergence entre ces grosses applications cartographiques et les technologies de l'Internet. Nombre d'administrations, de collectivités locales, de sociétés commerciales, d'associations mettent désormais en ligne de l'information géographique géoréférencée. On peut citer par exemple pour la France les services du cadastre ou les données de l'IFEN ou du réseau hydrographique du SANDRE (entièrement téléchargeables), les SIG de certaines régions consultables sur Internet (par exemple celui du Nord Pas de Calais ou de l'Ile de France), ceux des parcs naturels régionaux ou nationaux. Aux Etats-Unis, le site de recensement fédéral Census.gov a été l'un des premiers organismes à livrer gratuitement au grand public des masses d'informations statistiques et cartographiques. Au niveau européen, le serveur de données Eurostat délivre également des séries statistiques et permet de les afficher sous forme de cartographie. Les pays de l'Union européenne ont récemment adopté une politique de mise à disposition des données, avec la directive INSPIRE[110]. L'information géographique sous forme d'information numérique devient donc plus accessible.

Jusqu'au début des années 1990, les SIG étaient réservés aux professionnels, aux spécialistes, aux décideurs ; ils sont entrés de manière récente dans le grand public et

[110] INSPIRE (Infrastructure d'information spatiale dans l'Union européenne) est une directive européenne adoptée le 15 mai 2007, afin de faciliter l'accès à des données spatiales interopérables au sein des pays membres de l'UE. Pour consulter le texte de la directive en français (consulté le 06.12.2007) : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fr/oj/2007/l_108/l_10820070425fr00010014.pdf>

Internet a diversifié les types d'usages. Les SIG ont paradoxalement été découverts assez tard et avec méfiance par les géographes (Joliveau, 2005). On peut faire le même constat dans l'enseignement de la géographie où les SIG sont restés jusqu'à une époque récente relativement peu utilisés. Tout se passe comme si l'écart se creusait entre l'essor des usages sociaux des SIG et leur relative sous-utilisation dans le domaine de l'éducation et de la recherche. Thierry Joliveau avance plusieurs facteurs pour expliquer cet état de fait. L'une des raisons tient certainement aux usages sociaux de la cartographie numérique, qui se résument le plus souvent à l'utilisation de la carte comme support d'orientation ou outil de localisation de l'information. Il n'est pas besoin d'être un utilisateur averti pour se rendre compte qu'il s'agit d'accéder à des données spatiales, d'abord pour satisfaire sa curiosité personnelle, pour calculer un itinéraire ou pour faire un voyage… et moins directement pour « faire de la géographie ». Mais on ne peut nier que le grand public s'initie aussi à travers la cartographie numérique à des questions géographiques, qu'il s'agisse de comprendre la cartographie des résultats électoraux, de visualiser l'effet du réchauffement climatique sur certaines zones du globe, d'effectuer des traitements cartographiques à partir de données issues d'Eurostat, de l'ONU, de la Banque mondiale,…

8.2 Un regain de réflexion sur la carte et ses usages sociaux

> « *Si elle est utilisée avec pertinence, la carte peut servir de moyen d'expression plus immédiat et plus égalitaire pour les citoyens. Elle offre la possibilité de mettre sur le même plan le présent, le prévisible et le souhaitable. Elle permet aux citoyens d'avoir une parole non seulement réactive aux documents présentés par les élus et les experts, mais aussi active, à tout moment de la procédure de prise de décision* » (Lévy, Poncet & Tricoire, 2004).

De manière concomitante, et certainement en lien avec l'essor rapide de la géomatique et des technologies de l'information géographique, on observe un regain de réflexion sur la carte et sur ses usages sociaux. Certains chercheurs n'hésitent pas à parler de véritable « tournant cartographique » (Lévy, 2002), pour montrer que la carte est aujourd'hui du côté des citoyens qui peuvent en discuter le point de vue. Dans un article consacré à l'usage de la carte dans le domaine de la gestion des risques industriels,

E. Martinais montre les multiples usages de la carte : comme instrument de gestion des risques, comme dispositif administratif de simplification du réel, comme outil de communication et de verrouillage du champ social, comme outil de légitimation. Et l'auteur de conclure que « la carte demeure un leurre, mais un leurre bien utile ». En effet, la carte joue désormais un rôle essentiel et ouvre un espace de débat. « La carte est ce vecteur, cette forme de langage qui permet de mettre en forme la réalité sur laquelle il faut agir, pour définir collectivement les problèmes à traiter et les moyens de les traiter » (Martinais, 2007).

Les usages sociaux de la carte constituent un objet renouvelé de préoccupation et de recherche en géographie. J. Lévy a souligné à quel point la carte constituait un enjeu contemporain. La carte est « un vecteur privilégié de l'aménagement au temps des acteurs, un aménagement du territoire privilégiant les marges de liberté sur les contraintes statiques, les enjeux de société sur les scénarios clé en main, la gouvernance sur les politiques publiques sectorielles, le politique sur la politique, en bref visant à associer fortement prospective et citoyenneté.» (Lévy, Poncet & Tricoire, 2004). Pour M. Lussault, l'espace géographique n'existe pas en soi. La carte constitue dans ce cas « un médium privilégié de "représentation du réel", un double analogique même, alors qu'elle invente toujours plus qu'elle ne représente » (Lussault, 2003). Il faut réfléchir sur les modalités de création et de fonctionnement de ces images qualifiées par l'auteur d'univers figuratifs. La question centrale de cette réflexion est celle de l'efficacité de l'image. La réflexion sur la carte et ses usages sociaux est donc en partie liée à la réflexion sur le statut et l'usage de l'image (géographique) dans la société.

La cartographie et en particulier les SIG s'imposent comme un instrument essentiel en aménagement ou dans la communication territoriale. Ils participent à la construction du territoire et peuvent déboucher sur des formes de participation territoriale[111]. Qu'il s'agisse par exemple de consulter les riverains concernés par un projet autoroutier ou d'associer les habitants d'un quartier urbain à la gestion de leur environnement, la carte constitue un puissant outil de persuasion, mais aussi un espace de participation, de controverse, en tout cas de débat pour les citoyens. Ces derniers deviennent eux-mêmes des observateurs

[111] Plusieurs auteurs ont souligné le rôle des SIG comme outil de décision, voire de participation territoriale : Joliveau, T. (2002). La participation à la décision territoriale : dimension socio-géographique et enjeux informationnels d'une question politique. *Géocarrefour*, 76.3/01, p. 273-279, Roche, S. (2003). Usages sociaux des technologies de l'information géographique et participation territoriale. in Debarbieux, B., Lardon, S., *Les figures du projet territorial*, La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR, p. 61-82.

privilégiés d'une réalité locale et, de plus en plus, des créateurs d'information. Le pouvoir de création d'information géographique a basculé entre les mains d'individus qui ne sont pas des experts en cartographie. On peut mentionner par exemple des projets collaboratifs comme Wikimapia.org ou OpenStreetMap, qui sont des exemples de réalisations mises sur pied par des communautés d'utilisateurs. Dans certains pays, en particulier aux Etats-Unis, la mise en place de PPGIS (*Public Participation GIS*) témoigne du besoin de certaines communautés de collecter l'information par le bas et de participer activement au débat civique. Ces communautés d'intérêt ou de pratique sont nées pour la plupart en réaction contre le pouvoir jugé « hégémonique et anti-démocratique » des SIG (Aysegul & Roche, 2007).

L'accès partagé à l'information géographique semble ouvrir la voie à une « géographie volontaire » (Goodchild, 2008), où chaque citoyen est potentiellement capteur de données[112]. D'aucuns y voient le triomphe d'une « géographie du moi » (Gillies, 2007), du fait que chaque individu est désormais en mesure de produire sa propre information géographique. D'autres au contraire insistent sur le partage et la mutualisation de ces informations sur des sites web collaboratifs. L'émergence d'un Internet participatif du type web 2.0 n'est pas sans susciter des débats autour d'une « néo-géographie » (Turner, 2006). Sans déboucher forcément sur la naissance d'un « nouvelle géographie », les outils du géographe commencent à se renouveler du fait de la création et du partage de l'information géographique sur le web. Au delà des débats passionnés sur la naissance d'une géomatique 2.0 (Joliveau, 2007a), il semble plus modestement que la cartographie numérique, qu'il s'agisse des SIG ou des globes virtuels sur Internet, soit bel et bien devenue un enjeu civique. Reste à savoir si elle peut jouer le même rôle dans l'espace de la classe.

[112] « *Volunteered Geographic Information* » selon l'expression de Michael Goodschild : <http://ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Goodchild_VGI2007.pdf> (consulté le 22.11.2007). Pour l'auteur, « l'information géographique volontaire » s'appuie à la fois sur l'acquisition d'informations locales par l'utilisateur doté d'un système de positionnement et de capteurs (appareil GPS, appareil photo numérique, téléphone portable…) et sur la mise en place d'infrastructures de données participatives sur Internet (du type Google Maps).

9. Le développement relatif des usages scolaires de la géomatique

9.1 Des usages géomatiques difficiles à appréhender et encore en construction

> *« Dans un contexte fortement évolutif, que ce soit au plan des technologies, des produits ou services éducatifs associés, du cadre d'activité de l'enseignant ou de l'élève, du rythme de l'acculturation numérique, c'est moins l'usage en tant que tel que son processus de construction qu'il convient de prendre en compte ».* (Puimatto, 2007).

Même si l'observation des usages passe plutôt par des études qualitatives (cf études de cas conduites au chapitre 14, p 210), on ne peut négliger l'intérêt des enquêtes quantitatives, si l'on veut mesurer spécifiquement la pénétration des outils géomatiques dans l'enseignement secondaire. Il n'existe pas d'études en France à ce sujet. Cependant nous pouvons relever quelques données éparses, issues d'études réalisées ponctuellement et sous diverses formes, qui nous renseignent par exemple sur les pratiques cartographiques ou sur la place des technologies de l'information et de la communication, en particulier de la cartographie numérique, dans l'enseignement de l'histoire-géographie. Les différentes enquêtes que nous présentons ci-après reflètent la difficulté de cerner au plus près la réalité des usages des enseignants et des élèves concernant les technologies de l'information et de la communication. Elles comportent des limitations voire des biais, en fonction du cadre où elle se sont déroulées, des objectifs des institutions ou des associations qui les ont conduites, du mode de passation des questionnaires… Mais ces premiers éléments nous semblent intéressants pour comprendre le contexte d'utilisation des TIC et de la cartographie numérique dans l'enseignement de l'histoire-géographie.

Une enquête mise en ligne en juin 2003 sur le site du Café pédagogique[113] et relayée par l'association des Clionautes, a recueilli 247 témoignages d'enseignants (61 professeurs des écoles et 186 enseignants du secondaire). Cette enquête montrait une formation assez faible aux usages pédagogiques de la carte (34 % des répondants avaient suivi un stage de

[113] Pour les résultats détaillés de cette enquête, nous renvoyons à : Jarraud, F. (2003). La carte, état des lieux : enquête auprès des enseignants. *Dossiers de l'Ingénierie Educative, Cartes et systèmes d'information géographique*, 44 (octobre 2003), CNDP, p. 14-16.

formation sur ce sujet) et une pénétration très relative des logiciels de cartographie (33% des répondants utilisaient un logiciel de cartographie à leur domicile, mais seulement 23% en classe). Internet était utilisé par 68% des enseignants, mais plutôt comme source de documentation cartographique, pour rechercher des cartes thématiques ou des fonds de carte. Il ressortait de cette enquête que les pratiques liées à la cartographie restaient utilitaires, dans le sens de l'entraînement au baccalauréat, l'épreuve de croquis n'étant pas sans susciter de nombreuses critiques. Mais l'un des principaux enseignements de cette enquête était sans doute le retard dans l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique : seulement 5 % des répondants avaient déjà manipulé un logiciel SIG. Il s'agissait pour l'essentiel de professeurs de lycée, les SIG étant pratiquement absents au collège ou à l'école primaire. Leurs utilisateurs constituaient une petite frange d'innovateurs qui appréciaient d'avoir des documents "vrais", de montrer des phénomènes géographiques et de mettre en application des démarches déductives en effectuant des requêtes. Pour la grande majorité des enseignants, les logiciels SIG nécessitaient encore trop de temps d'apprentissage pour leur maniement et étaient trop complexes.

Une autre étude plus récente vient corroborer les difficultés constatées en 2003 : il s'agit d'un rapport d'étude (non publié), commandé en 2006 par la Sous-Direction TICE du Ministère de l'Éducation Nationale[114]. Ce rapport d'orientation produit par le cabinet d'expertise IETI Consultants visait à évaluer les obstacles au développement des outils et des ressources géomatiques et à proposer des solutions pour favoriser leur diffusion dans le monde éducatif. Cette étude prospective visait moins à recenser les usages qu'à dégager les besoins en vue de proposer des pistes stratégiques pour soutenir l'offre de ressources géomatiques. A partir d'une dizaine d'entretiens avec des enseignants ayant déjà utilisé des logiciels SIG en classe, les consultants ont cherché à identifier les facteurs de blocage et les éléments facilitateurs à envisager. Concernant les données, les principales difficultés avancées concernaient leur coût, le temps important nécessaire pour leur collecte et leur préparation, la difficulté d'adaptation des données disponibles aux usages pédagogiques, les droits d'usage qui limitent le partage de données entre enseignants. Concernant les logiciels, les personnes interrogées insistaient sur le fait qu'il manque un SIG vraiment adapté à l'enseignement. La principale conséquence de ce rapport a été la mise en place

[114] Yalamas, P., Pornon, H. (2006). *Mission d'analyse, d'étude et de conseil stratégique sur le développement et la mise en oeuvre de logiciels SIG dans un contexte éducatif. Evaluation des orientations et stratégies,* IETI Consultants, Ministère de l'Education Nationale (Sous Direction TICE).

d'un partenariat entre le Ministère de l'Education Nationale (MEN) et l'Institut Géographique National (IGN) pour le lancement du site Edugéo[115]. A l'instar du Géoportail pour le grand public, ce portail destiné au public éducatif a vocation à devenir un site de ressources cartographiques pour l'enseignement. Ce partenariat s'inscrit dans une politique volontariste pour développer les usages, afin de passer du stade de l'expérimentation à celui de la généralisation. Son principal intérêt est de soutenir et d'orienter l'offre en ressources numériques. Mais ce type d'étude ne permet pas de connaître l'usage réel des technologies sur le terrain.

Une autre enquête commandée par la Direction de la Technologie auprès de la Direction de l'Evaluation, de la Prospective et de la Performance (DEPP) portait sur les pratiques des technologies de l'information et de la communication[116]. Réalisée en avril-juin 2002, cette enquête concernait les enseignants du premier degré des cycles 2 et 3, des professeurs d'histoire géographie et sciences et vie de la terre de 720 collèges publics et de 180 lycées généraux et technologiques publics (1922 enseignants sur 2160 ont répondu). D'après les résultats de cette enquête, 52 % des professeurs de collège-lycée avaient recours aux TIC en histoire-géographie (contre 77% en SVT), mais seulement 35% faisaient manipuler leurs élèves (contre 66% en SVT). Cette enquête témoignait donc que l'intégration des TIC dans le cours d'histoire-géographie était encore lente et partielle, à comparer par exemple des SVT, discipline scientifique davantage instrumentée. Même si l'usage des TIC s'est probablement diffusé depuis cette enquête, il subsiste encore un fossé entre l'usage personnel des enseignants et le réinvestissement dans le cadre pédagogique de la classe. L'enquête de 2002 montrait que trois enseignants sur quatre étaient conduits à utiliser les TIC par le désir de participer à une évolution sociale d'ensemble et que 69 %

[115] Mis en place en 2008, le site Edugéo (service éducatif issu du Géoportail) a vocation à offrir, moyennant un abonnement des établissements scolaires, des outils spécifiques pour l'enseignant d'histoire-géographie : des parcours pédagogiques s'appuyant sur 11 zones (et à terme 30 zones) d'intérêt pédagogique pour le territoire français, un outil de croquis géographique, un espace de téléchargement pour des jeux de données complémentaires et un mini-SIG (Système d'Information Géographique) permettant une approche dynamique de la géographie en relation avec les programmes, enfin un espace de partage et de mutualisation des cartes réalisées par les élèves ou les enseignants. Site d'Edugéo : <http://www.edugeo.fr> (consulté le 05.04.2008).

[116] Les attitudes des enseignants vis-à-vis des technologies de l'information et de la communication dans les premier et second degrés, Dossier évaluation et statistiques n°157, septembre 2004. <ftp://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/dpd/noteeval/ne0304.pdf>, consulté le 9 avril 2008

des enseignants d'histoire-géographie et de sciences de la vie et de la Terre s'étaient auto-formés aux TIC.

Une enquête plus récente (2007) de la Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance (DEPP) a porté sur l'image de la discipline et sur les pratiques d'enseignement en histoire-géographie et éducation civique[117]. Cette enquête donne l'occasion – assez rare - de sonder les attentes, les intentions, les motivations, à la fois du côté élèves et du coté enseignant. L'étude a porté sur 113 professeurs et près de 3 000 élèves de collège, ce qui permet un exceptionnel croisement. L'étude montre des professeurs dont l'identité est essentiellement disciplinaire. Les professeurs d'histoire-géographie sont motivés par le plaisir d'enseigner les disciplines et de transmettre aux élèves le goût de ces disciplines. Mais que font-ils en classe ? En histoire, ils veulent "faire comprendre le présent" (81%) et "exercer l'esprit critique" (75%). En géographie ils enseignent "les relations entre l'homme et son milieu" (63%). En éducation civique ils "forment des citoyens responsables" (61%). Les élèves, eux, pensent "apprendre des dates" (87%), "apprendre des pays" (86%) ou encore "apprendre à devenir un élève responsable" (49%, formule retenue par 2% des professeurs seulement). L'écart entre ces représentations est frappant. Ce qu'aimeraient faire les élèves, c'est d'abord utiliser davantage l'ordinateur. Or 85% des élèves disent que ça ne leur arrive jamais, 11% parfois. Les professeurs confirment : 5% utilisent les TICE en histoire, 7% en géographie. On sait que l'enseignement secondaire français est le dernier en Europe pour ces usages. Les élèves aimeraient aussi travailler davantage sur l'actualité et même choisir parfois la leçon. Les résultats de cette enquête sont en soi intéressants pour mesurer les écarts de représentation entre enseignants et élèves, mais on en reste à un usage déclaré de l'ordinateur.

Comme en témoignent ces différentes enquêtes, il s'avère assez difficile d'appréhender l'usage des outils géomatiques en milieu scolaire, dans la mesure où on manque de données précises et globales permettant d'établir des comparaisons et de mesurer des évolutions dans le temps. C'est pourquoi il nous a paru nécessaire de disposer de données quantitatives pour prendre la mesure des usages en géomatique et pour

[117] Direction de l'Evaluation de la Prospective et de la Performance (2007). *Image de la discipline et pratiques d'enseignement en histoire-géographie et éducation civique au collège*. <http://media.education.gouv.fr/file/91/4/4914.pdf> (consulté le 07.03.2007).

connaître plus précisément les difficultés rencontrées par les enseignants, leurs besoins et leurs attentes dans ce domaine.

9.2 Un état des pratiques géomatiques dans l'enseignement secondaire (d'après les résultats d'une enquête INRP réalisée en 2007)

Pour prendre la mesure des usages scolaires de la géomatique, nous avons décidé en 2007 de concevoir et de diffuser une enquête auprès des enseignants d'histoire-géographie et de sciences de la vie et de la Terre[118]. Cette enquête a été conçue et réalisée dans le cadre de l'Observatoire de pratiques géomatiques de l'INRP, car il nous a semblé que cet observatoire constituait le lieu adéquat pour mener une enquête à l'échelle nationale, auprès des enseignants intéressés par ces technologies dans les deux disciplines concernées. Le but de cette enquête n'était pas de faire un état complet des usages éducatifs de la géomatique en France. L'objectif était plus modestement de connaître les usages qu'ont les enseignants de la géomatique d'un point de vue personnel et dans leurs classes : quels sont les outils utilisés, les contextes pédagogiques de cette utilisation ? quels sont les thèmes abordés et les activités mises en œuvre ? Il s'agissait également, à travers cette enquête, de repérer les freins et les facilitateurs de l'utilisation de la géomatique dans l'enseignement secondaire, et de préciser les attentes en termes d'outils et de formation.

Le questionnaire d'enquête (voir le questionnaire et les résultats détaillés en Annexe 5) comprenait 24 questions portant sur les modalités d'usage de ces outils, leur cadre pédagogique d'utilisation, leurs apports pour l'apprentissage, les difficultés et les attentes des enseignants. Le questionnaire a été testé au préalable auprès de différents professeurs de sciences de la vie et de la Terre et d'histoire-géographie, afin que les enseignants puissent s'exprimer sur la manière dont ils comprenaient les questions et les points sur lesquels ils souhaitaient donner leur avis. Les retours de ces enseignants ont permis de reformuler certaines questions et d'en introduire de nouvelles.

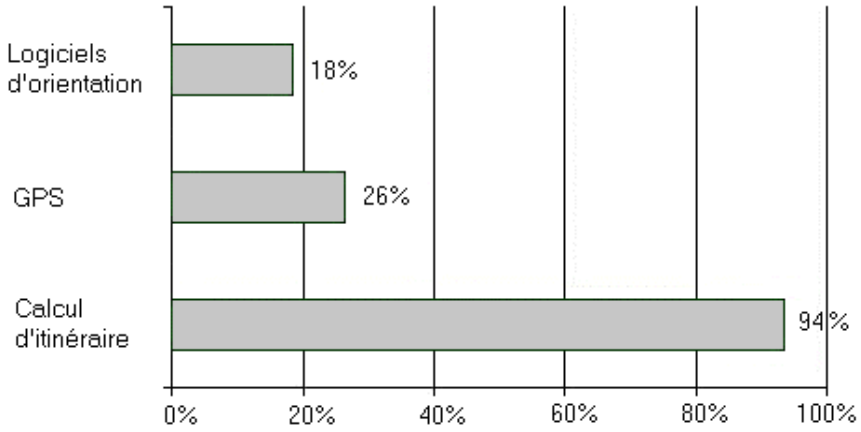
[118] *L'usage des outils numériques en Histoire-Géographie et en SVT*, enquête nationale de l'INRP réalisée auprès de 862 enseignants de collège-lycée (du 10 janvier au 11 mars 2007). Pour lire le rapport complet d'enquête : <http://eductice.inrp.fr/EducTice/projets/geomatique/enquete2007> (consulté le 15.12.2007).

L’enquête a été conduite en diffusant un formulaire sur Internet de janvier à mars 2007. Les enseignants étaient informés de cette enquête nationale à partir de messages envoyés sur différentes listes de diffusion professionnelles. Les enseignants étaient conviés à répondre également par les sites disciplinaires académiques ou par des sites pédagogiques associatifs, qui ont largement relayé l’information. Ils étaient invités à remplir un formulaire électronique disponible sur le site web de l’INRP. Ce mode de passation a été choisi pour sa facilité de mise en œuvre. Une telle méthode permet en effet de s’abstraire d’une base de sondage et par conséquent de ne pas solliciter individuellement la population cible. D’autres caractéristiques sont intéressantes pour le sondeur (exécution rapide, recueil et traitement automatique des réponses) ou pour le répondant (réponse des individus au moment où ils sont disponibles, en dehors de toute contrainte hiérarchique). En contrepartie, l’absence d'échantillonnage n’a pas permis de maîtriser l'échantillon des répondants - seules des questions liées à leur activité ont permis de vérifier leur appartenance à la population cible - ni la représentativité de l’échantillon recueilli. Nous avons conscience que ce sont des enseignants relativement motivés qui ont accepté de répondre à ce questionnaire par Internet. Il s’agit donc d’un public déjà en partie sensibilisé aux TIC, qui disposait au moins d’un ordinateur et d’un accès à Internet pour répondre. Mais plusieurs indices, comme par exemple la faible connaissance des outils cartographiques professionnels ou la place accordée aux outils de visualisation grand public, témoignent du fait que cette enquête a largement dépassé le cercle des praticiens « avertis ». Nous tenons également à souligner qu’il s’agit de pratiques déclarées. Les usages « réels » sont au-delà de ce que peuvent en dire les enseignants et nécessitent de conduire des observations en classe pour être appréhendées dans toute leur richesse et leur complexité.

En dépit des biais inhérents à toute enquête quantitative sur les usages, nous pouvons dégager quelques conclusions significatives à partir des 862 réponses obtenues. Cette enquête INRP de 2007 fait apparaître les éléments suivants :

- **Des usages « privés » en plein développement**[119] : près de 94% des enseignants interrogés ont déjà consulté un site ou un logiciel de calcul d'itinéraire ; 26% des répondants utilisent un GPS (pour la route, la randonnée ou la navigation marine) ; 18% ont recours personnellement à des logiciels d'orientation spécifiques. Cet essor des usages personnels (Figure 8, p 132) est à mettre en relation avec le développement des outils géomatiques dans la vie quotidienne[120]. Mais l'usage de ces outils de localisation et de navigation relève pour l'essentiel d'une géographie « grand public », selon la typologie établie par J.-P. Chevalier (cf chapitre 4.1, p 63).

Figure 8 : Usages « privés » des outils géomatiques (enquête INRP, 2007)



Les usages « privés » sont en plein essor, notamment en ce qui concerne les sites ou logiciels de calcul d'itinéraire, les GPS et les logiciels d'orientation.

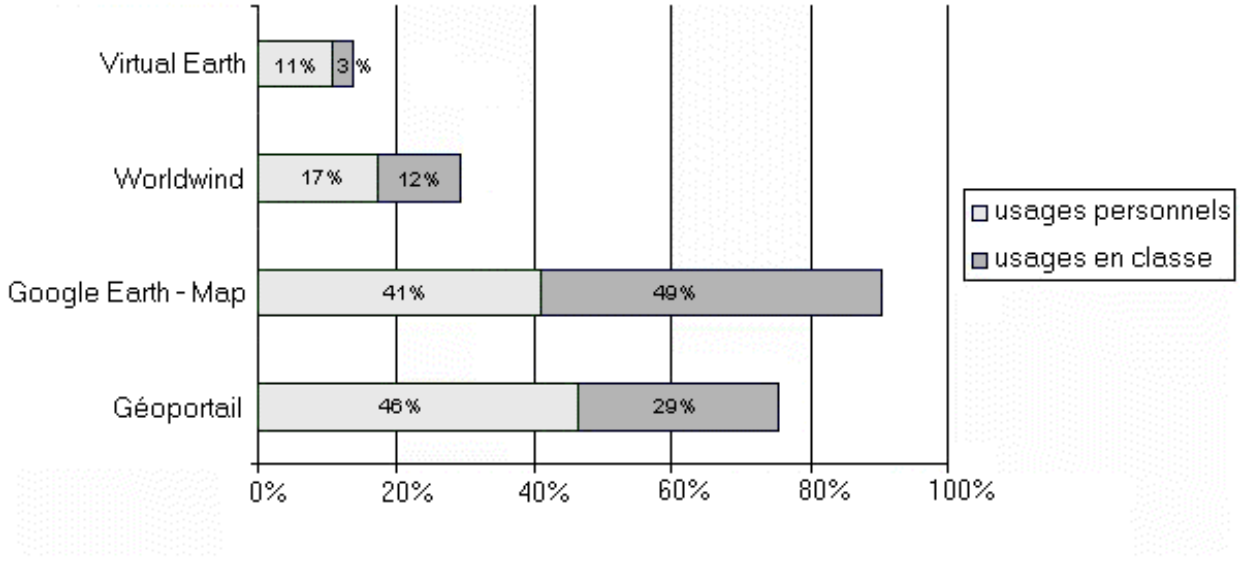
[119] Il est difficile de distinguer les usages privés et les usages professionnels des enseignants. Un enseignant qui consulte un site Internet ou télécharge un logiciel à son domicile peut le faire en raison de motivations strictement privées, puis être amené à introduire ces outils dans son enseignement. Nous avons néanmoins souhaité distinguer les pratiques qui restent cantonnées à la sphère privée de celles qui ont gagné le domaine professionnel, c'est-à-dire la préparation et la conduite de l'enseignement.

[120] Une enquête SOFRES réalisée en 2004 sur le thème « les Français et la géographie » montre que, pour les 2/3 des interviewés, la carte est ce qui exprime le mieux la géographie dans la vie quotidienne. Plus d'un tiers de Français en 2004 consultent déjà Internet pour trouver un itinéraire (le taux atteint 54% pour la tranche des moins de 35 ans).
Disponible sur : <http://www.tns-sofres.com/etudes/consumer/221004_geographie.htm> (consulté le 26.08.2008).

- **Des usages « professionnels » encore minoritaires** : seulement 10% des enseignants utilisent un GPS avec leurs élèves pour un travail de terrain (3% en H-G, 17% en SVT), 17% des sites ou logiciels de calcul d'itinéraire (22% en H-G, 11% en SVT), 14% des logiciels d'orientation (11% en H-G, 17% en SVT), 23% des logiciels de traitement d'image (15% en H-G, 31% en SVT). Les écarts entre les usages en classe et les usages privés apparaissent nettement. Même s'ils sont encore une minorité à utiliser ces outils dans leur enseignement, 80% des enseignants interrogés déclarent cependant avoir l'intention d'utiliser les globes virtuels en classe dans l'avenir.

- **Une forte pénétration des « globes virtuels »** (Figure 9) : 46% des enseignants ont déjà consulté à titre privé le Géoportail de l'IGN, 41% Google Earth ou Google Maps, 17% NASA Worlwind, 11% Virtual Earth de Microsoft. Même si ces résultats sont à nuancer, ces chiffres interpellent par leur importance. Le « phénomène Google Earth » n'est certainement pas étranger à ce succès. Mais au delà d'un effet de mode sur Internet, c'est une petite révolution dans l'accès à l'information géographique qui devient disponible et gratuite pour le citoyen. Les enseignants se montrent très concernés par l'essor de cette géomatique grand public, qui est susceptible d'avoir un impact sur l'évolution de leurs pratiques professionnelles. Si l'on reprend la typologie établie par J-P. Chevalier (cf chapitre 4.1, p 63), les globes virtuels sont à la convergence d'une géographie « grand public » - du fait de l'importante communauté d'utilisateurs qu'ils mobilisent et de l´inventaire émerveillé du monde qu'ils suscitent - et d'une géographie appliquée - du fait de l'avancée des techniques cartographiques et du marché géomatique qu'ils représentent.

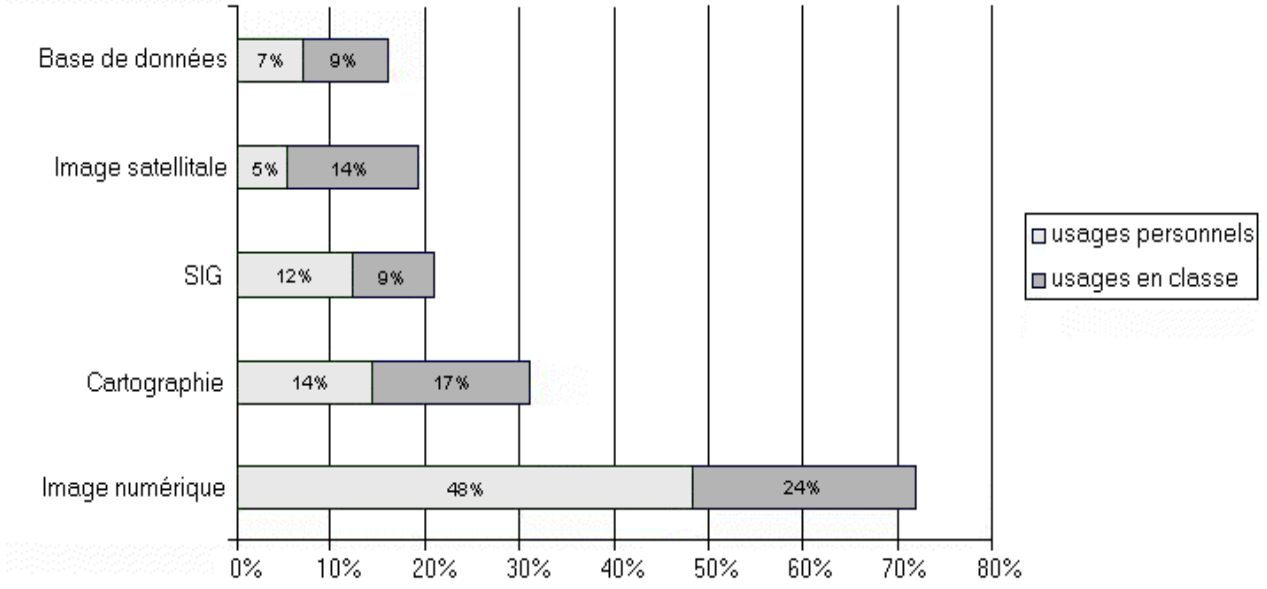
Figure 9 : Le succès des « globes virtuels » grand public sur Internet
(enquête INRP, 2007)



Les « globes virtuels » rencontrent un vif succès, en particulier Google Earth – Google Map, mais aussi le Géoportail. Ils sont également déjà utilisés en classe.

- **Une sous-utilisation des outils « professionnels », du type Systèmes d'Information Géographique ou logiciels de traitement d'images satellitales**. En comparaison des globes virtuels, les SIG connaissent un taux d'utilisation beaucoup plus modeste. Il faut cependant nuancer : alors qu'ils ne sont plus que 12% à faire du traitement d'images satellitales, les enseignants d'histoire-géographie sont malgré tout 25% à utiliser désormais des SIG. Même si ce dernier chiffre est à relativiser, du fait que l'enquête surévalue quelque peu l'intensité des pratiques, on observe une évolution lente mais sensible des pratiques SIG (d'après l'enquête du Café pédagogique, les enseignants n'étaient que 5% à manipuler des logiciels SIG en 2003). Le traitement des images satellitales concerne davantage les enseignants de SVT (26% contre 12% seulement en H-G), mais semble globalement en perte de vitesse, si l'on compare à la visualisation et au traitement de l'information géographique sur des logiciels SIG (Figure 10) :

Figure 10 : Une moindre utilisation des outils de type « professionnel »
(enquête INRP, 2007)



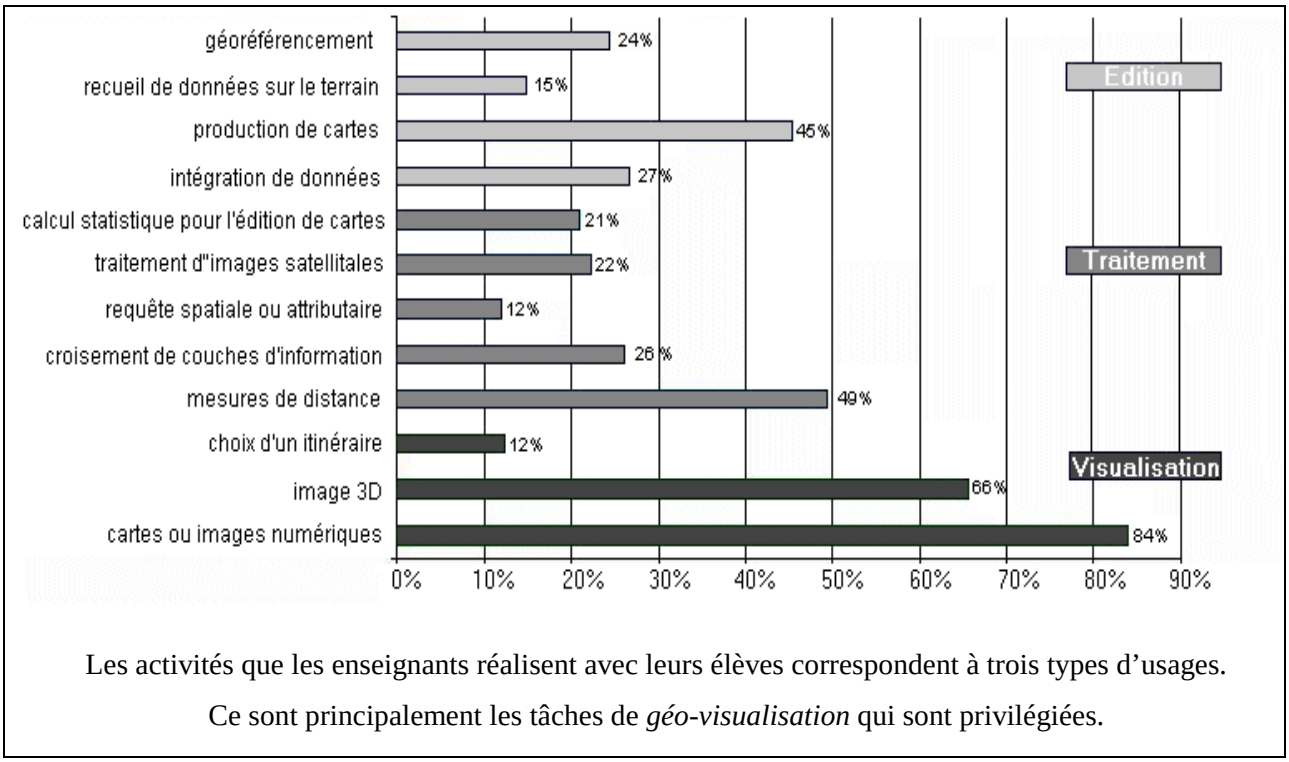
Au total, c'est toute une panoplie d'outils qui est utilisée, mais ceux qui rencontrent le plus grand succès sont les outils de traitement des images numériques.

Cependant l'usage de ces outils « lourds » reste relativement confidentiel dans le contexte éducatif, comme si les obstacles à leur utilisation l'emportaient sur leur intérêt pédagogique[121]. Un constat qui peut paraître paradoxal quand on voit que plus de 70% des enseignants des deux disciplines confondues utilisent par ailleurs des logiciels de traitement d'image. La majorité des enseignants qui a répondu à notre enquête ne semble toutefois pas avoir une vision très claire des différentes catégories d'outils géomatiques et de leurs potentialités, comme en témoigne une certaine confusion dans les réponses lorsqu'il est demandé de citer les SIG, les logiciels de cartographie ou les logiciels de traitement d'images utilisés. Les outils spécialisés restent mal connus.

[121] Il convient de noter que ces obstacles à l'intégration des SIG dans l'enseignement secondaire concernent également d'autres pays (cf chapitre 10, p 148).

- **Des outils qui sont principalement utilisés pour leur potentiel dans le domaine de la visualisation des phénomènes et des structures** : 84% des enseignants (Figure 11) utilisent des cartes ou des images numériques construites par d'autres, pour une simple visualisation :

Figure 11 : Des usages orientés vers l'exploration visuelle (enquête INRP, 2007)



Les activités que les enseignants réalisent avec leurs élèves correspondent à trois types d'usages. Ce sont principalement les tâches de *géo-visualisation* qui sont privilégiées.

Ce chiffre témoigne que l'usage de la carte est encore essentiellement illustratif (surtout si l'on considère que 76% des enseignants déclarent utiliser ces outils avec un vidéoprojecteur). Une minorité d'enseignants utilisent des fonctions de traitement ou d'interrogation : 21% le traitement statistique (35% en histoire-géographie, 6% en SVT), 26% le croisement de couches d'information, 24% savent caler des informations sur une carte avec ses coordonnées géographiques, le taux tombe à 12% en ce qui concerne les fonctions avancées du type requêtes spatiales ou attributaires.

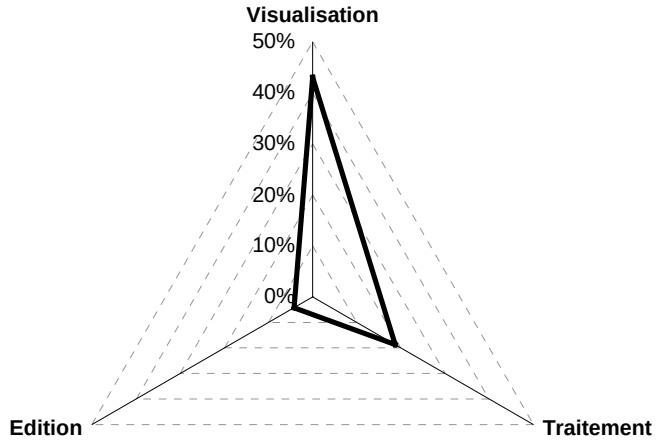
- **Des outils de visualisation, mais peu de traitement ou d'édition** : nous avons regroupé les différents types d'usages en trois catégories. Cette typologie reprend en partie celle présentée par T. Joliveau à propos des SIG (cf chapitre 7.2, p 117). La première catégorie est la *visualisation* qui consiste à consulter et à prélever des

informations à partir d'une image ou d'une carte numérique. La seconde est celle du *traitement* plus ou moins complexe appliqué à l'information disponible. La dernière catégorie concerne l'*édition* et l'intégration de données qui, dans certains cas, ont pu être récoltées par les élèves eux-mêmes. Les différents numéros renvoient aux questions qui ont été posées. Certaines d'entre-elles ont été exclues, car jugées non discriminantes par rapport à cette typologie :

- VISUALISATION
    - 20. A : Usage de cartes ou d'images numériques
    - 20. B : Usage d'images en 3D
- TRAITEMENT
    - 20. C : Usage de la mesure de distances sur la carte
    - 20. F : Usage des calculs statistiques pour produire des cartes
    - 20. I : Usage de traitements pour l'analyse d'images satellitales
    - 20. L : Usage des outils de requête spatiale ou attributaire
- EDITION
    - 20. H : Usage du recueil de données sur le terrain
    - 20. K. Usage de coordonnées géographiques pour caler des informations

Ces types d'usages (visualisation, traitement, édition) ne correspondent pas à des niveaux hiérarchiques. Seuls deux enseignants parmi les 862 qui ont répondu à notre enquête disent réaliser des activités qui correspondent à ces trois types d'usages. Ces paliers peuvent correspondre, du point de vue de l'élève, à une liberté de réalisation de plus en plus grande et à des tâches de plus en plus complexes. Ces trois types d'usages (visualisation, traitement, édition) ont déjà été évoqués (Figure 11, p 135). Nous les reprenons ici (Figure 12) sous forme de graphique simplifié, pour ensuite établir une comparaison des usages dominants en histoire-géographie et en SVT (Figure 13, p 139) :

Figure 12 : Typologie des usages : visualisation - traitement - édition
(enquête INRP, 2007)



La carte numérique est majoritairement utilisée comme support de visualisation et secondairement comme outil de traitement ou d'édition de l'information.

La carte est d'abord un outil d'exploration visuelle, un outil de découverte de l'espace : ce que nous pouvons qualifier ici de *géo-visualisation*[122] (Dykes et *alii*, 2005). Des innovations pédagogiques, moins largement répandues, conduisent certains enseignants à demander à leurs élèves d'utiliser ces sites ou logiciels de cartographie comme des outils leur permettant de s'engager dans des activités de type résolution de problème liées à un thème de leur discipline. Mais ils sont une très petite minorité à faire éditer ou traiter l'information. Il reste donc encore un long chemin pour passer de la visualisation au traitement de l'information géographique et à l'analyse spatiale.

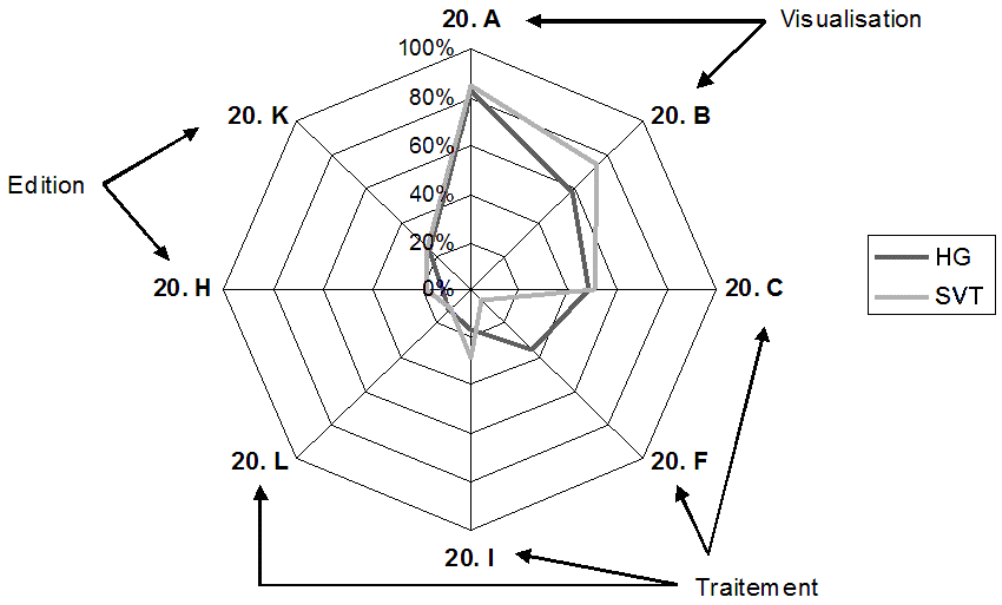
- **Des pratiques qui distinguent géographes et géologues** : nous avons choisi de trier deux populations pour faire apparaître les points communs et les différences. Si on compare les deux disciplines en détaillant les différents usages retenus dans notre typologie, on n'observe pas de différence fondamentale concernant la *géovisualisation* (Figure 13, p 139). Les différences sont significatives seulement en ce qui concerne

[122] « *La géovisualisation est un champ émergent… Elle fournit des théories, des méthodes et des outils pour l'exploration visuelle, la synthèse et la présentation de données contenant de l'information géographique* » MacEachren, A. M., Kraak, M.-J., Dykes, J. (2005). *Exploring Geovisualization*, Pergamon.

l'usage de logiciels de cartographie (plutôt en histoire-géographie) et le traitement d'image satellitaire (plutôt en sciences de la vie et de la Terre). Le second aspect qui distingue géographes et géologues est le recueil de données sur le terrain qui est probablement à mettre en relation avec l'utilisation du GPS pour la conduite d'écoles de terrain dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre. Les enseignants d'histoire-géographie étant moins nombreux à pratiquer la sortie de terrain, leur usage du GPS avec les élèves est logiquement moins fréquent. Si ces derniers sont un peu moins nombreux à faire éditer des données, ils sont en revanche proportionnellement trois fois plus nombreux que les enseignants de SVT à faire effectuer des traitements cartographiques par leurs élèves. L'importance accordée à la construction de la carte est plus forte en histoire-géographie, même si tous les enseignants de cette discipline ne font pas construire des cartes par ordinateur à leurs élèves.

- **Des outils différents pour des usages semblables** : nous avons choisi de comparer également deux populations d'utilisateurs, indépendamment des deux disciplines concernées. Il s'agit d'une part de ceux qui disent utiliser des applications de type SIG (Arcview, MapInfo, Geomedia…) et, d'autres part, de ceux qui disent utiliser Google Earth ou Google Map. On constate que ces deux populations ne diffèrent pas fondamentalement, quand on les compare en utilisant la typologie d'usages que nous avons élaborée. Il semble que les *globes virtuels,* comme les logiciels SIG, soient d'abord utilisés pour leur capacité à visualiser l'information, et assez secondairement pour leur capacité à la traiter ou à l'éditer (cf Figure 14). Autrement dit il n'y aurait pas un usage spécifique des SIG, ce qui en soi est un résultat intéressant fourni par l'enquête. Cela peut s'expliquer par la mauvaise connaissance de ces différents types d'outils et le fait que les logiciels SIG sont considérés comme des outils multi-usages.

Figure 13 : Profils d'usages par discipline (Histoire-Géographie - Sciences de la Vie et de la Terre)



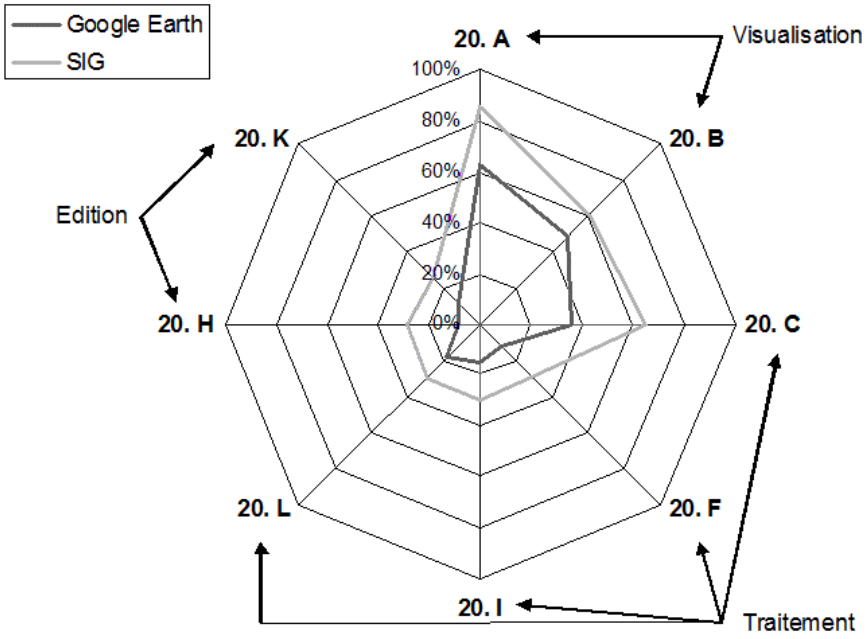
VISUALISATION
20. A : Usage de cartes ou d'images numériques
20. B : Usage d'images en 3D

TRAITEMENT
20. C : Usage de la mesure de distances sur la carte
20. F : Usage des calculs statistiques pour produire des cartes
20. I : Usage de traitements pour l'analyse d'images satellitales
20. L : Usage des outils de requête spatiale ou attributaire

EDITION
20. H : Usage du recueil de données sur le terrain
20. K : Usage de coordonnées géographiques pour caler des informations sur une carte

Les usages qui distinguent géographes et géologues sont principalement l'usage d'images en 3D, l'usage de calculs statistiques pour produire des cartes et le recueil de données de terrain.

Figure 14 : Utilisateurs de Google Earth et de SIG : profils d'usages par population obtenus par tris croisés (enquête INRP, 2007)



VISUALISATION
20. A : Usage de cartes ou d'images numériques
20. B : Usage d'images en 3D

TRAITEMENT
20. C : Usage de la mesure de distances sur la carte
20. F : Usage des calculs statistiques pour produire des cartes
20. I : Usage de traitements pour l'analyse d'images satellitales

20. L : Usage des outils de requête spatiale ou attributaire
EDITION
20. H : Usage du recueil de données sur le terrain
20. K. Usage de coordonnées géographiques pour caler des informations sur une carte

La comparaison entre utilisateurs de Google Earth/Google Map et utilisateurs de SIG montre que, si les deux populations utilisent des outils différents, les usages déclarés sont très proches.

On pourrait dire la même chose des utilisateurs de logiciels de traitement d'image satellitaire dont 67% utilisent également Google Earth ou Google Map. Autrement dit, on constate la prégnance du modèle pédagogique des enseignants sur l'outil qui est utilisé. Tel enseignant pourra ainsi se cantonner à des tâches de visualisation avec ses élèves, alors même qu'il utilise un SIG d'une grande complexité. Au contraire tel autre fera du recueil de données sur le terrain qu'il intègrera dans un *globe virtuel*. Ce constat montre bien que les potentialités ou les contraintes des outils que les enseignants adoptent ne sont qu'un élément parmi d'autres en terme de détermination des usages effectifs.

Ces derniers semblent principalement déterminés par les choix pédagogiques des enseignants et donc probablement par leurs conceptions de l'apprentissage : découverte par l'exploration, résolution de problèmes *via* le traitement de données, élaboration de situations d'apprentissage complexes fondées sur l'étude du réel et comprenant de l'édition de données recueillies sur le terrain. Il faut également noter que les enseignants exerçant une fonction de maître de stage, formateur IUFM ou concepteur de sujets d'examen ou membre d'une équipe de recherche n'ont pas de profil particulier d'usages avec les élèves, si on les compare avec les enseignants qui n'exercent pas ces fonctions. Ceci montre que les modalités d'usage – visualisation, traitement ou édition - ne dépendent pas de l'expérience des enseignants.

- **L'image 3D arrive en force** : 57% des enseignants en histoire-géographie et 74% en SVT ont déjà utilisé des images en trois dimensions. Il reste à s'interroger sur ce que la 3D apporte de plus : mis à part pour la lecture de paysage (et encore), il s'agit souvent de recréer inconsciemment une forme de « réalisme ». Pour de nombreux usagers, la carte numérique conserve un aspect utilitaire : 63% l'utilisent pour calculer des itinéraires, 49% pour faire des mesures. La fonction principale de la carte reste la localisation, mais elle n'est pas perçue comme incitation au raisonnement géographique.

- **Une grande diversité dans les thèmes abordés** : les thèmes du programme pour lesquels les enseignants disent utiliser la géomatique sont très variés. Certains sont communs aux deux disciplines. Il s'agit par exemple de l'environnement (41% au total, 48% en SVT, 35% en HG), des risques naturels et technologiques (30% au total, 30,5% en HG, 29,5 en SVT), des ressources naturelles (12% dans les deux disciplines). Certains thèmes ont une dimension plus disciplinaire. Il s'agit de la géologie (86%) pour l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre et pour l'enseignement de l'histoire-géographie, des thèmes villes et espaces urbains (84%), population (73%), aménagement du territoire (64%). Des thèmes *a priori* communs concernent plutôt les sciences de la vie et de la Terre. Il s'agit de la climatologie (11% en HG, 29% en SVT) et de l'hydrologie (3% en HG, 14% en SVT), alors que les études locales ou régionales concernent plutôt l'histoire-géographie (48% contre 11% en SVT). Ce qui semble

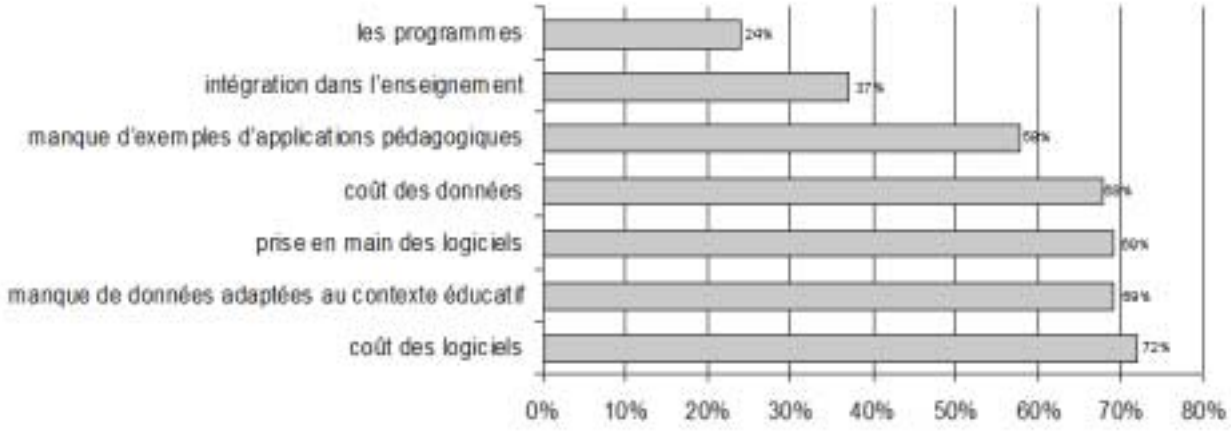
principalement ressortir, c'est que ces outils peuvent être utilisés dans des contextes pédagogiques très variés et s'adapter à différents démarches pédagogiques.

- **Des motivations assez variées** : parmi les objectifs affichés, arrivent en tête le renouvellement des pratiques (98%), la motivation des élèves (96%), leur autonomie (86%) : autant d'objectifs généraux souvent avancés pour l'usage des TICE, mais qui n'ont rien de spécifique par rapport à l'usage des outils géomatiques. Le développement des compétences informatiques (52% en histoire-géographie) est perçu comme un objectif moins prioritaire que le développement des compétences disciplinaires (63%). Il semble que l'apprentissage des outils géomatiques - comme des outils TIC en général - n'apparaît pas pour les enseignants comme du domaine de compétence prioritaire de l'école, mais plutôt du ressort de l'usage social et professionnel. Tout se passe comme si l'Ecole n'avait pas à former à ces nouveaux outils qui pourtant se généralisent dans la société et dans de nombreux métiers, sans que l'utilisateur soit toujours conscient des atouts et des limites de ces outils. Les objectifs visés ne sont pas classés de la même manière par les enseignants des deux disciplines. La formation aux techniques cartographiques concerne principalement les enseignants d'histoire-géographie (84% contre 67% en SVT). Il en est de même pour l'éducation à la citoyenneté (61% en HG contre 52% en SVT). L'emploi de la simulation et de la modélisation semble au contraire concerner plus les enseignants de sciences de la vie et de Terre que ceux d'histoire-géographie (94% contre 79%).

- **Des freins importants à la diffusion de ces outils** : les obstacles à l'utilisation des outils géomatiques proviennent, pour 72% des répondants, du coût d'acquisition des logiciels, pour 69% de leur prise en main, pour 69% du coût d'acquisition des données. Mais il convient de noter que pour près de la moitié des répondants (48%), l'accès au parc informatique reste un problème important (53% en histoire-géographie contre 44% en SVT). Les difficultés d'accès aux ordinateurs de l'établissement avec les élèves ne sont pas massivement évoquées, même si cette dimension n'est pas à négliger. Dans les réponses aux questions ouvertes, le manque de temps, les problèmes de connexion Internet, le manque de fiabilité du matériel informatique ou du réseau de l'établissement sont des problèmes qui sont évoqués de manière récurrente. D'autres freins de nature pédagogique et didactique sont mis en évidence par les résultats de

notre enquête : le manque de données adaptées au contexte éducatif (69%), le manque d'exemples d'applications pédagogiques (58%), la difficulté pour intégrer ces outils dans l'enseignement (37%). On peut souligner deux points saillants qui ne sont pas nouveaux en ce qui concerne les TICE, mais qui prennent un relief particulier dans le domaine des outils géomatiques : le manque d'information sur les outils disponibles (60%) et le manque de formation pour leur prise en main (69%). En revanche l'inadaptation des programmes (24%) ou la faible intégration dans les examens (26%) ne semblent pas considérées comme des obstacles majeurs. Enfin, seulement 16% des enseignants mettent en doute l'intérêt de ces outils pour l'enseignement de leur discipline. Dans les réponses ouvertes, une seule remarque concerne explicitement ce manque d'intérêt.

Figure 15 : Les difficultés exprimées par les enseignants (enquête INRP, 2007)



Les difficultés exprimées par les enseignants sont d'ordre à la fois technique, pédagogique et institutionnel.

- **Des attentes fortes à l'égard du système éducatif :** les attentes des enseignants sont d'abord matérielles, puis pédagogiques et enfin institutionnelles. 62% des enseignants demandent un usage des TICE plus facile dans leur établissement. Les problèmes de coût d'acquisition des logiciels et des données mettent en avant logiquement le besoin de logiciels gratuits (90% des réponses) et de données cartographiques libres de droit (88% des réponses). Dans les réponses libres, apparaissent le besoin de stages de formation, d'un temps pour se former, d'un lieu pour échanger des pratiques

pédagogiques, de programmes plus incitatifs…[123] On observe donc des attentes fortes en terme de logiciel SIG éducatif, en terme de données adaptées aux besoins pédagogiques et en terme de formation ou d'accompagnement. Les mêmes difficultés et les mêmes attentes sont mises en avant par le rapport d'expertise du cabinet IETI consultant (Yalamas & Pornon, 2006). Ce rapport insiste sur la nécessité d'accompagner les enseignants par la mise à disposition d'outils et de données adaptés au contexte éducatif, par l'élaboration et le partage de séquences pédagogiques, par la conception de modules de formation initiale et continue pour les enseignants.

Comme le soulignent les résultats de notre enquête, l'usage des outils géomatiques ne fait pas encore partie du quotidien de l'enseignement de l'histoire-géographie - ni même des sciences de la vie et de la Terre. Il convient de replacer l'usage des outils géomatiques dans le contexte plus général de l'usage des TIC en histoire-géographie. Si l'on compare ces résultats avec ceux de l'enquête réalisée par la DEPP en 2007 (cf chapitre 9.1, p 128), on observe également un taux assez faible d'utilisation des TIC (à peine 7% d'enseignants utilisateurs réguliers) au sein de l'histoire et de la géographie. Dans cette enquête, professeurs et élèves s'accordent globalement pour reconnaître ne pas faire usage de l'ordinateur en classe : 84,7 % des élèves disent que cela ne leur arrive jamais, un sur dix (10,8 %) en a parfois l'occasion. Les réponses des enseignants corroborent les observations des élèves : seulement 5,1% disent faire utiliser l'outil informatique par les élèves en cours d'histoire, 6,9% en géographie et en éducation civique (p 71). Globalement l'utilisation des technologies de l'information et de la communication s'effectue donc plutôt en demi teinte. Parmi les activités que les élèves voudraient conduire plus souvent en cours d'histoire, de géographie et d'éducation civique, le travail sur ordinateur prend la première place, avec 59 % des citations (p 103). Ces chiffres montrent que l'histoire-géographie demeure une discipline peu instrumentée.

Concernant plus particulièrement notre enquête sur les usages des outils géomatiques, on observe une forte inertie dans l'usage des outils de cartographie numérique qui se limitent le plus souvent à des fonctions de visualisation et d'illustration. Mais en même

[123] *« Temps long, plus long, qui entre en concurrence, hors les chemins détournés des itinéraires de découverte et des travaux personnels encadrés, avec la dimension accumulative des programmes lorsque l'élève se déguise en enquêteur d'une affaire quelquefois brouillée et obscure. Temps long toujours des formations préalables »* (Baldner, J-M. & Baldner,T, 2003).

temps, on relève des évolutions rapides avec la pénétration des « globes virtuels ». Le principal enseignement de cette enquête est de faire ressortir le phénomène de scolarisation d'outils « grand public » plutôt que l'utilisation d'outils spécialisés de la discipline. L'utilisation croissante, mais moindre des outils spécialisés tels que les SIG, indique probablement un manque de formation des enseignants pour qu'ils puissent introduire ces technologies dans leur enseignement. On observe en quelque sorte une infusion progressive des SIG à l'école, dans le sillage de la géomatique grand public. Cela laisse penser qu'il y a bien une influence des pratiques sociales sur les usages pédagogiques, mais ce transfert reste malgré tout limité.

Ce développement assez lent des pratiques pédagogiques est lié à différents freins (matériels et pédagogiques), mais s'explique aussi par le manque de formation et la difficulté à montrer la plus-value de ces outils. Ces difficultés renvoient en grande partie aux obstacles liés à l'intégration des TIC par les enseignants. Plusieurs sources (Cuban, 2001 ; Zhao & Franck, 2003 ; OCDE, 2004 ; Depover, Karsenti & Komis, 2007) soulignent les mêmes obstacles qui tiennent à des facteurs externes (liés à l'école, à la société…) et à des facteurs internes (liés aux conditions d'enseignement et d'apprentissage)[124]. Selon Depover (2007), parmi les facteurs externes, la question de l'équipement se retrouve souvent au premier plan. Dans leurs déclarations, les enseignants attribuent la non-utilisation des TIC à des problèmes matériels d'accès, de qualité ou de fiabilité. Un rapport publié par l'OCDE en 2004 étudie l'usage des TIC dans les classes des écoles de 15 pays industrialisés[125]. Ce rapport montre que l'utilisation des TIC est décevante dans les établissements d'enseignement de ces pays et ce, même si d'importantes dépenses en équipement au cours des 20 dernières années ont permis de faire entrer les technologies dans la quasi-totalité de ces écoles. La conclusion de ce rapport reflète cette déception : « l'utilisation de l'informatique à des fins pédagogiques dans l'ensemble des écoles secondaires de ces pays est sporadique" (OCDE, 2004, p 133). Sont mis en avant le

[124] Bednarz et Van der Schee (2006) soutiennent que cela prend beaucoup de temps et d'effort pour intégrer une innovation dans les pratiques pédagogiques. Ils recensent aussi des facteurs internes et externes. Ils insistent en particulier sur la nécessité d'intégrer les SIG dans les programmes si l'on veut renforcer leur adoption dans les pratiques. Les représentations de l'enseignant à l'égard des SIG peuvent aussi jouer un rôle déterminant. Le profil personnel de chaque enseignant, ses connaissances et son intérêt pour les nouvelles pratiques affectent notablement ces représentations.

[125] OCDE (2004). *OECD Survey of Upper Secondary Schools - Technical Report*. OCDE, <http://www.oecd.org/dataoecd/4/47/27446844.pdf> (consulté le 06.09.2008).

manque de soutien technique, mais aussi le manque de préparation, le manque de formation initiale et continue des enseignants, l'inadaptation de la culture de l'école ou de l'organisation scolaire. C'est donc un défi pour l'école de favoriser une intégration habituelle et continue des TIC et il serait dommageable pour l'école de ne pas profiter de l'engouement suscité par l'essor des technologies numériques dans la société.

On peut rapprocher ce constat de celui dressé par A. Chaptal à propos de l'absence de perception de la valeur ajoutée des TIC à l'école, en contraste avec l'évolution de la société civile où ces technologies connaissaient des développements spectaculaires (Chaptal, 2007). Le processus de scolarisation dont témoigne notre enquête concerne principalement les outils « grand public » que sont les *globes virtuels*. Ce processus dénote des usages émergents et on ne peut pas encore parler de phase de généralisation. Evidemment cette enquête s'appuie sur les usages « déclarés » des enseignants[126]. Mais ce qui semble en soi intéressant, c'est le fait que les enseignants ne semblent plus être les seuls prescripteurs d'usages et que l'intégration des outils géomatiques (en particulier des globes virtuels) s'effectue de plus en plus à partir d'outils « sociaux » issus de communautés de pratiques (par exemple la communauté des utilisateurs de Google Earth).

Comme en témoigne notre enquête, la question de l'introduction de la géomatique dans l'enseignement secondaire est assez complexe, avec deux sphères de pratiques enchevêtrées (personnelle et professionnelle). L'analyse détaillée des résultats concernant les familles d'outils cartographiques utilisés montre un entrelacement des usages plutôt qu'une concurrence entre outils ou une substitution d'usages. Les enseignants semblent ressentir un véritable intérêt pour ces technologies dont ils pressentent les potentialités éducatives. Mais, confrontés à la complexité de ces nouveaux outils pour lesquels ils n'ont majoritairement pas été formés, ils se tournent finalement vers les outils « grand public » que sont les *globes virtuels*. D'une certaine manière, cette situation est inédite. Les enseignants ont généralement en charge la transposition, à des fin d'enseignement, des concepts et des outils de leur discipline dont ils ont la maîtrise grâce à leur formation. Dans le domaine de la géomatique, les outils qui sont majoritairement utilisés ne sont pas des

[126] On connaît les limites des enquêtes quantitatives : elles ne recensent que les pratiques « déclarées » et reposent le plus souvent sur des résultats partiels (à l'échelle d'une discipline, d'une académie, d'un échantillon d'enseignants…) ; on a besoin de compléter et de recouper ces données par des observations en classe ou par des entretiens auprès des enseignants et des élèves pour connaître les usages « réels ».

outils de géographes et il y a un certain risque à ce que les pratiques de classe s'éloignent des *pratiques de référence* du domaine scientifique concerné.

9.3 Quelques retours d'usage, mais peu de réflexion sur les enjeux de ces outils dans l'enseignement de la géographie

Conscientes des possibilités offertes par les outils géomatiques en ligne ou hors ligne, des enseignants ont commencé, seuls ou en équipe, à s'intéresser aux SIG et à construire des séquences d'apprentissage à l'aide de ces logiciels. Les premières expérimentations avec des élèves ont eu lieu au cours des années 1990 dans les académies de Dijon, de Strasbourg, de Lyon, de Montpellier, avant de se diffuser dans la plupart des académies[127]. A l'échelle nationale, une politique de généralisation de l'outil semble s'esquisser à travers les initiatives de la Sous-Direction TICE[128]. Cependant ces expériences à l'échelle nationale ou académique ont donné le plus souvent lieu à des compte-rendus d'expérience, sans réelle réflexion sur les enjeux pédagogiques et didactiques posés par l'utilisation de ces outils. Les retours d'usage, dont le site Educnet se fait écho à travers les Edu'bases en histoire-géographie[129], ne permettent pas de distinguer clairement entre les différents outils : les logiciels de cartographie automatique, les SIG et les globes virtuels. Ces retours d'usage sont intéressants pour inciter d'autres enseignants à utiliser les outils géomatiques dans leurs pratiques, mais cela ne permet pas de répondre à la question de leur plus-value sur un plan pédagogique et didactique.

---

[127] La plupart des sites académiques comportent désormais une rubrique consacrée à la cartographie numérique et aux SIG. L'un des sites les plus consultés est celui de l'académie de Dijon, où l'équipe d'enseignants et de formateurs en histoire-géographie met à disposition de nombreuses ressources pédagogiques (liens vers des bases de données, des logiciels, des études de cas, téléchargement de jeux de données et mise à disposition de scénarios pédagogiques) :
<http://histoire-geographie.ac-dijon.fr/SIG/Carto/sig/SomSig.htm> (consulté le 25 mai 2008).

[128] Les ressources de cette animation nationale autour des SIG et les travaux de cette équipe expérimentale sont consultables sur le site Educnet. A noter que la tendance actuelle est plutôt à la fragmentation des expériences pédagogiques à l'échelle académique.
<http://www.educnet.education.fr/histgeo/sig/default.htm> (consulté le 5 mai 2008).

[129] Les Edu'Base ont pour but d'indexer les ressources des sites académiques par discipline. En histoire-géographie, cette banque pédagogique de données recense en septembre 2008 1700 fiches concernant le collège, le lycée professionnel, les sections générales et technologiques des lycées : <http://www2.educnet.education.fr/sections/histgeo/ressources/ressources8424> (consulté le 12.09.2008)

Une recherche rapide des séances pédagogiques disponibles sur Internet permet d'ores et déjà de repérer une centaine de séances s'appuyant sur l'utilisation d'un globe virtuel (dont plus de 80% avec Google Earth et seulement 5% avec le Géoportail). Les modes de mise en œuvre pédagogique sont très variés, de la simple géovisualisation à des formes d'exploration géographique, voire d'immersion dans la réalité virtuelle en 3D (Genevois & Jouneau-Sion, 2008). La diversité des usages témoigne en tous les cas du potentiel pédagogique attendu de ces outils de géolocalisation sur Internet et montre la familiarisation rapide des enseignants avec ces outils géomatiques grand public. Si tous les enseignants ne sont pas convaincus de l'intérêt de la géomatique pour l'enseignement de la géographie, une part significative de ceux qui n'étaient pas prêts à utiliser des outils SIG, ont néanmoins adopté ce type d'outils et les pratiques qui leur sont associées. L'image des outils SIG se trouve ainsi progressivement transformée[130].

10. Approche comparative avec d'autres pays

10.1 Comparaison avec les Etats-Unis

Les entreprises qui dominent le marché du SIG sont, pour la plupart, d'origine américaine. Il n'est donc pas surprenant que les premières expériences d'introduction des SIG dans le domaine éducatif se soient déroulées aux Etats-Unis. Dès 1992, la société ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) crée une division éducation pour les niveaux d'enseignement K12, qui correspondent à l'enseignement primaire et secondaire aux Etats-Unis[131]. En 1999 sont créés, sous l'impulsion d'ESRI, de la *National Geographic Society* et de l'*Association of Geographic Information*, les premiers *GIS day*[132]. L'objectif est d'éduquer les élèves et le grand public aux Systèmes d'Information Géographiques

[130] Sur l'intérêt des SIG et leur introduction en classe de collège-lycée, nous renvoyons au n°44 des Dossiers de l'Ingénierie Educative, « *Cartes et Systèmes d'Information Géographique* » (octobre 2003).

[131] ESRI a très tôt compris l'intérêt de développer des outils et des ressources dans le domaine éducatif :
- Site éducatif K12 : <http://www.esri.com/industries/k-12/index.html> (consulté le 04.07.2008)
- Communauté d'utilisateurs SIG dans le domaine de l'enseignement : <http://edcommunity.esri.com/>

[132] Le principe des *GIS days* est d'organiser chaque année un temps fort regroupant tous les grands événements autour de l'utilisation des SIG dans le monde et de mettre à disposition des ressources, notamment dans le domaine éducatif. Disponible sur : <http://www.gisday.com> (consulté le 04.07.2008)

(*GIS* en anglais). Suite à ces différentes initiatives, certains états américains ont acheté des licences éducation pour équiper l'ensemble de leurs établissements secondaires. De gros efforts ont été menés par les sociétés pour diffuser également des visualiseurs SIG gratuits. Il serait cependant simpliste d'attribuer le développement précoce des SIG dans le domaine éducatif aux seuls efforts déployés par les entreprises de ce secteur. L'Etat fédéral a également favorisé la mise à disposition d'importants jeux de données et facilité l'accès à l'information géographique, qui est beaucoup plus aisée et moins coûteuse aux Etats-Unis qu'en France[133]. Les enseignants et les formateurs ont d'autant plus facilement accepté d'intégrer les SIG dans leur enseignement que les nouveaux programmes de géographie s'appuyaient sur des études de cas et des démarches actives d'analyse systémique et de résolution de problème, assez proches des techniques et des méthodes SIG.

Au cours des années 1990, les Etats-Unis ont connu un important courant de réforme de l'enseignement de la géographie. En 1994, un nouveau programme de géographie est publié : *Geography for Life - U.S. National Geography Standards*. Ce programme reconnaissait la contribution essentielle de la géographie à l'éducation générale des jeunes gens. Il mettait aussi l'accent sur le questionnement géographique et le rôle primordial de la maîtrise de l'information géographique. Les compétences cartographiques, définies comme des compétences pour acquérir, organiser, analyser et interpréter l'information géographique, occupaient une place centrale dans ce programme fédéral. Les compétences de raisonnement géographique étaient également mises en avant. En 1997, un rapport du National Research Council[134] proposait un panorama très large de la discipline et montrait comment les questions et les outils du géographe étaient utilisés par des enseignants, des entrepreneurs, des chercheurs, des politiques, pour répondre aux problèmes scientifiques et

[133] Il convient cependant de nuancer le propos, dans la mesure où l'octroi gratuit de données aux Etats-Unis est souvent une incitation pour attirer la clientèle et dans la mesure où l'Union européenne commence à son tour à faciliter l'accès gratuit aux données géographiques avec la directive INSPIRE. On peut également citer l'exemple du Canada où, en 2007, le Ministère des Ressources Naturelles a décidé de libérer entièrement l'usage de cartes, d'images aériennes et d'images satellitales pour l'ensemble du pays.

[134] National Research Council (1997). *Rediscovering Geography : New Relevance for Science and Society*, Washington D. C., National Academy Press.Site web : <http://www.ncge.org/geography/> (consulté le 04.07.2008). Ce rapport n'est pas un document curriculaire, comme l'est le *National Geography Standards - Geography for Life* de 1994. Mais il fournit des indications et des orientations sur la manière dont la géographie peut contribuer à l'enseignement en général.

aux attentes sociales de notre temps. Il mettait l'accent sur le fossé existant entre la demande sociale vis-à-vis de la géographie, censée donner des éléments de réflexion face aux problèmes de la science et de la société, et la capacité des géographes à y répondre. Ce fossé était attribué à l'insuffisance d'éducation géographique à l'école et au manque de ressources financières et humaines pour cette discipline. On est alors dans un contexte de redécouverte de la géographie dans la société américaine. La géographie contribue à la prise de décision en fournissant un regard spécifique, des informations et des outils. Les systèmes de télédétection spatiale et les SIG apparaissent comme des outils indispensables pour manipuler les masses de données géospatiales générées par la société de l'information, qui commence à se mettre en place aux Etats-Unis. Dans ce contexte, la contribution de la géographie à l'enseignement est relié à la question : "Qu'est ce que le citoyen devra savoir demain pour vivre dans un monde caractérisé à la fois par la mondialisation et le changement rapide ?" (traduction libre, p 25). Ces changements sont à mettre en relation également avec les travaux de recherche sur les processus d'apprentissage en géographie. Les chercheurs anglo-saxons s'intéressent de plus en plus au raisonnement géographique (Gregg, 1993 ; Leat, 1999), à l'acquisition et au développement de compétences cartographiques, à la maîtrise des savoirs et savoirs-faire géographiques (*geographic literacy*). En définitive, les Etats-Unis semblent assez précurseurs dans la mise en place d'une « nouvelle géographie scolaire », fondée sur des référentiels de compétences et des outils spécifiques pour les mettre en œuvre.

Malgré cette relative avance des Etats-Unis pour implanter les SIG à l'école, les efforts d'intégration sont restés sporadiques et non coordonnés. Le rythme d'adoption par les établissements scolaires a été bien inférieur à celui des entreprises et des administrations. Dans une thèse consacrée à la place et au rôle des SIG dans l'enseignement secondaire aux Etats-Unis, Joseph Kerski a mené une étude nationale auprès de 1 520 *high schools*. (Kerski, 2000). Les écoles qui utilisaient des SIG représentaient moins de 8% des 20 000 *high schools* publiques et privées, que l'on peut trouver aux Etats-Unis. Ce chercheur a pu calculer que, parmi les enseignants disposant d'un SIG dans leur établissement, 50% à peine l'utilisaient effectivement et que, parmi ceux-ci, 20% seulement y avaient recours dans plus d'une leçon et plus d'une classe. Ce qui porte la proportion d'utilisateurs effectifs et réguliers des SIG dans l'enseignement de la géographie à moins de 1% du total ! Les recherches de J. Kerski ont montré que les enseignants trouvaient l'outil SIG trop complexe, qu'ils n'avaient pas suffisamment de

temps pour en intégrer l'usage dans le curriculum, qu'ils manquaient enfin de formation et de support technique pour aider à leur prise en main.

Selon Bednarz & Audet (1999, 2003), le manque de formation des enseignants ainsi que le manque de certitude concernant la capacité de la géomatique à améliorer l'enseignement de la géographie (et des sciences) sont deux facteurs qui expliquent en partie cette situation. Il convient aussi de rappeler que la géographie occupe une faible place dans l'enseignement du 1er du 2nd dégré, même si la discipline est enseignée séparément de l'histoire. D'une certaine façon, les observations faites par J. Kerski ne sont pas sans analogie avec la situation observée dans le système éducatif français, où l'on note une diffusion assez lente des usages SIG et un décalage semblable entre le curriculum prescrit par les programmes et le curriculum réel, tel qu'il est appliqué dans les classes. Pour J. Kerski, ainsi que pour d'autres auteurs américains ayant travaillé sur ce sujet (Bednarz, 2000 ; Baker & White, 2003), former les enseignants à travailler avec des SIG a peu de choses à voir avec l'enseignement traditionnel et nécessite des compétences de raisonnement de la part des élèves. L'auteur insiste sur le fait que les recherches doivent amener la communauté éducative à réfléchir en quoi les outils SIG peuvent conduire à une utilisation plus efficace des technologies géospatiales pour améliorer les capacités de réflexion critique des élèves.

Les expérimentations pédagogiques menées par J. Kerski ont concerné des classes de géographie du niveau K9 à K12, c'est-à-dire de la classe de seconde à la terminale si l'on compare à la France, dans trois établissements (*high schools)* du Colorado. Les expérimentations ont été conduites à partir de trois études de cas : une étude de géographie assez descriptive sur l'Afrique, continent mal connu des élèves (étude des caractères physiques, démographiques, politiques et des ressources naturelles des pays africains) ; une étude sur les risques sismiques à partir des tremblements de terre récents, en confrontant la localisation de ces points sismiques par rapport aux lignes de faille, aux grandes villes ou aux zones d'activités économiques ; enfin une étude concernant un quartier enclavé et socialement défavorisé de la ville de Denver, d'après l'article d'un géographe. Dans ce dernier cas, les élèves étaient invités à découvrir un quartier pauvre au sein d'une ville riche et à vérifier si les critères et les espaces de ségrégation repérés par l'auteur étaient valides. Chaque étude de cas a été conçue de manière à ce que la même activité soit conduite avec un groupe témoin et avec un groupe expérimental. Le groupe témoin a travaillé en utilisant les méthodes traditionnelles et le groupe expérimental a

travaillé en utilisant des techniques et méthodes SIG. Une série de pré-tests et de post-tests ont été conduits dans les deux groupes pour s'assurer qu'il n'existait pas de différence dans le niveau initial de connaissances des élèves et pour mesurer les progrès réalisés suite aux expérimentations. Deux tests portaient sur le niveau de connaissances déclaratives et procédurales des élèves, telles qu'elles étaient définies dans les différents programmes au niveau de l'Union, des états et des districts. Un troisième test visait à évaluer plus particulièrement les capacités d'analyse spatiale des élèves : il concernait une question d'aménagement assez classique dans le domaine du géomarketing, où les SIG sont utilisés comme outils d'aide à la décision : les élèves devaient choisir l'implantation d'un nouveau magasin pour une chaîne de restauration rapide, en fonction des zones d'activité et des zones d'habitat urbain, des voies de communication, du réseau déjà existant de la chaîne de restauration, de la structure par âge de la population, du revenu médian des ménages… Les élèves ont été évalués selon les compétences définies dans le programme fixé par le *National geography standards* : savoir poser des questions géographiques, savoir acquérir de l'information géographique, savoir organiser cette information, savoir l'analyser et savoir y répondre.

Bien que ces expérimentations fussent destinées à montrer que les élèves développaient des compétences d'analyse spatiale grâce aux SIG, les différences de résultats entre les deux groupes ont été assez peu significatives (entre 8,5% et 12,5% d'augmentation des performances selon les classes)[135]. L'étude de cas conduite sur l'implantation d'un restaurant a seulement permis de montrer que les élèves ayant un niveau moyen ou faible ont pu bénéficier de ce type de séance, du fait qu'elle reposait sur des savoirs-faire plus que sur des connaissances géographiques. L'absence de différences significatives dans les résultats s'explique par différents facteurs. Les élèves qui ont utilisé des cartes et des atlas étaient déjà familiers avec ces outils papier, tandis que ceux qui ont utilisé le SIG ont dû d'abord prendre le temps de s'initier à un nouvel outil. Au contraire, les groupes ayant construit leurs cartes directement sur SIG ont été ensuite plus aptes à justifier leurs choix et ont finalement produit des cartes de meilleure qualité. Selon

[135] Une autre expérimentation conduite dans des conditions différentes (avec l'appui d'un professeur formateur et dans la perspective de mesurer si l'introduction du SIG dans la géographie scolaire améliore ensuite les performances dans l'enseignement supérieur) arrive sensiblement aux mêmes résultats avec un taux d'amélioration des résultats de 17%, un taux qui est nettement en deçà de ce qu'attendaient les chercheurs : Paterson, N. W., Reeve, K., Page, D. (2003). Integrating Geographic Information Systems into the Secondary Curricula. *Journal of Geography*, 102 (6), p. 275-281.

J. Kerski, il faut donc tenir compte du fait que les élèves acquièrent au passage de nouvelles compétences. Pour la séquence consacrée aux tremblements de terre, ils ont par exemple dû extraire des données récentes sur Internet pour les intégrer à la base de données. En cas d'erreur sur la conversion des données (le logiciel Arcview ne reconnaissait que les décimales séparées par un point au lieu d'une virgule), les cartes produites risquaient d'être fausses. Mais les élèves prenaient conscience de l'importance de l'information géographique et se référaient davantage aux attributs pour conduire l'analyse. Kerski note également que les élèves sont plus attentifs à la tâche prescrite sur l'ordinateur et prêtent davantage attention à l'image à l'écran. L'auteur n'observe pas de différence significative de résultats entre garçons et filles en ce qui concerne les capacités de repérage et d'analyse spatiale, les différences provenant davantage de l'utilisation ou non d'un SIG.

Au delà des limites inhérentes à ce type d'approche comparative, qui ne peut prétendre maîtriser toutes les variables d'un groupe-test à l'autre, ni d'une expérimentation à l'autre, on peut souligner que les élèves ont développé de nouvelles compétences, en sélectionnant les données pertinentes pour leur étude et en essayant de résoudre le problème posé à partir de ces données. Mais comme le souligne Kerski, pour stimuler ces compétences, enseignants et élèves ont besoin de travailler d'une nouvelle façon, avec des méthodes d'investigation et des stratégies de résolution de problème (*inquiry-* ou *problem-based learning*). Différentes initiatives ont été lancées dans ce sens. Elles ont abouti à la production de ressources numériques directement utilisables dans la classe, sous la forme de séances d'activités pédagogiques[136]. Dans un contexte d'offre massive des éditeurs privés et de libre choix des ressources par les équipes enseignantes, des manuels de prise en main des outils SIG ont été produits et diffusés aux Etats-Unis, souvent en collaboration avec des enseignants, des géographes et des sociétés productrices d'outils ou de ressources SIG. On peut citer par exemple l'ouvrage pédagogique *Gis in the Classroom : Using Geographic Information Systems in Social Studies and Environmental Science* (Alibrandi, 2003) ou le manuel *Mapping our world : GIS lessons forEducators* (Malone, Palmer & Voigt, 2002). Ce dernier ouvrage s'efforce de mettre les SIG à la portée des enseignants et

[136] Dans un contexte assez proche de celui des Etats-Unis, le Royaume Uni a depuis longtemps cherché à mettre à disposition des exemples prêts à l'emploi, en lien avec les programmes et à partir desquels les enseignants pouvaient développer leurs propres applications Wiegand, P. (2001). Geographical Information Systems (GIS) in Education. *Research in Geographical and Environmental Education*, 10 (1), p. 68-71.

des élèves. Fondé sur des études de cas, ce livre conçu comme un didacticiel accompagné d'un CD-ROM offre des plans de leçon, des activités et des exercices d'évaluation assez accessibles et adaptées à chaque niveau du curriculum. Malgré un effort louable pour développer la démarche d'investigation en géographie (*geographic inquiry*), ce type de manuel « clé en main » s'en tient à des exercices assez classiques de localisation ou de traitement statistique, que l'on pourrait réaliser avec des logiciels de cartographie beaucoup plus simples. L'usage des SIG semble y être réduit à une approche assez conventionnelle (découverte de lieux et distinction entre les éléments physiques et humains), en tout cas éloignée du potentiel des SIG sur le plan de la modélisation, de la simulation ou de l'analyse systémique. Comme le souligne le rapport conduit par des experts américains, *Learning to think spatially* (2005), il n'existe pas vraiment de matériel curriculaire qui soit facile à prendre en main et adapté à chaque âge et à chaque niveau d'expériences des élèves, qui soit suffisamment flexible en fonction des niveaux d'analyse que l'on souhaite pouvoir conduire.

En dépit des efforts pour mettre les SIG au service d'une géographie utile, citoyenne, applicable, et malgré une volonté réelle d'améliorer les connaissances géographiques et les compétences cartographiques des élèves américains, il semble que les résultats soient demeurées somme toute assez modestes. Comme en témoignent plusieurs auteurs (Bednarz & Petersen, 1994 ; Costa, 2007), l'état de l'alphabétisation géographique (*geographic literacy*) reste globalement assez faible aux Etats-Unis[137]. Mais cette faible culture géographique des élèves américains doit être nuancée. D'une part, il faut se défier des résultats de certains sondages qui classent par exemple les jeunes Américains avant-derniers au niveau international, du fait qu'ils ne parviennent pas à localiser des pays ou des villes dans le monde[138]. Ce type d'enquête ne permet pas d'inférer les compétences réelles des élèves en terme de savoirs et de savoirs-faire géographiques, qui débordent très largement la seule mémorisation de lieux. D'autre part, il nous semble que l'on ne doit pas s'en tenir à évaluer uniquement les compétences de raisonnement spatial des élèves : il ne

[137] Alors qu'un cri d'alarme avait été lancé dans la société américaine face au manque de connaissances géographiques, la géographie est la seule discipline universitaire reconnue dans la loi "*No Child Left Behind* " de 2000, qui n'a pas fait l'objet d'une dotation en fonds fédéraux.

[138] Malgré la grande quantité d'informations sur le Moyen Orient dans les *mass media* aux Etats-Unis, 63% des Américains entre 18 et 24 ans ne parviennent pas à placer l'Irak ou l'Arabie saoudite sur une carte ; 75% ne savent pas localiser l'Iran ni Israël. Source : National Geographic Education Foundation (2006). *Geographic Literary Study. Final Report National Geographic*, Washington, Roper Public Affairs.

suffit pas de leur faire rapprocher les zones sismiques des lieux de richesse ou de pauvreté à l'échelle mondiale, pour évaluer l'exposition et la vulnérabilité des sociétés face aux risques. Selon nous, il faut aller plus loin en évaluant la nature du raisonnement géographique à plusieurs échelles, en se concentrant sur la manière dont les élèves s'approprient les concepts par l'analyse spatiale et le traitement des données. En outre, l'usage d'un SIG ne doit pas être le moyen uniquement de visualiser des phénomènes géographiques. Il faut aussi conduire les élèves à produire leurs propres cartes, à acquérir les données, mais aussi à les traiter, à les synthétiser et à communiquer le résultat de leur travail en élaborant une carte qui peut constituer une forme de réponse à la question posée. Comme le montre B. Coulter (Coulter, 2003), la production d'artefacts sur l'ordinateur, en particulier la production de cartes numériques, est un bon moyen de vérifier si les élèves maîtrisent les contenus et les méthodes que l'on souhaite développer avec les outils géomatiques.

Il convient de noter la difficulté d'établir des comparaisons entre la situation en France et aux Etats-Unis, tant les systèmes éducatifs, les programmes et les méthodes d'enseignement y sont différents. Mais comme l'a bien montré A. Chaptal (2003), dans des contextes et des systèmes éducatifs très différents, les résultats peuvent en partie aboutir à la même situation : au delà des différences culturelles, les enseignants ont la plupart du temps recours à des technologies compatibles avec leurs pratiques antérieures[139]. En France comme aux Etats-Unis, les choses bougent, certes de manière modeste mais réelle, et des progrès incrémentaux s'opèrent. Ils vont dans le sens non d'un bouleversement, mais d'un simple enrichissement des pratiques existantes. C'est une observation qui n'est pas propre à l'usage des outils géomatiques, mais qui s'applique à l'usage des TIC en général, où la résistance au changement demeure assez forte (Cuban, 1986 ; Cuban, 2001). La sociologie des usages a également bien mis en évidence les phénomènes d'hybridation, qui nécessitent une « double composition : une composition avec l'outil technique qu'il s'agit d'apprivoiser et une composition avec les pratiques antérieures ». (Jouët, 2000). On notera cependant que les études conduites aux Etats-Unis dans le domaine de la géomatique et de l'enseignement de la géographie datent déjà d'une dizaine d'années et que, depuis lors, des évolutions sensibles ont pu se produire. L'irruption des globes virtuels et leur utilisation de plus en plus massive dans les

[139] Chaptal, A. (2003). *L'efficacité des technologies éducatives dans l'enseignement scolaire : analyse critique des approches française et américaine*. Coll. Savoir et formation, Paris, L'Harmattan.

établissements américains (mais aussi dans la plupart des pays) semblent avoir changé la donne. Les recherches commencent à peine à s'intéresser à ces nouveaux environnements virtuels, dont le potentiel pédagogique est pourtant souvent présenté comme évident (Lindner-Fally, 2007).

10.2 Comparaison avec quelques pays européens

Il est impossible, et sans doute assez vain, de vouloir faire un tour d'horizon complet de l'usage des outils géomatiques dans les différents pays européens. Tout au plus souhaiterions-nous donner quelques éléments à titre comparatif pour décentrer le regard par rapport à la situation française. Il faut d'abord constater que dans la majorité des pays européens, l'enseignement de la géographie est très liée à l'enseignement des sciences de la Terre. A cet égard, l'enseignement conjoint de l'histoire et de la géographie apparaît plutôt comme une exception française, liée au fait que notre modèle de citoyenneté est très fortement ancré à un territoire et à une identité nationale. L'enseignement couplée de l'histoire et de la géographie s'est construit en France sur la base du modèle républicain, où l'étude de « l'histoire-géographie » était un moyen de s'approprier l'identité citoyenne[140]. Les autres états européens, qui n'ont pas connu ce projet politique, accordent plus d'autonomie à l'enseignement de la géographie. Mais la conséquence est souvent d'ancrer la géographie dans une tradition naturaliste, comme le montre par exemple le recours fréquent à la démarche expérimentale. Cependant on observe aujourd'hui un double mouvement, qui n'est pas forcément contradictoire :

- **l'attraction de la géographie enseignée du côté des sciences humaines et sociales**, y compris dans des pays où la géographie physique jouit encore d'une solide tradition ;
- **l'émergence des « géosciences »** qui ont tendance aujourd'hui à rapprocher toutes les disciplines ayant à gérer de l'information spatiale, qu'il s'agisse de la géographie, de la géologie, de la géophysique, etc.

[140] Dans le projet de réforme du lycée qui fait débat aujourd'hui, il est question de découpler l'histoire de la géographie, ce qui n'est pas sans susciter des réactions et des controverses parmi les enseignants et les formateurs attachés à un enseignement conjoint de ces deux disciplines. Associé à l'éducation civique, l'enseignement de l'histoire-géographie fait figure d'une polydiscipline, qui a parfois du mal à affirmer ses spécificités en dehors de finalités proprement citoyennes.

L'approche convergente des géosciences est intéressante dans la mesure où elle permet de traiter des données dans le cadre de thématiques partagées (enjeux sur l'eau, les risques, l'environnement, le développement durable, …). Pour traiter ces thèmes, les géosciences mobilisent des masses d'informations géographiques. Elles partagent aussi certaines méthodes de traitement de données et d'analyse spatiale. Elles entretiennent un rapport spécifique à l'espace et au temps ; elles reposent souvent sur des démarches d'investigation et de résolution de problème ; elles utilisent la carte comme outil de représentation et de modélisation du réel. Pour autant, les différentes disciplines qui composent les géosciences n'ont pas toujours le même regard ni le même rapport à l'espace, au temps, à la carte et au terrain[141].

Plusieurs études récentes (Gerber, 2001 ; Steenstra, 2003 ; Donert, 2005a ; Lidstone & Williams, 2006) ont tenté d'esquisser une approche comparative de l'enseignement de la géographie au niveau international, en intégrant les changements de perspective introduits par l'usage des TIC et des SIG. Il est difficile cependant d'établir des comparaisons, tant l'organisation des systèmes éducatifs, les contenus des programmes scolaires, la place et le degré d'intégration des TIC peuvent différer d'un pays à l'autre. Selon Gerber (2001) qui a étudié la place de la géographie dans 32 pays, il y a des différences considérables dans l'enseignement de la géographie. En général, elle est enseignée comme une discipline à part entière dans l'enseignement secondaire, mais elle tient une faible place à l'université. Bien que les SIG soient des outils transversaux, ils sont souvent considérés comme des outils réservés aux géographes. Si l'on compare d'un pays à l'autre, le degré d'intégration de l'outil géomatique est assez différent. Seules la Belgique et la Suède intègrent les SIG dans le curriculum secondaire. En France, en Lituanie et en Italie, ils apparaissent indirectement. En Grèce et en Hongrie, ils sont absents. L'absence complète d'enseignement de la géographie dans certains pays rend l'introduction des SIG encore plus problématique, mais ils sont alors souvent utilisés de manière transversale. Certains pays, tels le Royaume Uni, le Danemark, les Pays-Bas ou la Finlande ont au contraire encouragé l'implantation des SIG au niveau de l'enseignement secondaire. Il est intéressant de noter que ce sont des pays qui ont depuis longtemps intégré des référentiels

[141] Dans une acception étroite, les géosciences se limitent aux sciences de la Terre (géologie, géomorphologie, climatologie, hydrologie, etc.). Plus largement, les géosciences sont à l'interface des sciences géographiques et des problématiques environnementales ; elles prennent donc en compte l'approche humaine et sociale.

de compétences dans leurs curricula[142]. En France et en Allemagne, où il n'y a pas eu de choix aussi clairs en faveur d'un enseignement par thèmes et par compétences, l'intégration des SIG est restée beaucoup plus limitée.

D'autres facteurs peuvent également expliquer les différences dans le degré d'intégration des outils géomatiques au niveau européen. J. van der Schee met en avant le choix déterminant, pour certains pays, de mettre à disposition les données géographiques pour un usage éducatif (Van der Schee, 2007). Aux Pays-Bas par exemple, un portail de ressources SIG pour l'éducation a été ouvert en 2003. Ce géoportail éducatif, appelé Edugis[143], a été financé par le Ministère de l'Education hollandais. Par certains aspects, l'expérience ressemble au projet Edugéo mis en place en 2008 en France par le Ministère de l'Education Nationale. Cependant l'accès n'est pas payant, en tout cas l'opération a été financée pour une période de cinq ans (jusqu'en 2008) : les formateurs, les enseignants et les élèves peuvent accéder gratuitement au site Edugis sur Internet pour consulter tous les types de cartes des Pays-Bas et pour accéder à des activités pédagogiques utilisant des SIG ou des globes virtuels. Une enquête conduite en 2007 à partir des enseignants utilisant Edugis montrait que 40% d'entre eux utilisaient Google Earth dans leurs classes et que les deux tiers souhaitaient l'utiliser l'année suivante. Plus de la moitié se déclaraient favorables à l'introduction des SIG dans les épreuves d'examen. Cependant 75% des répondants à cette enquête déclaraient rencontrer des difficultés à introduire les SIG en classe, du fait du manque de temps, du manque de formation et de la non-disponibilité des données à l'échelle mondiale (Van der Schee, 2007).

L'un des pays européens les plus en avance du point de vue de l'intégration de la géomatique est certainement la Finlande, où la formation aux TIC fait partie du socle (*national curriculum core*). Dans ce pays, l'usage des SIG est présent dans tous les programmes de lycée (*upper secondary school*), en lien avec le cours optionnel de spécialisation portant sur des "études régionales". Cet enseignement comprend une formation aux fonctions de base des SIG et des exemples d'applications à différentes

[142] Il faut cependant nuancer la réalité de l'implantation des SIG dans ces pays. Au Royaume Uni, par exemple, une étude de l'*Ordnance Survey* conduite en 2004, montre que la majorité des répondants (issus de 250 écoles) se déclarent convaincus de l'utilité des SIG pour enseigner la géographie, mais qu'à peine 7% les utilisent effectivement. Source : Lawrence, V. (2004). Mapping out the future. *Teaching Geography*, 29 (10), p. 116-119.

[143] Le géoportail éducatif Edugis est disponible à l'adresse : <http://www.edugis.nl> (consulté le 03.09.2008).

échelles (Houtsonen, 2003). Des propositions ont été avancées (Figure 16), afin de définir les compétences que tous les élèves devraient acquérir progressivement dans l'enseignement secondaire finlandais :

Figure 16 : Référentiel de compétences SIG (Houtsonen, 2006). Source : Research and Training Section of the Finnish GIS Advisory Board (2005)

1- Niveau basique

- être capable d'évaluer de manière critique des présentations cartographiques dans les médias ;
- être familiarisé avec les concepts de base et savoir ce que signifie SIG ;
- être capable de décrire, avec des exemples concrets, quelques domaines d'application des SIG dans la société ;
- être capable d'avoir un usage (critique) d'applications SIG grand public et de savoir ce qu'il y a derrière ;
- être capable d'interpréter des visualisations de cartes numériques et de synthétiser quel gain en ressort ;
- comprendre la nature des données SIG associant un ensemble de coordonnées et d'attributs ;
- comprendre que les données SIG enregistrées pour des lieux particuliers permettent de combiner des matériaux de différentes sources ;
- comprendre que les données attributaires d'un point sur la carte permettent des analyses et des visualisations diverses.

2- Niveau basique-avancé

- comprendre les principes d'acquisition de données et de cartes et les différencier ;
- être familier avec le concept de métadonnées qui servent à décrire les données et leurs sources ;
- savoir utiliser des SIG mobiles et comprendre les principes qui sont derrière ;
- être familiarisé avec les différentes méthodes pour visualiser des données SIG ;
- être familiarisé avec les différentes méthodes pour analyser des données SIG et les domaines dans lesquelles elles peuvent être utilisées ;
- différencier des bases de données acquises à différentes échelles et comprendre l'importance de la généralisation.

3- Niveau avancé

- être capable de visualiser des données SIG en pratique ;
- être capable de sélectionner les données pertinentes pour un sujet donné, de comprendre leur langage de description, leur échelle, leurs attributs, leurs coordonnées ;
- être capable de faire un usage simple des analyses et des requêtes SIG ;
- connaître un peu l'histoire des SIG et leurs tendances actuelles ;
- repérer et imaginer les nouvelles applications SIG ;
- être capable de maintenir et de développer constamment ses compétences SIG ;

(traduction libre)

Sans aller aussi loin dans le souci de graduer les compétences, certains pays européens comme la France commencent également à mettre en place des référentiels de compétences dans le domaine des enseignements disciplinaires et dans celui des technologies de l'information et de la communication. Le B2i fait désormais partie du socle de compétences pour le premier et le second degré[144]. Cependant l'acquisition de compétences informatiques n'est pas liée directement à l'usage d'outils disciplinaires. On ne voit pas, en France, de réflexion aussi avancée sur l'articulation entre compétences informatiques et compétences cartographiques au sein de la discipline géographique.

L'enseignement de la géographie n'est pas la seule entrée possible pour développer des compétences en matière de SIG. Au niveau européen, il existe différentes tentatives pour promouvoir des formes de raisonnement et de résolution de problèmes spatiaux, d'un point de vue interdisciplinaire. Plusieurs expérimentations ont été conduites dans ce sens. Le projet GISAS (*Geographical Information Systems Applications for Schools*), subventionné par la Commission européenne, a concerné 10 établissements de 2003 à 2006 (Johansson, 2006a). Le projet GISAS portait sur la qualité de l'eau des rivières à proximité des établissements dans les différents pays. Le thème de l'eau pouvait être étudié en biologie, en géographie et en éducation au développement durable. Les résultats collectés ont été visualisés sur des cartes et confrontés à d'autres informations concernant l'occupation du sol, l'habitat, les infrastructures... Conformément à la démarche d'investigation, les élèves ont été conduits à se poser des questions et à chercher des réponses à travers les fonctions interactives du SIG. Ils ont été capables de trouver des liens entre la qualité de l'eau et les facteurs de pollution des espaces environnants. Ils ont également partagé et visualisé leurs bases de données avec d'autres partenaires en utilisant une application SIG sur le web[145]. Les données récoltées par les élèves eux-mêmes sur plusieurs années ont permis de construire des séries et d'étudier le changement de qualité

[144] "La culture numérique implique l'usage sûr et critique des techniques de la société de l'information. […] Ces techniques font souvent l'objet d'un apprentissage empirique hors de l'école. Il appartient néanmoins à celle-ci de faire acquérir à chaque élève un ensemble de compétences lui permettant de les utiliser de façon réfléchie et plus efficace.[…] La maîtrise des TIC est développée en termes de capacités dans les textes réglementaires définissant le B2i : s'approprier un environnement informatique de travail ; créer, produire, traiter, exploiter des données ; s'informer, se documenter ; communiquer, échanger." Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2006). *Socle commun de connaissances et de compétences*, n°29, 20 juillet 2006.

[145] Le projet GISAS est disponible sur le site du *National Board of Education* finlandais : <http://www.edu.fi/english/pageLast.asp?path=500,5372,30670,54020,54056> (consulté le 05.03.2008).

de l'eau dans le temps. L'ensemble des informations recueillies a débouché sur un atlas européen de l'eau. La formation des enseignants était également prévue dans le projet.

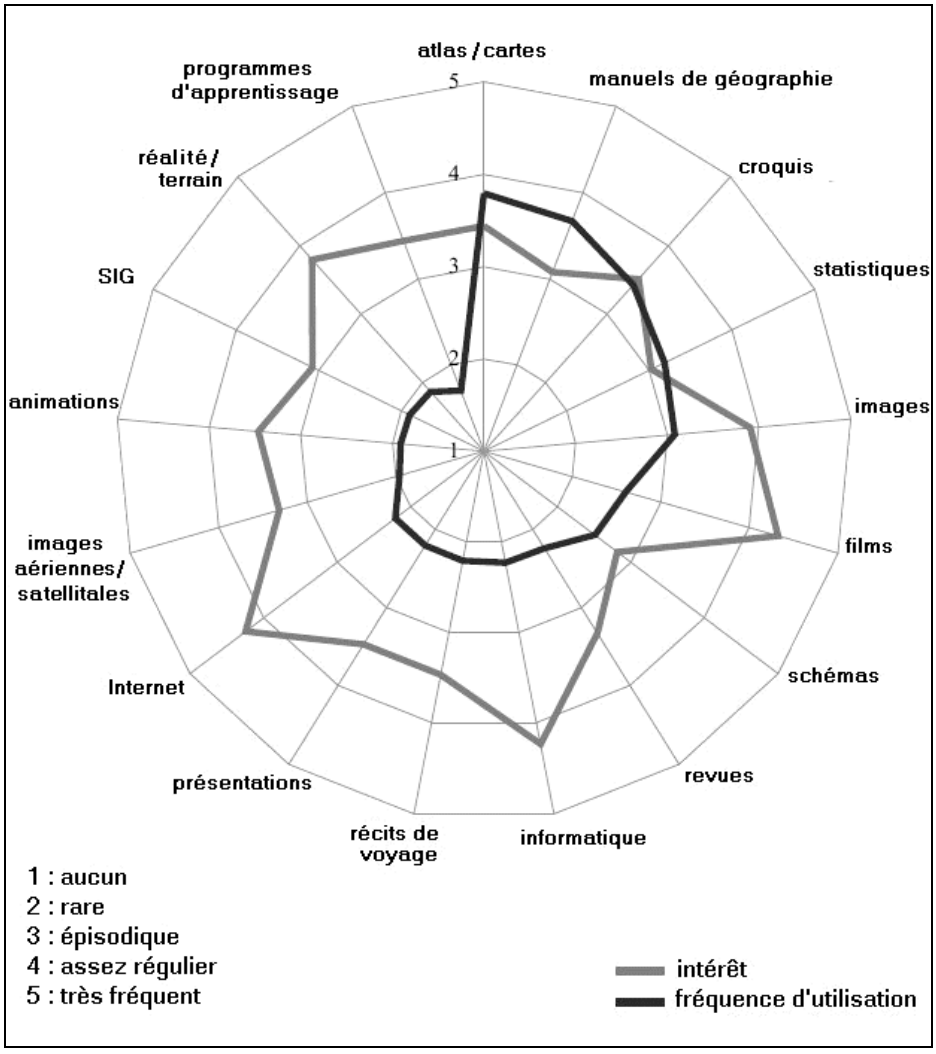
D'autres projets existent au niveau européen, en lien avec le réseau Herodot[146]. Ce réseau thématique concerne la géographie dans l'enseignement supérieur, mais s'intéresse également à l'enseignement secondaire. Ce réseau de recherche élabore des rapports sur l'enseignement de la géographie, et notamment sur l'impact des outils géomatiques. En 2005 a été publié un important ouvrage : *Changing Horizons in Geography Education* (Donert, 2005b), qui donne des perspectives intéressantes sur les évolutions possibles de la géographie en lien avec ces nouveaux outils. Des ateliers pour observer les pratiques géomatiques et pour confronter les différentes approches au niveau européen sont organisés en partenariat avec les conférences AGIT. Ces rencontres régulières donnent lieu à la publication d'actes, où sont développées un ensemble de réflexions sur l'usage éducatif des environnements SIG et leur impact dans le domaine de l'enseignement-apprentissage (Jekel, Koller & Donert, 2008).

Plusieurs contributions de chercheurs témoignent des efforts au niveau européen pour conduire une réflexion globale sur les compétences à acquérir concernant la maîtrise de l'information géographique. Pour certains auteurs (Volz, Viehrig & Siegmund, 2008), il convient de développer une conceptualisation des outils SIG auprès des enseignants. D'autres auteurs (Schubert & Uphues, 2008) insistent sur la nécessité de veiller à une progressivité des apprentissages à chaque étape du curriculum, et cela dès le début de l'enseignement secondaire. D'aucuns également (Klein, 2007 ; Schubert & Uphues, 2008) mettent l'accent sur les compétences fondamentales en matière de géo-culture numérique et de maîtrise de la géo-information. Dans une thèse récente, Ulrike Klein s'intéresse aux *géomedia* utilisés dans le cours de géographie en Allemagne (Klein, 2007). Elle inclut sous ce terme l'ensemble des ressources traditionnelles ou numériques (atlas, cartes, SIG, revues ou manuels de géographie, images aériennes et satellitales…), destinées à la visualisation d'informations géographiques et à l'acquisition de compétences spatiales. L'auteur, qui a conduit une étude auprès de 760 élèves et enseignants du Schleswig-Holstein, montre en particulier l'écart important que l'on peut observer entre l'intérêt manifeste pour ces ressources géospatiales et la fréquence réelle de leur usage. Ce fossé est assez manifeste dans le domaine des technologies de l'information et de la communication,

[146] Le réseau Herodot est disponible sur : <http://www.herodot.net/> (consulté le 13.04.2008)

en particulier pour les SIG. Beaucoup moins prisés qu'Internet et à peine moins que les images aériennes ou satellitales, les SIG connaissent un usage assez rare dans le cours de géographie : plus de 80% des enseignants interrogés n'ont jamais utilisé un SIG dans leur classe (70% en ce qui concerne Google Earth). A peine 6% ont utilisé ces outils géomatiques de manière épisodique ou régulière. Ces résultats sont assez comparables à ceux de l'enquête que nous avons pu conduire en France (cf enquête INRP, 2007). Surtout ils témoignent d'un décalage manifeste entre la motivation intrinsèque des enseignants pour ces outils (Figure 17) et leur capacité réelle à les mettre en œuvre dans le quotidien de leur classe :

Figure 17 : Décalage entre l'intérêt et la fréquence d'utilisation de ressources *géomedia* (Klein, 2005, p 196)



Au terme de ce rapide tour d'horizon, un constat s'impose : la problématique de l'intégration de la géomatique dans l'enseignement secondaire se pose dans des termes finalement assez proches à l'intérieur des pays européens et de part et d'autre de

l'Atlantique (Bednarz & Van der Shee, 2006). Si un grand nombre d'enseignants sont susceptibles d'utiliser des techniques géomatiques pour l'enseignement de la géographie, de l'histoire, des sciences de la vie et de la terre ou de l'environnement, une toute petite minorité les utilise effectivement, même les plus simples d'entre elles. On peut se rassurer, cette situation n'est pas caractéristique de la France. On retrouve ce constat dans des états ayant des systèmes éducatifs très différents aux Etats-Unis et en Europe.
Les raisons de ces difficultés sont multiples et leur imbrication complexe. L'introduction de la géomatique à l'école fait jouer de nombreux ressorts tant pédagogiques que psychologiques, sociaux, institutionnels ou techniques. La mise en œuvre des outils géomatiques suppose en effet dans une large mesure une modification des méthodes pédagogiques des enseignants, une évolution des savoirs enseignés et une transformation de la relation pédagogique enseignant-apprenant. A cette difficulté culturelle viennent s'ajouter des difficultés techniques liées aux conditions matérielles dans lesquelles les outils sont mis en œuvre dans les établissements français, qui réservent leur usage devant les élèves aux enseignants disposant de bonnes ou de très bonnes compétences informatiques.

11. Le débat sur l'intérêt des outils géomatiques

11.1 Par rapport aux finalités des TIC à l'école

En France, les compétences dans le domaine de l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont inscrites dans les textes officiels et évaluées à différents niveaux de l'enseignement : le Brevet Informatique et Internet (B2i) dans l'enseignement primaire et secondaire ; le Certificat Informatique et Internet (C2i) dans l'enseignement supérieur et la formation professionnelle des enseignants. Ces deux certifications B2i et C2i visent à attester des compétences transversales, en particulier dans le domaine de la recherche et du traitement de l'information, dans le domaine de la communication, dans le domaine des règles juridiques et éthiques liées à l'usage de l'informatique et d'Internet. L'une des particularités des TIC dans le système éducatif français tient au fait qu'elles ne font pas l'objet d'une formation spécifique et qu'elles sont intégrées aux disciplines. Cela explique pourquoi le B2i et le C2i n'incluent pas d'items

qui concerneraient spécifiquement les compétences liées à l'utilisation des outils dans tel ou tel contexte disciplinaire. Le B2i et le C2i sont conçus délibérément comme des référentiels de compétences transversales. Malgré leur caractère obligatoire, le B2i et le C2i peinent relativement à se mettre en place dans les établissements scolaires et les instituts de formation des maîtres : difficultés spécifiques liées aux outils, demande de formalisation et de rationalisation plus importante, problème d'entrée par les compétences, déni de la complexité de la formation, risque d'instrumentalisation des disciplines, confusion entre compétences et performances ? Tous ces facteurs et d'autres éléments d'explication interviennent sans doute dans le retard pris par la diffusion des TIC à l'école, qui contraste avec les discours incitatifs et les injonctions institutionnelles à intégrer les technologies numériques dans les dispositifs d'apprentissage.

S'agissant des outils géomatiques, il est intéressant de noter que leur utilisation peut venir valider plusieurs compétences fondamentales assignées à l'usage des TIC. Ils permettent de réfléchir à la source et à la validité de l'information, d'initier au traitement d'informations numériques (sous forme d'informations textuelles, iconographiques ou statistiques), de poser les problèmes de droit d'utilisation et de respect des règles de propriété intellectuelle des données utilisées. L'acquisition, le traitement et la communication de l'information géographique est en effet au cœur de la société de l'information. Les SIG permettent d'accompagner et de soutenir chacune des activités cognitives développées par l'usage des TIC : le stockage d'informations de masse, le traitement d'informations complexes, la représentation et la visualisation d'informations, le processus de production et de création (Bétrancourt, 2007). L'usage des SIG renvoie donc d'emblée à la maîtrise de l'information au sens large (*information literacy*). Le développement d'une nouvelle culture de l'information géographique suppose que l'école initie l'élève et le futur citoyen aux usages de cette information. Mais les textes officiels semblent insister plus sur l'usage social des TIC que sur leur intérêt pour l'apprentissage.

Ce débat concernant les usages éducatifs de la géomatique a été abordé il y a près de vingt ans par Goodchild et Kemp (1990) et repris par d'autres auteurs (Goodchild & Kemp, 1990 ; Sui, 1995 ; Bednarz & Van der Shee, 2006 ; Johansson, 2006b). Goodchild et Kemp avançaient que les SIG devaient être introduits à l'école pour quatre raisons fondamentales : d'abord parce que la technique devenait plus répandue, puis parce que les SIG étaient des outils valables pour analyser l'environnement et résoudre des problèmes, ensuite qu'ils augmentaient l'intérêt des élèves pour la géographie comme pour d'autres

sujets, enfin qu'ils les aideraient pour des carrières scientifique ou technique. Sui (1995) établit que dans le domaine de l'enseignement, le débat reposait sur l'opposition formation (à l'outil) et éducation (à la géographie). Nous pouvons le résumer dans la formule suivante : *faut-il enseigner (avec) la géomatique* ? Il semble que les réponses puissent diverger en fonction des types de légitimation que l'on souhaite accorder à l'outil informatique. Pour qu'un outil puisse être utilisé à l'école, qu'il s'agisse d'un SIG ou d'un globe virtuel, il faut qu'il soit considéré comme légitime. Il existe plusieurs modes de légitimation de l'outil. Nous en avons dénombré quatre principaux (Joliveau & Genevois, 2008) :

- **Le premier mode de légitimation est social**. Dès lors qu'il est utilisé dans la société, il faut que les élèves soient initiés à un usage réfléchi et raisonnable d'un outil. C'est ce qui s'est passé avec l'Internet et ce qui va se passer avec les globes virtuels ou les GPS. Dans ce cas cependant, il faut établir une rupture entre l'usage quotidien et son usage à l'école, en développant des usages spécifiquement scolaires des outils, en fonction des finalités d'enseignement-apprentissage. Connexe à cette légitimation, est le registre de la citoyenneté. Si la participation à la vie publique nécessite de disposer de certains outils, c'est à l'école de prendre en charge la formation à ces outils. C'est donc la question de la citoyenneté géographique qui est posée. Dans ce contexte, l'introduction de la géomatique professionnelle peut être perçue comme un enjeu démocratique pour de futurs citoyens qui auront à comprendre des cartes réalisées par informatique. Cette légitimité s'affaiblit, si l'on pense que la consultation des cartes se fera par l'intermédiaire des interfaces simplifiées que sont les globes virtuels (sans réel traitement de l'information). En revanche, la diffusion des outils de la géomatique personnelle à l'école doit s'accompagner de modes d'usage spécifiques et d'une dimension critique.

- **Le deuxième mode de légitimation est professionnel.** L'outil doit être un outil réellement utilisé par des hommes de métier. C'est ce que certains acteurs avaient en tête dans les années 1990 quand ils défendaient l'usage dans les classes des logiciels SIG commerciaux (Arcview, Mapinfo, Géoconcept, ...), nonobstant leur caractère un

peu difficile d'accès[147]. L'acquisition de savoirs et de méthodes dans une discipline donnée s'effectue souvent en référence à un métier et à des pratiques professionnelles. La géomatique constitue aujourd'hui un débouché professionnel pour des étudiants en géographie. Cette légitimation semble fragile car il n'est pas question de former des géomaticiens dans l'enseignement secondaire. Cependant, cette forme de légitimation reste forte au niveau des concepts.

- **Le troisième mode de légitimation est pédagogique**. L'outil ne doit pas être une fin, mais un moyen. Il ne doit pas être un détour pour l'apprentissage des notions du cours. Il doit apporter une réelle plus-value pédagogique sur la façon d'enseigner et d'apprendre la géographie. Dans ce sens, il doit y avoir une intégration pédagogique et didactique de l'outil dans l'enseignement de la discipline scolaire.

- **Le quatrième facteur de légitimation est technique**. Il faut qu'élèves et enseignants parviennent à une maîtrise technique de l'outil. En France, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) font partie désormais du "socle" commun de connaissances à l'école. Avec le Brevet Informatique et Internet (B2i) et le Certificat Informatique et Internet (C2i), élèves et enseignants sont censés maîtriser ces nouvelles technologies, en avoir un usage critique et raisonné. La maîtrise technique est donc envisagée au delà de la simple maîtrise des fonctionnalités et suppose de comprendre les concepts qu'il y a derrière l'outil.

Ces modes de légitimation sont contradictoires. Un outil professionnel n'est pas nécessairement pédagogique. L'école n'a pas vocation à employer tous les outils utilisés quotidiennement, mais elle ne peut pas non plus les ignorer par principe. L'usage critique de l'outil géomatique est difficilement concevable sans une prise en main préalable, et donc une formation technique. Pour sortir de ces contradictions, nous pensons qu'il convient d'adopter une voie moyenne entre une approche seulement technique ou seulement pédagogique.

[147] Le développement et la diffusion de SIG *open source* a tendance aujourd'hui a modifié ce point de vue, mais ces derniers ne sont pas tous d'un accès et d'un maniement simple non plus.

La majorité des enseignants comprend que la manipulation de logiciels SIG et de ressources géo-localisées en géographie scolaire, n'a pas pour objectif de former des cartographes professionnels, mais de servir à l'acquisition de notions de géographie. Il convient donc de ne pas en rester à une approche technocentrée de la géomatique[148]. Pour surmonter cette difficulté, les pratiques disciplinaires doivent s'articuler à des compétences transversales, validées par le Brevet Informatique et Internet (B2i) : construction d'une culture numérique, maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication, compréhension des enjeux autour de l'information géographique. Nous définissons dans cette perspective trois objectifs pour l'intégration des outils géomatiques :

- **mieux définir les enjeux des situations d'apprentissage instrumentées** (l'outil n'est pas neutre en soi), ce qui n'empêche pas de conduire conjointement une réflexion de fond, centrée sur la discipline et ses objectifs. L'utilisation des TICE suppose à la fois une maîtrise des outils et une compréhension des enjeux et des objectifs d'enseignement, ce qui a souvent tendance à complexifier au début la situation didactique ;

- **ne pas faire porter aux TICE en soi un potentiel innovant**, sans pour autant abandonner toute idée de faire évoluer les pratiques pédagogiques à travers ces outils. Avec les TICE, on n'enseigne pas mieux, mais simplement autrement. D'où la difficulté à garder une approche moyenne entre discours technophile et discours technophobe ;

- **faire découvrir le potentiel pédagogique des SIG** : même si les TICE demeurent encore largement le domaine de l'autodidaxie (69 % des enseignants d'histoire-géographie et de sciences de la vie et de la Terre se sont auto-formés aux TIC, selon l'enquête de la DEPP de 2002), il convient de proposer des formations davantage

[148] Certains auteurs ont attiré l'attention sur l'attention excessive portée à la maîtrise technique de l'outil qui empêcherait d'apprendre la géographie et ses principes théoriques, tandis que d'autres chercheurs argumentent que l'usage éducatif des SIG accroît les compétences de raisonnement spatial des apprenants. Meyer, J. W.*et alii* (1999). GIS in the K-12 curriculum : a cautionary note. *Professional Geographer*, 51 (4), p. 571-578, Biebrach, T. (2007). *What impact has GIS had on geographical education in secondary schools ?* , <http://www.geography.org.uk/download/GA_PRSSBiebrach.doc> (consulté le 13 avril 2008).

orientées vers la réflexion didactique, sans pour autant négliger la maîtrise technique que nécessite l'usage des SIG : on insiste sur la nécessité de ne pas se laisser envahir par l'outil, mais n'est-ce pas justement le cas lorsqu'on ne le domine pas et qu'on en méconnaît les potentialités pédagogiques ?

11.2 Par rapport aux modes d'apprentissage

Nous faisons ici l'hypothèse que l'usage des TIC, et des outils géomatiques en particulier, peut avoir un impact sur les modes d'apprentissage, et qu'en retour ces derniers peuvent favoriser l'intégration des TIC. Cela suppose d'examiner les liens que l'on peut et que l'on souhaite établir entre les modèles d'apprentissage et les TIC - en ce qui nous concerne, les outils géomatiques. Dans la géographie traditionnelle, on peut dire de manière synthétique que c'est l'enseignant qui construit le monde pour les élèves. Dans la géographie moderne, ce sont les élèves qui explorent le monde de manière indépendante, discutent de leurs découvertes avec les enseignants et leurs pairs et se construisent une connaissance du monde. Les nouvelles technologies favorisent un changement dans les méthodes d'enseignement-apprentissage en passant d'approches behavioristes à des approches socio-constructivistes[149]. Ce changement de paradigme épistémologique demande aux enseignants de développer une compréhension plus large et plus approfondie de leur matière et de mettre en oeuvre de nouvelles stratégies pédagogiques. L'usage des SIG se prête volontiers à un mode d'apprentissage par exploration même si, dans certains cas, il peut aussi obéir à un apprentissage par instruction :

> « *L'apprentissage par instruction est caractérisé par le fait qu'un tuteur ou expert a pour fonction de transmettre à des novices des connaissances qu'ils n'avaient pas au préalable. Dans l'apprentissage par exploration le sujet élabore lui-même son objectif, à partir d'un objectif plus large défini par un tuteur. L'élaboration d'un plan d'action s'avère ici absolument nécessaire dans la mesure où seule une décomposition en sous-buts permet de réaliser l'objectif* » (Tricot, Pierre-Demarcy & El Boussarghini, 1998).

[149] Le behaviorisme se fonde principalement sur l'observation des comportements acquis par conditionnement et sur des démarches par instruction. Le constructivisme insiste au contraire sur le rôle actif et structurant du sujet et de ses schèmes conceptuels dans la constitution du savoir et de la réalité. Il privilégie davantage des démarches d'exploration. Le socio-constructivisme est également centré sur l'apprenant, mais privilégie les interactions entre pairs, notamment en situation de résolution de problème.

L'usage des TIC vient réintérroger les théories de l'apprentissage (béhaviorisme, cognitivisme, constructivisme), sans être en mesure de trancher sur la légitimité de recourir à un modèle plutôt qu'à un autre. Tout dépend des contextes (système éducatif, environnement scolaire, paradigme disciplinaire), mais aussi des choix qui sont liés au « style pédagogique » de l'enseignant, aux besoins de chaque élève, aux attentes des parents. L'intégration des SIG dans les démarches d'apprentissage est souvent envisagée sous l'angle des théories cognitivistes, qui privilégient le traitement de l'information dans l'apprentissage[150]. Certains auteurs (Bednarz & Bednarz, 1995 ; Hill & Solem, 1999) se sont employés à montrer aussi la proximité de démarches SIG avec le mode d'apprentissage constructiviste, du fait que l'utilisateur explore lui-même les données et se construit ses propres représentations spatiales à partir du système[151]. Nous avons pu voir cependant les difficultés à adopter une approche constructiviste dans l'enseignement de la géographie : l'insuccès de la cartographie chorématique et de son modèle d'apprentissage constructiviste est en partie liée à cette incompatibilité avec une géographie encore largement enseignée sur un mode transmissif (cf chapitre 4.2, p 67). L'étude de cas, qui pourrait donner lieu à la construction active de connaissances par l'apprenant en lien avec son environnement, fait également l'objet d'un détournement du modèle constructiviste (Hugonie, 2004). De fait, ces exemples laissent penser qu'à trop vouloir utiliser *a priori* des démarches constructivistes, on risque d'avance d'échouer. Comme en témoigne l'état

[150] Le cognitivisme est une théorie de la connaissance, qui conçoit la pensée comme un centre de traitement des informations capable de se représenter la réalité et de prendre des décisions. Il s'oppose au behaviorisme, en affirmant la légitimité du recours à la conscience et à des processus internes pour expliquer la connaissance.

[151] Dans l'approche constructiviste, la littérature fait souvent référence à la théorie de l'étayage ou « échafaudage » (en anglais *scaffoldind*) de Vygotski : l'idée est de construire les nouvelles connaissances sur l'expérience « déjà là » et d'apporter les échelons supplémentaires au fur et à mesure du développement individuel de l'enfant. En donnant à voir des données du monde « réel » et en favorisant de multiples voies d'exploration pour mettre en relation ces données, les SIG seraient de nature à favoriser un mode d'apprentissage de type constructiviste. Vygotski insiste également sur le rôle des médiations sémiotiques dans un apprentissage médiatisé.

Il convient cependant de ne pas assimiler cette approche par la construction de la connaissance au constructionnisme, dont le principe se résume dans la devise : « *learning by doing* » (Papert).

des pratiques scolaires aujourd'hui, l'usage des TIC n'a pas promu uniquement des formes d'apprentissage constructiviste. C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas cherché à inscrire nos expérimentations pédagogiques dans un modèle unique d'apprentissage. Nous pensons de manière beaucoup plus pragmatique que l'environnement informatique que nous avons mis en œuvre dans différentes classes doit pouvoir se prêter à différents modes d'apprentissage.

En mode tutoriel ou exerciseur, l'environnement SIG (cf présentation des formes de tutorat dans le chapitre 12.2, p 194) est censé transmettre des connaissances bien définies et faire acquérir des savoir-faire spécifiques. Le guidage est alors très fort, selon des étapes successives, avec un système de contrôle des acquis et de suivi par l'apprenant. Le premier objectif est de rendre l'application géomatique accessible à de jeunes publics, en particulier pour des classes de collège. Le second objectif est de permettre un enseignement très individualisé, l'élève ayant la possibilité de revenir sur l'exercice et de changer ses réponses. Les questions posées aux élèves sont principalement de deux types : des questions à réponses choisies (vrai-faux, choix multiple) et des questions à réponses construites, exigeant de réponses courtes et bien ciblées (des réponses simples à donner portant essentiellement sur des éléments de connaissance).

En tant que système expert, l'environnement SIG doit pouvoir se comporter aussi comme un « tuteur intelligent » et aider l'utilisateur à interagir avec le système, à cheminer dans son raisonnement. En principe, un tel système doit être capable de prendre en compte chaque profil d'apprenant et de fournir en permanence une évaluation des travaux effectués par l'élève. Même si l'environnement informatique que nous avons utilisé ne permet pas de le faire, du moins l'élève n'obtient pas simplement la réponse correcte au problème qui lui est soumis : il peut revenir sur les étapes du raisonnement selon lesquelles la réponse a été obtenue. Dans ce cas, l'usage d'un système expert amène l'élève à réfléchir sur le comment et le pourquoi, et par conséquent, à mettre l'accent sur les conditions dans lesquels un problème peut être résolu ainsi que les limitations de la solution obtenue. C'est à ce prix que l'apprenant est véritablement en mesure de se représenter un modèle de connaissances du domaine et d'effectuer des raisonnements sur ses connaissances.

Le principal intérêt des outils géomatiques est d'emprunter à plusieurs familles d'outils informatiques, à des outils d'organisation, de structuration et de gestion de données (du type bases de données) ainsi qu'à des outils de visualisation et de traitement visuel (du type traitement d'images). Selon plusieurs auteurs (Jonassen, Peck & Wilson,

1999), les bases de données permettent de structurer l'information, mais elles peuvent aussi conduire à mettre en évidence des tendances, des régularités, voire des modèles, afin d'émettre des hypothèses à propos des données qu'elles contiennent. L'usage d'une base de données favorise la construction d'habiletés telles que la classification, la formulation d'hypothèses et leur mise à l'épreuve. Il est communément admis aujourd'hui que l'interrogation et la construction de bases de données peuvent jouer un rôle d'outils cognitifs, capables d'amplifier les compétences du sujet engagé dans des activités de manipulation et d'organisation des données. Associée à des données numériques, l'utilisation d'images pour concrétiser des phénomènes et représenter des structures spatiales complexes permet de représenter des phénomènes abstraits et de fonder de nouvelles compréhensions[152].

Au delà des différents modèles d'apprentissage, nous pensons donc que les outils géomatiques doivent être envisagés avant tout comme des « outils à fort potentiel cognitif » (Depover, Karsenti & Komis, 2007), dont l'intégration dans l'enseignement de la géographie passe par l'acquisition de différentes compétences disciplinaires et transversales.

11.3 Par rapport à la géographie comme discipline scientifique

Une discipline scientifique se caractérise par un ensemble dynamique et cohérent de concepts et de méthodes. Dans le domaine des sciences humaines, les concepts recouvrent des réalités complexes et n'obéissent pas à une définition fermée et définitive. La géographie en tant que discipline scientifique a longtemps hésité entre science de la nature et science de l'homme. Elle continue à emprunter ses objets, ses concepts et ses méthodes à différentes disciplines scientifiques (Bavoux, 2002). Cependant depuis deux décennies, nous voyons l'émergence et l'affirmation d'une géographie « recentrée », qui s'affiche comme science des territoires. La géographie est la science de l'organisation et de la différenciation de l'espace, entendu comme l'espace des sociétés. L'espace géographique est un espace construit, une écriture sociale déchiffrable, pour peu que l'on applique des

[152] La visualisation d'images numériques joue un rôle fondamental dans la construction de nouvelles représentations. Nous définissons ici la visualisation comme l'action de se former une image mentale ou de prendre conscience de quelque chose grâce à des supports graphiques (sur le paradigme de la cartographie de visualisation, voir chapitre 5.3, p 97).

méthodes adéquates. Au delà des débats qui continuent à opposer et à féconder les différents courants de la géographie (géographie sociale, culturelle, politique, économique, environnementale …), un relatif consensus s'établit peu à peu aujourd'hui autour d'une géographie de référence. La géographie est vue globalement comme l'étude des rapports entre les sociétés humaines et leurs espaces. Elle s'intéresse à l'étude de l'organisation spatiale des sociétés : distribution des phénomènes, organisation et différenciation de l'espace, explication des gradients et des discontinuités.

A partir de cette définition, quelles sont les rapports qui peuvent s'établir entre la géographie, comme science humaine et sociale, et la géomatique, comme science de l'information géographique ? Les relations de la géographie avec la géomatique font l'objet de nombreux débats. Selon T. Joliveau (2004), « les avis divergent sur l'apport de la géomatique à la géographie : apport indispensable (Cheylan), révolution majeure (Mathian et Sanders), apport proportionnel à la place que la géographie accorde à l'information spatiale (Dumolard), la géomatique oblige à formaliser des concepts, à enseigner la géographie autrement, à travailler de manière interdisciplinaire (Thériault). » Le reproche récurrent des géographes vis-à-vis des SIG est qu' « ils mettent la question des données au centre de la problématique, ce qui est conçu comme une régression vers l'inventaire, la description, la compilation irréfléchie et non problématisée. » (*idem ibidem*). La part de technologie dans les SIG est importante et cela explique en partie la désaffection des géographes. Ceux-ci n'ont pas toujours reçu la formation nécessaire pour en maîtriser les outils et les méthodes. La plupart des géographes ont aussi tendance à considérer les SIG comme de simples instruments au service de la science géographique. De leur côté, les SIG sont utilisés avant tout comme des outils de gestion ou d'inventaire. Ils ne semblent pas concerner directement les géographes ou seulement une partie d'entre eux qui s'intéressent plus particulièrement à des questions d'aménagement ou d'environnement. En dépit de ce que laisserait penser leur appellation « géographique », les Systèmes d'information géographique ne sont pas spécifiquement des outils de géographes. On pourrait reprendre l'affirmation : « parmi les utilisateurs des cartes figurent les géographes » (Ferras & Hussy, 2004), et l'appliquer aux SIG : on constaterait que les géographes représentent seulement une partie - somme toute assez limitée - des utilisateurs de la géomatique.

Nous avons essayé, dans la liste ci-dessous, de résumer les principaux griefs que les géographes adressent aux SIG. Comme on peut le remarquer, certains de ces reproches

sont liés à des questions de concepts ou d'usages non adaptés aux méthodes de la géographie. D'autres reproches correspondent davantage à des lacunes techniques, mais celles-ci sont en partie comblées par l'évolution rapide des technologies :

- **les SIG ne comportent pas de véritable affichage 3D** : l'image aérienne est souvent drapée sur un modèle numérique de terrain*. Les environnements en « vraie » 3D sont plus rares et difficiles à manier (risque de virtualisation de l'espace)

- **les SIG ne permettent pas vraiment d'analyse multi-échelle** : il est difficile de travailler sur de petites échelles, la plupart des études étant conduites sur des espaces locaux, à moyenne ou grande échelle.

- **les SIG ne permettent pas vraiment d'analyse temporelle** : il est par exemple impossible de faire une interpolation entre deux cartes à des dates différentes.

- **les SIG ne respectent pas toujours les règles de la sémiologie graphique** : la carte n'est qu'une étape du raisonnement et n'est pas toujours conçue pour être communiquée. Il faut souvent recourir à des outils d'infographie pour rendre la carte communicable.

- **les SIG ne reposent pas toujours sur une organisation rationnelle des données**. Quand ils ne se contentent pas de compiler des données éparses, leur mode de structuration fait souvent appel à des modèles sous-jacents, qui ne sont pas toujours explicites ou qui restent discutables.

- **les SIG ne permettent pas de valider tous les types de relations** : il est souvent nécessaire de coupler le SIG avec des systèmes d'analyse statistique et des modèles informatiques (le SIG est donc un outil parmi d'autres). Le modèle informatique de structuration des données ne doit pas induire le modèle d'analyse géographique.

- **les SIG servent à créer et à manipuler des informations, pas des connaissances** : il n'y a pas obligatoirement création de savoirs ou de connaissances géographiques.

La recherche a tendance à être conduite par les données (ou par les outils). Le risque est aussi de désagréger l'information pour la simplifier.

Les informaticiens et les géomaticiens ont fait des efforts grandissants pour intégrer les critiques des géographes. Ces derniers commencent de leur côté à s'initier à l'usage de la géomatique au cours de leur formation initiale ou au cours de leur carrière professionnelle, par envie ou par nécessité. La diffusion des SIG dans la société elle-même conduit également à démocratiser l'accès des chercheurs à ces outils. Comme le souligne T. Joliveau (2004), il semble que l'incompréhension provienne aussi du fait que les géographes n'arrivent pas à penser leur place par rapport à une géomatique professionnelle. La géographie appliquée est pourtant un domaine en pleine expansion et la géomatique offre de nombreux débouchés professionnels. Il semble que les SIG soient des outils interdisciplinaires et que les géographes n'arrivent pas vraiment à penser le rôle de ces outils, vis-à-vis de leur discipline et vis-à-vis de la conception de l'espace qu'ils contribuent à façonner. En d'autres termes, l'usage de la géomatique est encore un enjeu, un sujet de débat, un objet de controverse pour la géographie. Mais comme le fait remarquer T. Joliveau :

« *Pour ne pas rester purement théorique et académique, une analyse critique de l'usage des SIG doit pouvoir s'exprimer depuis une position de géographe, dans un langage et selon des catégories compréhensibles et recevables par les praticiens et concepteurs de ces systèmes. Ceci milite donc pour une meilleure formation aux concepts des SIG de tous les géographes.* » (Joliveau , 2004)

11.4 Par rapport aux finalités de la géographie scolaire

« Les élèves se construisent quotidiennement une géographie du monde grâce aux écrans cathodiques qui apportent instantanément et sans effort apparent des images de tous les coins de la planète. Face à cette concurrence, l'enseignant de géographie a progressivement perdu le monopole de l'information et n'est plus le guide de la découverte du monde et du rêve éveillé que des générations d'élèves ont connu, l'oeil accroché par une carte ou une photographie. » (Mérenne-Schoumaker, 2005)

Depuis plusieurs années, des géographes - chercheurs, formateurs ou enseignants – ont attiré l'attention sur la « crise de la géographie » à l'école (Knafou, 1997 ; Roumegous, 2001 ; Carlot, 2003 ; Roques, 2006). A l'origine de cette « crise », nous pouvons avancer plusieurs difficultés : difficulté de la géographie scolaire à se positionner par rapport aux questions épistémologiques de la géographie, difficulté à intégrer les résultats de la recherche didactique dans les pratiques, difficulté à atteindre les finalités intellectuelles de la géographie (en particulier à raisonner géographiquement à partir d'une réalité complexe), difficulté à sortie des logiques d'une discipline scolaire souvent décontextualisée des réalités sociales des élèves… Nous ne discuterons pas si l'on doit parler de crise ou simplement de renouveau de l'enseignement de cette discipline. La géographie enseignée est manifestement en pleine évolution. Comme d'autres disciplines, elle fait l'objet d'interrogations permanentes sur ses objets, sur ses méthodes, sur ses finalités.

Au delà des interrogations légitimes sur la nature et le rôle d'une discipline en plein renouvellement, il semble que la question essentielle soit celle des finalités que l'on souhaite assigner à l'enseignement de la géographie. On peut dire de manière synthétique que l'enseignement de la géographie poursuit quatre grandes finalités :

- **des finalités culturelles** : il s'agit de décrire et de comprendre le monde. On est dans la logique de transmettre des savoirs, mais aussi de construire une culture commune en référence à un passé (patrimoine, mémoire, identité…) ou à un espace commun (état-nation, territoire,…) ;

- **des finalités civiques** : il s'agit de favoriser l'insertion de l'individu dans la cité et de développer son sens critique. La construction d'une « citoyenneté géographique » suppose des références à une culture commune ;

- **des finalités intellectuelles** : il s'agit d'acquérir des contenus et des méthodes qui permettent de développer la pensée formelle, le raisonnement, l'esprit critique. L'accumulation de savoirs n'est pas le principal objectif, mais cela pose la question du socle indispensable de connaissances à acquérir, en termes de savoirs et savoir-faire géographiques ;

- **des finalités pratiques et professionnelles** : il s'agit d'enseigner des savoirs utiles pour la vie quotidienne et pour la vie professionnelle. Ces savoirs d'action ne sont pas complètement disjoints de l'insertion du citoyen dans la société.

Les nouveaux programmes de collège (BOEN, 2008) mettent en exergue ces diverses finalités, en prenant le parti de les présenter comme complémentaires et en restant relativement silencieux sur les finalités pratiques[153]. Il convient toutefois de souligner que ces finalités ne sont pas faciles à atteindre. A l'heure de la mondialisation, quelle vision du monde enseigner et faire partager ? Face à la force et à la prégnance de l'image dans la société de l'information, quel type de raisonnement et quelle forme d'esprit critique mettre en valeur ? Avec l'accélération des techniques, quels sont les savoirs-faire géographiques qui seront vraiment indispensables dans la société de demain ?

Certaines de ces finalités peuvent être complémentaires : par exemple, la formation intellectuelle à l'esprit critique est l'une des conditions d'exercice de la citoyenneté. Mais en pratique il est souvent difficile, voire impossible, de vouloir poursuivre toutes ces finalités à la fois. Les programmes scolaires insistent sur la nécessité d' enseigner « *une géographie utile et citoyenne* ». Mais au delà des injonctions et des orientations officielles, on peut s'interroger sur la nature des compétences indispensables pour l'individu ou le citoyen. La scientificité des savoirs géographiques enseignés et donc le problème de

[153] « Au-delà du socle commun, ces enseignements contribuent aussi fortement à la réalisation des objectifs propres du collège. [...] Cette contribution se fonde sur les finalités culturelles, intellectuelles et civiques, intimement liées, de ces trois enseignements :

- ils transmettent aux élèves des références culturelles qui leur permettent de mieux se situer dans le temps, dans l'espace et dans un système de valeurs démocratiques et concourent à la formation d'une identité riche, multiple et ouverte à l'altérité ;

- ils leur fournissent des outils intellectuels fondamentaux pour analyser et comprendre les traces et les modalités de l'action humaine, construire des raisonnements et les exprimer à l'écrit et à l'oral. Ils contribuent à leur apprendre à exercer leur raison critique, leur capacité de jugement et leur liberté de pensée.

- ils leur donnent ainsi les moyens d'un épanouissement individuel et les préparent à se comporter en citoyen. »

in Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2008). *Programmes des enseignements d'histoire-géographie et éducation civique en Collège*, hors série, 28 août 2008.

l'ancrage de la géographie scolaire à la géographie universitaire sont aussi des questions à ne pas négliger. Comme le souligne J . Fontanabona :

> « *La géographie a été principalement instituée comme discipline scolaire pour établir, aux côtés de l'histoire, une identité nationale et un lien civique fondés sur un passé et un territoire communs. Or, ce modèle de citoyenneté républicain est aujourd'hui interpellé, voire contesté. Les enseignants de géographie se réfèrent tous à des finalités intellectuelles, culturelles et civiques, mais ne s'accordent pas sur leur contenu* » (Fontanabona, 2008).

La géographie scolaire est en plein renouvellement, mais elle semble encore hésiter entre deux paradigmes : le paradigme « classique » d'une géographie descriptive, qui continue à transmettre des valeurs culturelles et patrimoniales, et le paradigme « nouveau » d'une géographie formative, qui vise davantage la formation intellectuelle et l'éducation du citoyen. Cette volonté d'ouvrir la géographie sur les problèmes contemporains des territoires et des sociétés n'est pas chose nouvelle. Elle concerne aussi bien la géographie universitaire que la géographie scolaire. Plusieurs auteurs (Pinchemel, 1991 ; Knafou, 1997) ont montré l'hyperorientation de la géographie vers l'institution scolaire en France depuis un siècle et le risque de constituer une discipline d'enseignement à part[154]. Et ces auteurs de souligner la nécessité d'ouvrir à nouveau la géographie sur la société et de lui retrouver une utilité sociale. Dans ce contexte, l'introduction des outils géomatiques est perçue comme un enjeu démocratique pour de futurs citoyens qui auront à comprendre des cartes réalisées par informatique, à faire de la géographie avec de nouveaux outils de navigation et de géolocalisation. Parallèlement à l'usage de ces « outils sociaux », émergent de nouvelles finalités pour la géographie scolaire qui doit initier au raisonnement géographique, à la résolution de problèmes et à l'analyse spatiale.

Les programmes d'histoire-géographie commencent à intégrer ces évolutions et à accorder une certaine place aux outils de cartographie numérique. On constate une timide évolution dans le Bulletin Officiel de l'Education Nationale du 10 août 2000 qui mentionne les "logiciels de modélisation en géographie". Il faut attendre toutefois le nouveau programme de Seconde, mis en oeuvre à la rentrée 2001, pour voir une mention

[154] La "géographie des professeurs" était regardée comme une discipline "bonasse" (Y. Lacoste), sans ambition intellectuelle, trop descriptive, trop peu explicative, dont la fonction principale était la connaissance des lieux, agrémentée de quelques données chiffrées, avec une fonction patrimoniale réduite à une culture scolaire élémentaire.

explicite aux SIG à propos de l'étude de cas. Ils apparaissent presque incidemment à la fin d'une liste d'instruments cartographiques, comme si l'on souhaitait ne pas faire peur aux enseignants qui n'en auraient pas la connaissance ni la maîtrise. S'ils sont censés aider au raisonnement par « la maîtrise des outils géographiques », les SIG sont encore considérés dans les programmes de lycée comme des outils de repérage et de localisation, pour situer l'étude de cas, voire pour exercer « la lecture critique » ou pour « mettre en relation des informations » à plusieurs échelles[155]. Force est donc de constater que l'usage des outils géomatiques est resté longtemps du domaine de la liberté pédagogique des enseignants qui n'étaient pas enjoints par les programmes à les utiliser.

Au niveau du collège, de nouveaux programmes viennent cependant d'être publiés en août 2008, pour une entrée en vigueur effective en septembre 2009. Ces textes officiels prennent en compte largement l'apport de la géomatique et citent désormais explicitement les systèmes d'information géographique. Le contexte semble avoir évolué, puisqu'ils sont devenus des « outils d'utilisation courante ». Ils sont mis très clairement au service de « l'approche géographique » et des apprentissages[156]. On pourrait être satisfait de voir ainsi reconnu, dans les programmes scolaires, le potentiel cognitif et pédagogique des outils géomatiques. A lire plus attentivement ces contenus curriculaires, on peut cependant relever plusieurs ambiguïtés. Les SIG sont confondus avec les outils de cartographie sur

[155] « Les raisonnements mis en œuvre supposent la maîtrise d'outils géographiques. La carte et le croquis sont des outils majeurs qui impliquent l'apprentissage d'un langage spécifique dont l'utilisation trouvera une application dans les épreuves de baccalauréat qui donnent une place importante à la carte, au croquis et à leur interprétation. Plus largement, qu'il s'agisse de cartes, d'images ou d'autres sources documentaires, l'objectif est de privilégier le repérage, la lecture critique et la mise en relation des informations, apprentissages qui sont déjà au collège les fondements pédagogiques de l'approche des documents. L'étude de chaque thème s'appuie donc sur des cartes à différentes échelles de la plus petite qui permet de situer l'étude de cas à la plus grande, plan de ville, POS, plan de prévention des risques... ainsi que sur des photographies de différente nature, des images satellitales, voire des systèmes d'information géographique (SIG). » in Bulletin Officiel de l'Education Nationale. *Programme de Seconde*. (n°9, 10 août 2000)

[156] « Il s'agit enfin de donner aux élèves la pratique des outils que la géographie met, quotidiennement, au service d'une meilleure compréhension de l'espace : cartes et croquis, mais aussi schémas, images, documents statistiques… Les systèmes d'information géographiques (SIG) sont désormais d'une utilisation courante (carte routière en ligne, systèmes de positionnement, images satellitaires…). Les élèves doivent en apprendre l'usage et en acquérir l'intelligence. Ils constituent des outils privilégiés tant au service de l'acquisition de connaissances que de la pratique de l'approche géographique. » Bulletin Officiel de l'Education Nationale. *Programmes des enseignements d'histoire-géographie et éducation civique en Collège*. (Hors série, 28 août 2008)

Internet, avec les systèmes de positionnement et avec les outils d'imagerie satellitale. Même si l'on peut admettre que tous ces instruments font partie globalement de la géomatique, la confusion est dommageable car il semble que les auteurs des programmes n'aient pas voulu parler des SIG…mais simplement des globes virtuels. En effet l'usage de ces outils apparaît uniquement dans le programme de la classe de sixième, où il s'agit de faire manipuler des « SIG d'usage courant », par exemple pour préparer une sortie sur le terrain[157]. En l'occurrence, il s'agit essentiellement de situer, mais assez peu d'expliquer. On s'adresse à des élèves très jeunes ; l'objectif semble être donc de promouvoir une « géographie de la découverte » à partir du réel (ou de son substitut, l'image), de faire explorer des paysages et des territoires (avec un risque de confusion entre ces différentes « vues », horizontales ou verticales) .

Cet encouragement à faire usage des SIG dès la classe de sixième n'est pas sans soulever des réactions de perplexité et de découragement chez certains enseignants. Voici par exemple la réaction récente d'un enseignant abonné à la liste de diffusion H-Français et la réponse rassurante du modérateur de cette liste associative [158] :

Message d'un enseignant abonné à la liste H-Français (26 mai 2008) :

« *Parmi les capacités envisagées dès le premier chapitre de géographie, il est question de "situer la France sur différents planisphères avec un S.I.G."… Il s'agit bien d'une "capacité" demandée aux élèves de 11 ou 12 ans. Quel S.I.G. utiliseriez-vous pour cela ? Idéalement, il faudrait qu'il soit presque gratuit pour l'établissement et très facile à utiliser par les élèves. Personnellement, je ne vois pas. […] J'ai dû rater quelque chose, un nouveau logiciel ou un site web de cartographie interactive ? Est-ce que quelqu'un a une idée pour me déniaiser ?* »

[157] « Il est souhaitable de conduire cette étude à partir d'une sortie sur le terrain. Cette étude amène les élèves à manipuler des documents du quotidien : plan du quartier et de la ville, plan des réseaux de transports, carte touristique, un système d'information géographique (SIG) d'usage courant… La réalisation de croquis simples permet de rendre compte du paysage et/ou de l'organisation du territoire local. Les élèves utilisent pour se situer : le globe, un SIG, différents planisphères (le monde vu d'Europe, d'Amérique, de l'hémisphère sud, etc.) et se réfèrent aux points cardinaux et aux grands repères géographiques. »

[158] Archives de la liste de discussion H-Français : <http://www.h-net.org/~francais/> (consulté le 13.08. 2008).

Réponse du modérateur de la liste :

« *Les concepteurs des programmes ne connaissent sans doute pas vraiment le monde complexe des SIG, ni les expérimentations qui ont eu lieu dans le secondaire. S'il s'agit de situer, les globes virtuels seront suffisants : Google Earth, Worldwind, le Géoportail pour la France, ou Viamichelin ou d'autres pour l'Europe. Si on souhaite faire faire des requêtes aux élèves, ce qui est la fonctionnalité essentielle d'un logiciel de SIG et non de cartographie, il faudra avoir recours à une application. […] Je laisse les spécialistes SIG de la liste donner d'autres précisions...* »

Ce témoignage « à chaud » d'un enseignant nous paraît très révélateur des confusions qui peuvent exister aujourd'hui sur l'intégration de la géomatique en classe : quel outil cartographique choisir et pour quelles finalités *?* S'agit-il seulement de faire explorer visuellement des espaces, de dilater l'espace vécu de jeunes élèves découvrant la géographie *?* S'agit-il d'initier progressivement les élèves au raisonnement géographique et de leur faire acquérir des concepts *?* Les deux approches ne sont pas exclusives, mais du moins la réaction de cet enseignant témoigne-t-elle de l'absence d'indication claire et explicite dans les programmes. Confronté au problème du choix d'un « SIG d'usage courant » (sic) et de son adaptation à des élèves de sixième, l'enseignant semble quelque peu désemparé et démuni sur le plan technique et didactique. Il ne peut qu'exprimer son incompréhension. Du coup, l'usage de l'outil géomatique est soit relégué au rang de simple outil de repérage, soit réservé à des spécialistes qui sauront en faire « bon » usage. Dans les deux cas, il ne semble pas y avoir eu de réflexion préalable sur les familles d'outils, sur les activités dans lesquelles ils peuvent s'insérer, sur les finalités d'enseignement et d'apprentissage en géographie. Si l'on veut atteindre ces objectifs, il nous semble important de définir une nouvelle « éducation géographique » et un nouveau socle de compétences fondamentales.

11.5 Par rapport à la « citoyenneté » et au socle de compétences

« Apprendre la géographie est pour l'élève, sinon un métier, du moins une activité intellectuelle complexe : maîtrise du réseau conceptuel qui s'enrichit progressivement, résolution de problèmes, maîtrise consciente de démarches, de méthodes et d'outils ;

pour penser l'espace géographique, en devenir un acteur social, un utilisateur, un décideur, libre et autonome parce qu'informé, ici, maintenant et demain. Cet impératif d'éducation géographique ne peut s'exercer que par une nouvelle géographie enseignée à partir de ce que savent les élèves, de ce qu'ils sont et ce dont ils ont besoin pour l'avenir. C'est aussi et surtout le rôle de la didactique de proposer des repères pour que les élèves apprennent mieux la géographie, parce qu'elle leur est utile socialement. » (Le Roux, 2003, ed. orig. 1997)

Nous avons présenté la géographie comme une discipline en pleine évolution. Le décloisonnement d'une géographie, longtemps cloisonnée entre géographie physique et géographie humaine, semble aujourd'hui favorable pour l'émergence d'un nouveau paradigme scolaire. Si l'on veut « faire aimer la géographie », il semble indispensable de l'orienter vers une géographie utile, appliquée, citoyenne. Plusieurs chercheurs issus de la didactique de la géographie (Laurin, 1999 ; Le Roux, 2003, ed. orig. 1997 ; Lidstone & Williams, 2006 ; Thémines, 2006c) ont commencé à réfléchir aux éléments qui pourraient fonder cette éducation géographique. Selon S. Laurin et J-L. Klein, il faut agir pour une éducation géographique et une conscience territoriale. La géographie se doit d'être utile, applicable, en action. Elle met « les élèves en situation de faire, de raisonner sur des situations, de construire des notions plutôt que d'apprendre à des fins de reconstitution, voire de reproduction de connaissances apprises mais pas toujours appropriées, acquises et finalement vite oubliées » (Le Roux, 2003). L'élève est futur citoyen et acteur social. La géographie scolaire anglo-saxonne a depuis longtemps amorcé le tournant vers ce type de géographie « utile » pour le citoyen. Certes le contexte et les modalités d'enseignement de la géographie ne sont pas comparables avec le modèle français, qui repose davantage sur des finalités patrimoniales et culturelles. Il ne s'agit pas non plus de magnifier l'approche pragmatique de la géographie anglo-saxonne. Mais du moins est-il intéressant de souligner les écarts qui peuvent exister dans la façon d'enseigner la géographie et de voir ce qui pourrait être repris sinon d'un pays, au moins d'un mode d'enseignement à l'autre.

Selon J. Fontanabona, tous les enseignants n'ont pas la même conception de la géographie et de ses finalités, mais au moins sont-ils d'accord sur le postulat d' « une éducabilité cognitive des élèves en géographie ». Pour ce géographe didacticien, il est nécessaire de réfléchir à « l'articulation entre la finalité intellectuelle d'un enseignement de la géographie (donner des clefs pour une compréhension pertinente du monde) et sa finalité

civique (aider chaque élève à se construire comme futur adulte, à la fois libre et responsable) » (Fontanabona, 2008). Intimement liée à cette éducation géographique se pose la question des compétences fondamentales à acquérir. En géographie, les discussions sont assez vives sur le socle minimum de compétences nécessaires pour l'élève (Brunet, 2008). Au delà des enjeux idéologiques et politiques sur la place et le rôle de l'école aujourd'hui, il semble intéressant de noter une double évolution : d'une part une évolution vers une approche transversale des savoirs (cf rôle des « *éducations à* » : éducation à l'environnement, éducation à la santé, éducation à la citoyenneté, etc.), d'autre part une évolution vers des compétences disciplinaires fondamentales et réappropriables dans d'autres disciplines (cf maîtrise des compétences spatiales, des compétences informationnelles, etc.).

Selon A. Le Roux (2003), « la géographie est utile dans un certain nombre de situations vraisemblables qui pourraient devenir vraies ». C'est dans cette virtualisation du réel que s'ouvre un espace de réflexion et de simulation pour traiter un problème. Le problème géographique offre un contexte qui donne du sens aux apprentissages. Même si les grands repères spatiaux sont importants, la géographie exige plus que des habiletés de mémorisation, d'observation ou de description : elle exige des capacités de questionnement, de raisonnement, d'analyse, de synthèse et de jugement critique. Toutes ces capacités sont à mettre en lien avec les compétences civiques et technologiques. Le « socle commun de connaissances et de compétences », qui a été adopté pour le niveau collège, définit sept compétences fondamentales. Chacune comprend elle-même des capacités pour les mettre en oeuvre, et des attitudes pour les appréhender et se les approprier. Si les capacités de raisonnement logique et d'intelligence inductive et déductive apparaissent surtout en ce qui concerne la culture scientifique et technique, la culture humaniste participe aussi à « la construction du sentiment d'appartenance à la communauté des citoyens, aide à la formation d'opinions raisonnées, prépare chacun à la construction de sa propre culture et conditionne son ouverture au monde » (Bulletin Officiel de l'Education Nationale, 2006). Parmi les connaissances que chaque élève est censé avoir acquises en fin de troisième, figurent la lecture et l'utilisation de différents langages, en particulier « les images (différents types de textes, tableaux et graphiques, schémas, représentations cartographiques, représentations d'œuvres d'art, photographies, images de synthèse) » ; il s'agit aussi de « savoir situer dans l'espace un lieu ou un ensemble géographique, en utilisant des cartes à différentes échelles » ; enfin au titre de la maîtrise de l'information et de la culture numérique, référence est faite explicitement à la

capacité d' « apprendre à identifier, classer, hiérarchiser, soumettre à critique l'information et la mettre à distance ».

Le socle commun témoigne donc aujourd'hui d'une préoccupation majeure au sein du système éducatif : mettre les disciplines (dont la géographie) au service de l'acquisition de compétences transversales qui, à leur tour, peuvent renforcer l'acquisition de connaissances, de capacités et d'attitudes au sein de la discipline elle-même. On peut reprocher au socle commun d'instrumentaliser les disciplines ou d'en réduire la spécificité. Mais du moins le socle commun témoigne-t-il des efforts actuels déployés par l'institution pour essayer de faire converger un certain nombre de savoirs et de savoirs-faire. Le socle peut être utilisé comme un référentiel de compétences pour attester de la maîtrise conjointe de ces différentes compétences transversales qui se renforcent l'une l'autre.

Résumé et synthèse de la Partie II : vers des usages spécifiques de la géomatique au service d'une nouvelle éducation géographique

La seconde partie de notre travail de recherche nous a permis d'étudier les usages sociaux et éducatifs de la géomatique. Les SIG sont très utilisés pour la gestion quotidienne dans un nombre important de domaines. Longtemps réservés aux aménageurs, ils sont l'outil de réflexion et de communication de l'Etat (pour des études d'aménagement par exemple), des collectivités territoriales (pour des études d'impact), des grandes sociétés commerciales (pour des études de marché). Leur introduction à l'école relève d'un questionnement plus large que le cours de géographie. C'est donc un enjeu aujourd'hui de les mettre aux mains des citoyens, à commencer pour des élèves.

Toute la question est de savoir si la géomatique est un objet « scolarisable ». Comme le montre notre enquête sur les usages pédagogiques de la géomatique, on observe bien une diffusion progressive mais non une véritable stabilisation des usages, qui permettrait de définir des familles d'outils et des familles d'usages appropriés pour tel mode d'apprentissage, pour tel niveau d'enseignement, pour tel contexte pédagogique, pour telles notions ou tels contenus du programme de géographie. Sans stabilisation ni formalisation des usages, le risque est fort que la géomatique connaisse le même parcours météoritique qu'a connu l'usage des images satellitales. Les outils de traitement, qu'il

s'agisse des SIG ou des logiciels de cartographie thématique, restent encore marginaux dans la classe de géographie. Le risque serait de les voir réduits à des « niches d'usage ». La création de « niches d'usages » répond à des contraintes techniques et pédagogiques pour l'enseignant. Cette situation explique que les logiciels de cartographie thématique soient encore aujourd'hui utilisés de manière détournée et qu'ils restent si faiblement articulés aux pratiques cartographiques traditionnelles et aux formes actuelles d'examen : l'épreuve de croquis de synthèse au baccalauréat ne repose pas sur des fonctions de seuillage et de discrétisation, elle ne recourt pas à des démarches d'exploration ou de simulation cartographique, elle continue à s'effectuer avec papier-crayon. L'usage des SIG comme outils d'investigation spatiale réinterroge assez fondamentalement les pratiques scolaires en géographie.

L'étude comparée des recherches, au niveau international, sur l'intégration de la géomatique dans l'enseignement de la géographie, nous a permis de repérer des différences, mais également un certain nombre d'invariants dans l'approche de ces outils : difficulté de prise en main, manque de formation, difficultés à disposer de logiciels et de données adaptés au contexte éducatif… Au delà des problèmes techniques, les enseignants sont confrontés à des problèmes de nature pédagogique : quelle place la géomatique doit-elle occuper par rapport aux finalités de la géographie, par rapport aux finalités des technologies de l'information et de la communication ou à celles de la citoyenneté ? Il ne suffit pas de reléguer l'usage des SIG dans des dispositifs interdisciplinaires (du type Education à l'Environnement et au Développement Durable, Travaux Personnels Encadrés) ou de ramener les outils géomatiques à un problème de maîtrise des TIC (cf Annexe 1 présentant les enjeux du SIG éducatif, entre approche instrumentale et approche pédagogique, entre approche disciplinaire et interdisciplinaire). Nous pensons qu'il est nécessaire de définir des usages spécifiques où l'utilisation de l'outil géomatique présente un véritable intérêt pour promouvoir des démarches géographiques. Parmi ces usages, nous avons montré que l'exploration visuelle d'images numériques et le traitement d'informations de nature diverse jouent un rôle fondamental dans les apprentissages géographiques. Il s'agit d'exercer le raisonnement sur des problèmes géographiques et des situations territoriales complexes et variées, permettant différents types de raisonnements géographiques. A partir du cadre de référence que nous avons défini dans les deux premières parties de notre recherche, il s'agit maintenant de concevoir et d'expérimenter des activités pédagogiques sur l'outil SIG que nous avons conçu.

TROISIEME PARTIE : CONCEPTION ET EXPERIMENTATION D'UN OUTIL GEOMATIQUE POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA GEOGRAPHIE

Le choix de concevoir et d'expérimenter un outil géomatique *ad hoc*, qui soit adapté à l'enseignement de la géographie en collège-lycée, s'est opéré progressivement. Ce choix résulte des résultats d'une expérimentation pédagogique réalisée dans le cadre de l'INRP entre 2000 et 2004. Les résultats de cette première expérimentation ont conduit au développement de la plate-forme GéoWebExplorer par l'équipe du CRENAM (Université de Saint-Etienne)[159]. Conçue également pour enseigner la géomatique à des étudiants de licence à l'université, cette plate-forme SIG a nécessité d'être testée et adaptée aux besoins et aux attentes des enseignants d'histoire-géographie du secondaire. Les expérimentations pédagogiques réalisées sur la plate-forme SIG ont été nourries du travail épistémologique et didactique, de l'observation des usages et de la réflexion sur les finalités de la géographie scolaire que nous avons pu conduire dans les parties précédentes de cette étude. Les fonctionnalités qui ont été implémentées ont été sélectionnées de manière à pouvoir instrumenter des situations d'apprentissage et faciliter des démarches d'exploration visuelle et de résolution de problème dans l'enseignement de la géographie.

Dans cette troisième partie de notre recherche, nous présentons d'abord la plate-forme GéoWebExplorer : plutôt qu'une simple description des fonctionnalités de l'outil géomatique, nous avons choisi de présenter l'application du point de vue de son usage par les enseignants et les élèves. Nous exposons ensuite les modalités de construction de quatre études de cas et les résultats des différentes expérimentations pédagogiques conduites entre 2005 et 2008. Nous dégageons enfin un bilan global de ces expérimentations et des perspectives d'évolution pour la plate-forme elle-même.

[159] Joliveau, T., Calcagni, Y., Mayoud, R. (2006). Géowebexplorer, un outil géomatique collaboratif au service des enseignants et des élèves. *Géographes associés, n° spécial. Savoir penser et partager l'information géographique : les SIG*, 30, p. 169-178.

12. GéoWebExplorer : une plate-forme SIG pour enseigner la géographie

12.1 Pourquoi une plate-forme collaborative sur Internet ?

12.1.1 Des premiers résultats d'une expérimentation pédagogique…

La conception de la plate-forme SIG s'est effectuée à partir des résultats d'une première expérimentation sur le parc nature de Miribel-Jonage. Entre 2000 et 2004, nous avons travaillé au sein d'une équipe de recherche INRP sur l'innovation en histoire-géographie[160]. Cette recherche-action portait sur la définition et l'élaboration d'un « SIG didactique », utilisable dans le cadre pédagogique de la classe. Dans l'étude de cas proposée, les élèves devaient enquêter sur les menaces qui pèsent sur les espaces naturels du parc de Miribel-Jonage (en particulier le problème des dégradations sur les pelouses à orchidées) et proposer des solutions en choisissant des propositions d'aménagement (clôture des prairies, interdiction de la circulation automobile, déplacement des sentiers pédestres…). Ils disposaient pour cela d'un site Internet, de données spatialisées et d'outils logiciels de visualisation et de traitement. Ils devaient *in fine* élaborer un « rapport-conseil » qu'ils devaient rendre au directeur du parc et qu'ils devaient étayer par des cartes qu'ils avaient eux-mêmes construites (cf Annexe 6).

Le projet se déroulait en deux grandes phases. Un premier module consistait à faire prendre en main l'outil didactique par les élèves dans une démarche géographique d'observation. L'objectif était de partir de notions géographiques en évitant, autant que faire se peut, d'entrer par l'outil informatique. Il s'agissait de rendre le logiciel SIG le plus « transparent » possible afin de centrer les apprentissages, non sur la maîtrise du logiciel,

[160] La recherche INRP n°30417 était consacrée aux Systèmes d'information géographique (SIG) comme vecteur potentiel d'innovation dans l'enseignement de la géographie scolaire (« L'innovation pédagogique en histoire et géographie et les apprentissages qu'elle favorise »). L'objectif n'était pas seulement de déterminer en quoi les SIG pouvaient constituer un facteur innovant dans l'enseignement de la géographie. Il s'agissait de construire et d'expérimenter un outil didactique qui soit au service de l'enseignement (pour des élèves de lycée) et de la formation (pour des enseignants en stage de formation initiale ou continue, notamment lors de stages de géographie ou de cartographie assistée par ordinateur).

mais sur les quelques fonctions qui nous paraissaient être déterminantes pour « faire de la géographie » dans l'enseignement secondaire (Carlot & Genevois, 2004). Un second module était consacré à l'expérimentation de situations-problèmes dans l'esprit de l'étude de cas, telle qu'elle est définie dans les programmes de lycée. L'étude de cas retenue concernait le même espace, à savoir le parc nature de Miribel-Jonage dans la région urbaine de Lyon : un espace périurbain soumis à des enjeux complexes et contradictoires d'aménagement et d'environnement[161]. L'étude de cet espace permettait notamment de mettre en valeur une forte concurrence entre activités, par exemple entre les ressources en eau potable, l'exploitation agricole, les flux autoroutiers, les activités de loisirs. Ces conflits d'usage étaient de nature à favoriser une réflexion sur les enjeux et sur les acteurs spatiaux en géographie. Cette étude de cas visait ainsi à mettre les élèves en position de comprendre une réalité complexe. Elle les incitait à prendre des décisions à partir d'un cas réel, en ce qui concerne les problèmes d'inondation, de gestion de nappe phréatique, de protection de la faune et de la flore, etc.

Cette première expérimentation nous a permis de prendre conscience des nombreuses difficultés posées par la mobilisation d'un SIG dans l'enseignement de la géographie. Avant même que l'enquête INRP réalisée auprès des enseignants en 2007 (cf chapitre 9.2, p 130) ne vienne confirmer et nuancer certaines de ces difficultés, nous avions dégagé quatre principaux types de difficultés :

- **Des difficultés financières** : le coût des logiciels SIG est en général très élevé, ce qui rend difficile l'équipement des établissements secondaires. D'où notre choix d'utiliser un outil gratuit (le logiciel ArcExplorer de la société ESRI), qui n'était qu'un simple visualiseur SIG mais qui comportait déjà des fonctionnalités puissantes de zoom, de discrétisation, de requêtes attributaires. En complément, le CRENAM a développé un outil d'analyse, le logiciel GéoAnalyste pour permettre d'approfondir l'analyse spatiale en permettant à l'utilisateur de croiser les couches et d'en extraire de nouvelles selon certains critères de voisinage/éloignement, d'union ou d'intersection. Cet outil a d'abord été utilisé en complément du visualiseur, puis de manière complètement

[161] L'étude de cas pédagogique sur le parc nature de Miribel-Jonage est consultable en ligne sur le site du CRENAM (Université de Saint-Etienne) : <http://dossier.univ-st-etienne.fr/crenam/www/sigdidac/> (consulté le 25.07.2008).

substitutive[162]. Le coût des données restait cependant un problème préoccupant, qu'il s'agisse du prix élevé des cartes numériques de l'IGN ou des données INSEE. Le Géoportail n'était pas encore disponible, mais les enseignants pouvaient avoir un accès gratuit pour l'usage éducatif, à un fond d'images SPOT dans le cadre de l'Espace Numérique des Savoirs.

- **Des difficultés techniques** : elles concernaient surtout le maniement complexe des logiciels et le problème d'accès à l'outil. L'expérimentation, conduite pourtant dans l'un des lycées les mieux équipés de l'académie de Grenoble, montrait le poids important des contraintes matérielles : contraintes de l'environnement informatique (2 élèves par postes, un accès bas débit à l'Internet), obstacles liés à la maîtrise technique de l'outil (connaissance des commandes et menus, diversité des niveaux en informatique…), difficulté à sortir du couple utilisateur/système. Ces difficultés expliquent en partie comment une "bonne" séance informatique était souvent pensée et vécue comme une séance qui fonctionne techniquement (en toute sécurité) pour l'enseignant et (en toute autonomie) pour les élèves. La préoccupation majeure des enseignants qui ont mené l'expérimentation était d'abord de vérifier si la séance informatique « fonctionnait » ; une fois cet obstacle levé, ils ont tous accepté de la tester sur un plan pédagogique et didactique.

- **Des difficultés pédagogiques** : la mise en oeuvre dans le cadre scolaire est souvent problématique. Comme en témoigne un rapport de l'Inspection Général sur "l'Ecole et les réseaux numériques"[163], la mise en œuvre des TIC est souvent peu compatible avec

[162] Le logiciel *Géoanalyste* propose une double visualisation simultanée de deux couches d'information et prend en charge des opérations de croisement de couches, de requêtes, de création de zones de tampons* (*buffer*), comparables aux fonctions classiques des logiciels SIG de type professionnel en mode vecteur. Pour rester simple d'utilisation, Géoanalyste se focalise sur ces opérations géométriques. Il ne présente donc que des fonctionnalités très sommaires de requêtes attributaires et de visualisation/symbolisation des données. Il est conçu pour être utilisé en parallèle avec *Arcexplorer*. Géoanalyste est téléchargeable sur le site du CRENAM (Université de Saint-Etienne) :
<http://portail.univ-st-etienne.fr/61643898/0/fiche_LABCREN__pagelibre/> (consulté le 25.07.2008).

[163] Bardi, A.-M., Bérard, J.M. (2002), *L'École et les réseaux numériques*, rapport IGEN - juillet 2002 : <http://media.education.gouv.fr/file/04/5/6045.pdf> (consulté le 25.07.2008).

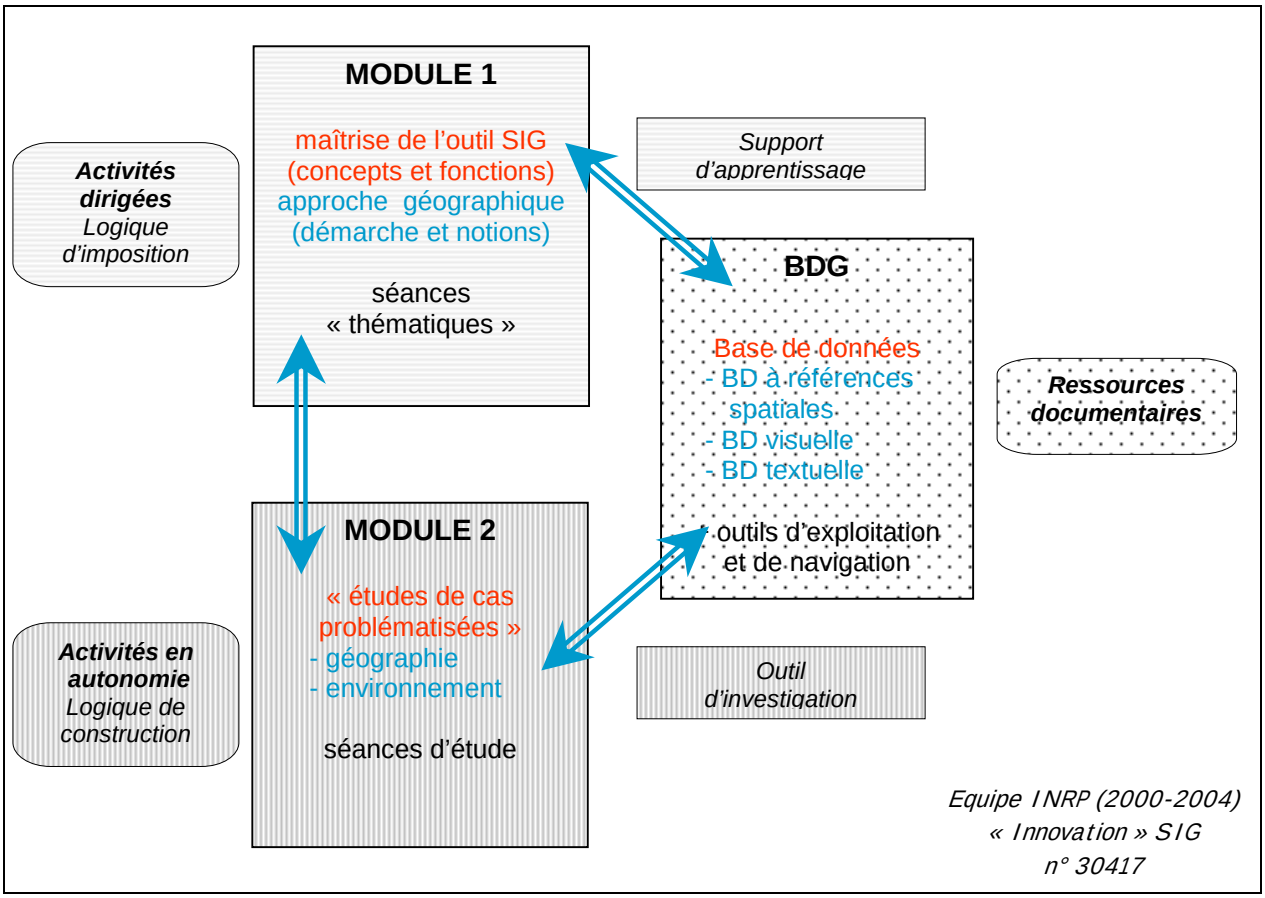
l'environnement scolaire actuel (contraintes d'horaires, de salles, d'emploi du temps…) Or l'utilisation de l'outil informatique est assez « chronophage ». Elle demande surtout une méthode de travail où l'on puisse laisser plus de place à l'autonomie et à la prise de décision.

- **Des difficultés didactiques** : ce ne sont pas les moindres, même si elles ont tendance à être éludées. Il était (et il est encore) difficile de trouver des ressources "didactisées" sur une région ou un pays précis : les jeux de données restent rares et complexes à utiliser pour des élèves de lycée, malgré l'apparition de SIG grand public et de serveurs de données en ligne. Il est surtout difficile de construire des études de cas, reposant vraiment sur une démarche de résolution de problème. Le raisonnement hypothético-déductif semble moins généralisé que la démarche inductive. Pourtant en dévoluant à l'ordinateur les fonctions de traitement de l'information, l'élève est à même de se concentrer sur l'essentiel, c'est-à-dire la réflexion géographique, et d'échanger son point de vue avec d'autres élèves ou avec l'enseignant. Ainsi se dessine un nouveau "triangle didactique" où les SIG permettent, comme les hypermédias, de médiatiser la relation pédagogique enseignant/apprenant et de favoriser les interactions entre élèves. Il convient de noter que l'expérimentation conduite dans une salle informatique, qui sert habituellement de laboratoire de langues, a permis à l'enseignant de changer de positionnement (rôle de guide), sans permettre cependant de véritables interactions entre les élèves.

Pour surmonter en partie ces difficultés d'intégration de l'outil géomatique dans l'enseignement secondaire, nous proposions une approche flexible et modulaire du point de vue de la structuration des données et des tâches à accomplir au sein de chacun des modules d'activités. Comme le montre la Figure 18 (p 190), les données étaient découplées des activités proprement dites contenues dans les modules 1 et 2. La base de données générale (BDG) comportait plusieurs bases de données, liées entre elles par des liens hypertextes avec les outils d'exploitation et de navigation : la BD textuelle, la BD visuelle, et surtout la BD à références spatiales, qui constituait le jeu de données SIG à proprement

parler. L'étude débutait par une "visite virtuelle" en hélicoptère avec des liens sur la base de données visuelles et textuelles sur le parc de Miribel-Jonage[164].

Figure 18 : Approche modulaire du jeu de données SIG sur Miribel-Jonage



Nous avions déjà pressenti, comme dans l'usage d'un globe virtuel, l'importance de la visualisation au stade initial de la découverte du jeu de données. Cette découverte de l'espace à étudier n'avait pas tant pour but d'immerger les élèves dans un espace virtuel - de « rendre présent ce qui est absent » - que de leur permettre de se familiariser avec un espace à partir de cartes et de vues paysagères, dans une approche autoréférentielle de l'image catographique (telle que nous avons pu la définir dans le chapitre 5.2, p 95). Après ce premier stade d'exploration visuelle, les élèves se voyaient proposés deux

[164] Cette visite virtuelle par hélicoptère donne accès par des infobulles aux types de paysages et par des liens à des vues prises au sol. Disponible sur (consulté le 25.07.2008) : <http://dossier.univ-st-etienne.fr/crenam/www/sigdidac/promvirtu/promvirtu.htm>

modules, de nature et de niveau d'exigence différents. Dans le module 1, l'objectif était la maîtrise des concepts et des fonctions SIG à travers des notions simples faisant appel aux coordonnées géographiques, au zoom, à l'échelle, à des mesures de distance. Afin de ne pas entraîner une focalisation sur l'outil et sur ses fonctionnalités, ce premier module comportait des séances thématiques sur la situation géographique du parc de Miribel-Jonage, sur les caractères environnementaux et socio-économiques de cet espace, sur les enjeux liés à l'eau (risques et gestion). La démarche reposait plutôt sur un mode d'apprentissage par instruction. Le module 2, au contraire, était consacré à des études de cas spécifiques sur des problèmes géographiques et nécessitait de mettre en œuvre une démarche d'investigation à partir d'hypothèses. Nécessitant de conduire une exploration libre du jeu de données, ce second module dépassait la démarche analytique (tâches de consultation et d'analyse). Il s'agissait de mettre en oeuvre des tâches d'interrogation et de promouvoir un mode d'apprentissage par exploration[165]. Ces études de cas problématisées s'inscrivaient clairement dans une approche systémique et un enseignement de la géographie par le problème (tel que nous avons pu les définir au chapitre 4.3, p 84)

12.1.2 …à la conception d'une plate-forme SIG pour l'éducation et la formation

Les observations relevées lors de cette première expérimentation nous ont amené à l'idée qu'il était indispensable pour les enseignants et les élèves de disposer d'un environnement pédagogique aisément accessible, simple à mettre en œuvre, mais malgré tout assez complet (avec cours, exercices, données, outils de traitement, moyens d'évaluation) et qui soit en même temps adaptable par les enseignants qui souhaitaient mettre en œuvre différents modes d'apprentissage. Comme le montre également l'enquête INRP de 2007, un grand nombre d'enseignants du secondaire étaient susceptibles d'utiliser des techniques géomatiques pour l'enseignement de la géographie, mais une toute petite minorité utilisait effectivement ces techniques, même les plus simples d'entre elles.

Il était donc important d'essayer de répondre aux besoins et aux attentes des enseignants. Un prototype de plate-forme fut donc développé en 2004 par le CRENAM avec un cahier des charges, à partir d'une expertise informatique et scientifique sur les

[165] Sur la distinction entre apprentissage par instruction et apprentissage par exploration, voir chapitre 11.2 (p 167).

méthodes géomatiques utilisées dans l'enseignement de la géographie. Notre volonté était de prendre en compte les problématiques de l'usage dès la conception de l'application SIG[166]. L'objectif était de développer un outil SIG éducatif permettant de créer, partager et publier des cours ou des exercices utilisant des techniques géomatiques simples (visualisation, navigation, requêtes, symbolisation ...). Le choix d'une solution SIG en ligne comportait des avantages et des inconvénients que nous avons résumés dans un tableau (Figure 19). Ce tableau montre qu'il n'y a pas de solution idéale, mais que le choix de développer une application en ligne répondait d'abord aux préoccupations des enseignants en matière d'accès libre et gratuit aux outils et aux données.

Figure 19 : Avantages et inconvénients d'une plate-forme SIG en ligne

Avantages	**Inconvénients**
• Installation logicielle minimale sur le poste de travail (un simple navigateur Internet suffit) ; • L'application est accessible partout ; • Elle est utilisable dans différents contextes (en salle informatique, au CDI, au domicile,...) ; • L'accès à l'information géographique et le partage des données sont facilités ; • La donnée est au cœur de la ressource pédagogique ; • Chaque utilisateur accède à l'environnement en fonction des droits qui lui sont accordés ; • Les activités des élèves sont conçues et leurs réponses enregistrées directement dans l'environnement.	• Nécessité d'un accès Internet et d'une connexion haut débit (si possible) ; • Gestion centralisée du système (pas de possibilité pour l'utilisateur d'ajouter directement ses données personnelles) ; • Un développement plus lourd qui nécessite d'intégrer le SIG au sein d'une plate-forme pédagogique ou un environnement numérique de travail ; • Des fonctionnalités plus limitées qu'un SIG hors ligne (notamment en terme d'analyse spatiale, d'édition et de sauvegarde des fichiers créés) ; • Nécessité de « tutorer » ou au moins de guider l'activité à distance.

[166] Joliveau, T., Genevois, S. (2007). *Une plateforme pédagogique collaborative pour enseigner la géographie au lycée. Analyse, principes et mise en oeuvre.* Conférence Québéco-Française pour le Développement de la Géomatique (CQFD-Géo), SAGEO 2007, Rencontres internationales Géomatique et territoire, Clermont-Ferrand, 15, <http://www.emse.fr/site/SAGEO2007/CDROM/CQFD09.pdf> (consulté le 05.10.2007).

Il convient de souligner que la plate-forme GéoWebExplorer[167] ne constitue pas une plate-forme d'enseignement à distance. Il existe d'autres environnements pédagogiques pour favoriser le travail collaboratif et la mutualisation de ressources entre enseignants : le but n'est donc pas de créer un Environnement Numérique de Travail (ENT), tel qu'on commence à en voir aujourd'hui le développement dans les établissements scolaires. Il ne s'agit pas non plus de mettre en place un serveur de données géographiques : la mise en ligne de données géographiques pose des problèmes de coûts d'acquisition et de droits de diffusion ; elle s'inscrit dans une véritable politique de mise à disposition relevant du Ministère de l'Education et des professionnels de l'information géographique. Il s'agit de concevoir et d'expérimenter un environnement d'enseignement-apprentissage en ligne pour s'initier aux techniques simples de la géomatique. L'idée principale est de faciliter l'accès aux outils et aux données en les déportant en ligne sur une plate-forme[168]. Il s'agit aussi de favoriser l'approche collaborative et le partage de données. Nous pouvons donc définir la plate-forme GéoWebExplorer comme un environnement d'apprentissage « hybride », combinant des formes d'enseignement-apprentissage en face-à-face et des formes d'enseignement-apprentissage distribué (à distance). L'environnement informatique SIG lui-même est encapsulé dans un environnement pédagogique qui forme le cœur d'un système d'activités organisé en tutorats.

[167] La plate-forme GéoWebExplorer a été réalisée par une équipe de géographes, géomaticiens et informaticiens du CRENAM/CNRS (UMR 5600/Université de Saint-Etienne) constituée de Yvan Calcagni, Bernard Dupuis, Thierry Joliveau et Renaud Mayoud. Le code a été écrit par Yvan Calcagni. Le travail a été réalisé en partenariat avec la société ESRI dans le cadre du projet Gewed financé par le Ministère de la Recherche. La plate-forme développée à partir d'ARC-IMS (ESRI) est installée à l'université de Saint-Etienne. Cette application a reçu le Géo d'Or en 2005 aux 17éme rencontres européennes de la géomatique, à Paris.

Site web de la plate-forme : <http://crenam56.univ-st-etienne.fr/GéoWebExplorer/> (consulté le 25.05.2007).

[168] Bien que les SIG en ligne deviennent de plus en plus courants, il existe pour l'instant très peu de SIG éducatifs accessibles sur Internet, si ce n'est sous la forme d'atlas en ligne. Voir par exemple : O'Dea, E. K. (2002). *Integrating Geographic Information Systems and Community Mapping into Secondary Science Education. A Web GIS Approach*. Masters Thesis, Oregon State University.

12.2 Un système d'activités organisé en « tutorats »

Sur la plate-forme, l'enseignant ou le formateur dispose d'une interface assez riche qui lui permet d'accéder à différentes ressources et fonctionnalités :

- **des jeux de données géographiques** avec la possibilité de sélectionner une partie ou l'ensemble des fonctionnalités SIG (en fonction du niveau des utilisateurs) ;

- **des tutorats** : ensemble de cours et d'exercices assistés, accessibles en ligne par les élèves au moyen d'un outil de visualisation et de navigation ;

- **des outils pour gérer en ligne les cours et exercices,** notamment pour créer des classes et visualiser les résultats individuels des élèves ;

- **des outils pour créer de nouveaux tutorats** à partir des jeux de données disponibles. L'enseignant peut éditer et modifier un tutorat à statut partagé ou créer *ex nihilo* un nouveau tutorat. Les tutorats peuvent porter sur l'acquisition des notions ou des techniques de base des SIG ou sur la résolution de questions de géographie, d'aménagement ou d'environnement au moyen de manipulations géomatiques simples.

Le principal avantage de cet environnement pédagogique est d'organiser les activités en « étapes » de travail pour l'élève et de déconnecter les activités du jeu de données. Ces activités pédagogiques peuvent elles-mêmes être des activités collectives ou individuelles. De fait, les ressources (jeux de données) sont indépendantes des fonctionnalités choisies et des activités mises en place par l'enseignant. Mais en permettant de choisir telle ressource et telle fonctionnalité SIG en vue de telle activité, le tutorat offre une grande souplesse de choix pour l'utilisateur. L'objectif était bel et bien de retrouver la souplesse d'utilisation des deux modules expérimentés lors de l'expérimentation sur Miribel-Jonage[169], mais en augmentant encore la modularité entre ressources et activités.

[169] L'expérimentation pédagogique sur le SIG concernant le parc de Miribel-Jonage a été présentée au chapitre 12.1 (p 186).

12.2.1 Qu'est-ce qu'un tutorat ?

Le concept central de GéoWebExplorer est ce que nous avons appelé un *tutorat*. Il s'agit d'un ensemble cohérent de cours, d'exercices assistés, de données et d'outils pour les traiter. Un tutorat suppose donc le choix d'un jeu de données et la sélection d'une collection d'outils adaptés au cours et aux exercices que l'enseignant propose. GéoWebExplorer permet à l'enseignant ou au formateur de créer, de gérer et d'administrer en ligne des tutorats. Ces tutorats peuvent porter sur l'acquisition de notions ou de techniques de manipulation simples d'information géographique numérique. Mais l'application peut aussi être orientée vers la construction de tutorats sur des questions de géographie, d'aménagement ou d'environnement. Les compétences informatiques demandées par GéoWebExplorer aux formateurs pour créer leur tutorat et aux élèves pour les exécuter, ne dépassent pas le niveau d'une maîtrise de la navigation sur le Web. Compte tenu qu'elle est accessible par un simple navigateur Internet, la plate-forme peut être utilisée dans une situation d'enseignement classique, directement dans la classe, ou en autonomie en salle informatique ou au CDI. Elle peut être utilisée également dans une situation d'enseignement à distance, notamment pour pallier les problèmes d'accès à l'outil informatique dans les établissements.

Le terme de « tutorat » ne renvoie pas ici à un enseignant-tuteur qui aurait en charge d'assurer le suivi sur une plate-forme d'enseignement à distance. Il ne s'agit pas non plus à proprement parler d'un tutoriel, qui assurerait une aide à la prise en main[170]. Le terme désigne un système de guidage au sens large, pour faciliter l'accès aux outils et aux données sur la plate-forme. Un tutorat est constitué en fait d'un ensemble de cours et d'exercices pratiques, structuré en 3 parties :

1) une introduction permettant de cadrer l'exercice ou de présenter des généralités ;

2) une liste non limitée d'étapes de travail comportant des manipulations diverses à réaliser au moyen des outils géomatiques fournis ;

[170] Un des enseignants a néanmoins souhaité construire des tutoriels pour aider les élèves à se repérer dans l'interface un peu complexe de l'application, en particulier pour qu'ils s'approprient l'interface multi-fenêtrage et les fonctionnalités SIG.

3) une vérification des résultats par l'apprenant (questions à choix multiples, questions à réponses ouvertes courtes, fourniture d'une carte résultat, rédaction d'un texte).

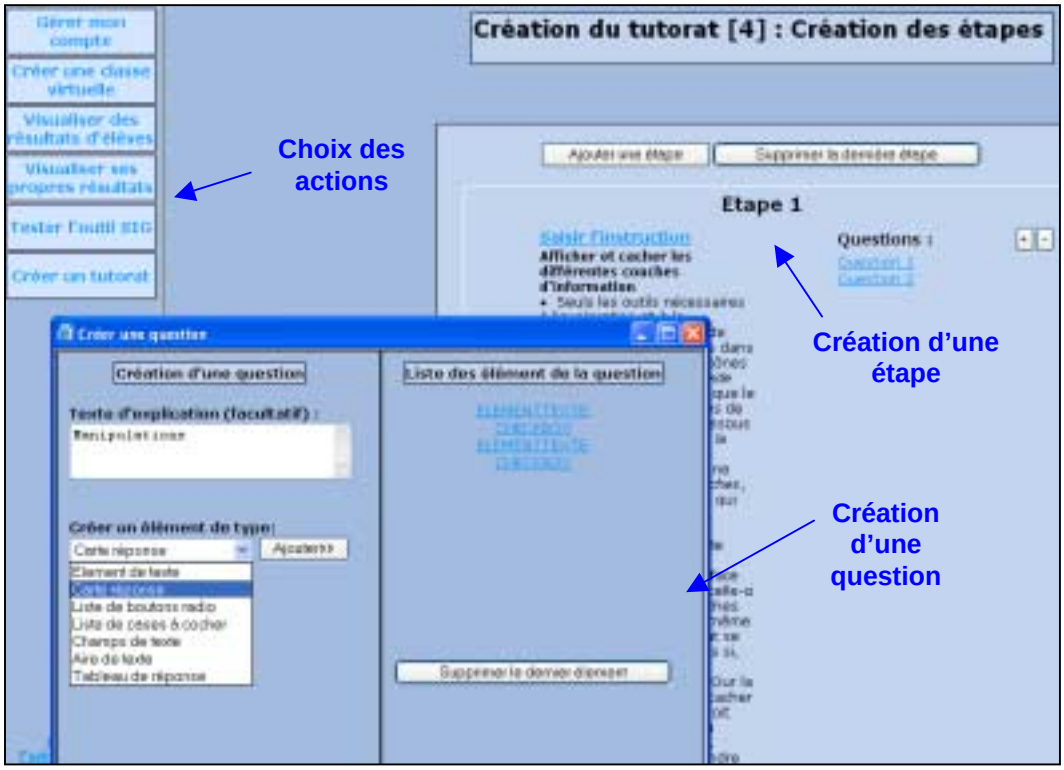
Les tutorats visent à permettre l'acquisition des notions ou des techniques de base des SIG et à favoriser la résolution de questions de géographie, d'aménagement ou d'environnement. Ils peuvent être organisés en étapes de travail et fonctionner comme des systèmes d'activités assez fermés. Ils peuvent être aussi conçus selon un mode de guidage plus souple, afin de favoriser des démarches de découverte libre de l'outil et des contenus. L'objectif est de permettre tantôt des formes d'apprentissage par instruction répondant à un guidage très fort de l'activité, tantôt des formes d'apprentissage par exploration, plus proches des démarches d'investigation et de résolution de problème. Un même tutorat peut porter sur différents jeux de données, dans la mesure où le choix des outils et des activités est indépendant du choix des données. Inversement un même jeu de données peut donner lieu à différents tutorats que les enseignants peuvent décider de partager ou non. Le système de tutorat est destiné à favoriser une grande modularité entre le système informatique, le jeu de données et le système d'activités.

12.2.2 Le tutorat conçu par l'enseignant ou le formateur

Sur la page d'accueil de la plate-forme, l'utilisateur a le choix entre un accès « formateur » ou un accès « utilisateur ». L'accès formateur donne la possibilité à l'enseignant d'accéder à la conception d'un ou plusieurs tutorats, qu'il peut décider de rendre public ou privé, de partager ou non avec d'autres enseignants. La création d'un tutorat se présente sous la forme d'un éditeur de scénario où l'enseignant choisit successivement le jeu de données, les fonctionnalités disponibles, les questions posées aux élèves, le type de réponses. Chaque tutorat est conçu pour être évolutif : l'enseignant peut accéder à son environnement de travail et décider de modifier le jeu de données, les fonctionnalités choisies (affichage, zoom, symbolisation, requêtage…), les paramètres de l'activité, le type de tâche, les formes d'évaluation. L'objectif est de fournir une interface malléable et de permettre à l'enseignant ou au formateur de personnaliser l'environnement numérique dans lequel les apprenants auront à faire l'activité. A tout moment, l'utilisateur peut revenir sur ses choix initiaux et décider d'activer ou de désactiver dynamiquement des

fonctionnalités, ou modifier le jeu de données et les questions posées. Il s'agit d'offrir une architecture ouverte, flexible et malléable, qui puisse s'adapter à de larges catégories d'utilisateurs et qui permette de rendre visibles ou invisibles certaines fonctionnalités, en fonction des besoins des enseignants[171]. Les Figures 20 et 21 montrent l'interface et les étapes de création d'un tutorat par l'enseignant.

Figure 20 : L'interface du tutorat vue par l'enseignant (GéoWebExplorer)



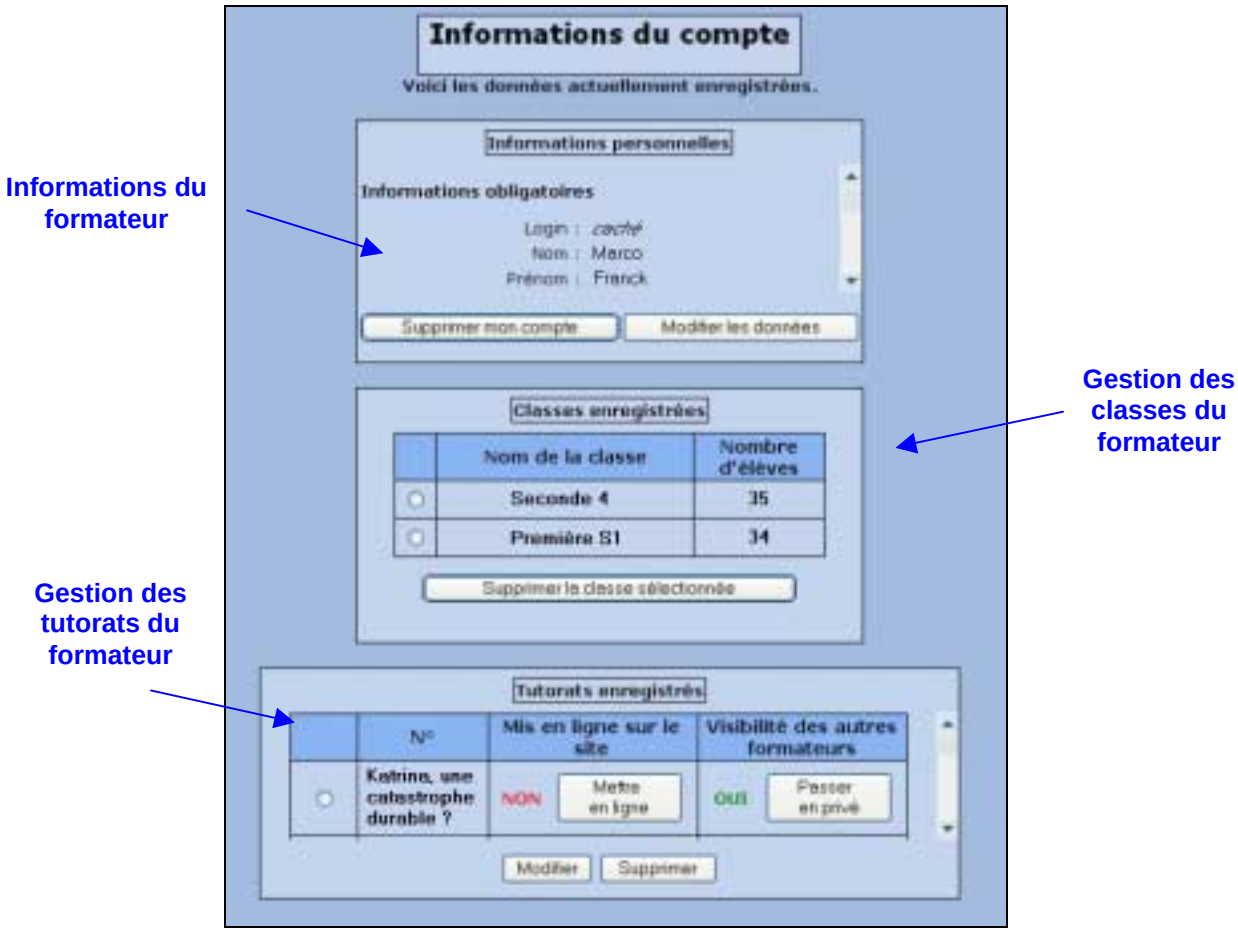
[171] Le besoin d'accroître la convivialité et l'accessibilité des SIG pour un public d'enseignants et d'élèves apparaît au cœur des préoccupations actuelles, comme en témoignent plusieurs rapports d'étude publiés dans différents pays. Voir par exemple :

- National Research Council (2005). *Learning to Think Spatially : The incorporation of Geographic Information Science across the K-12 Curriculum.* Geographical Sciences Committee, Board on Earth Sciences and Resources, Washington, National Academies Press.

- Yalamas, P. & Pornon, H. (2006). *Mission d'analyse, d'étude et de conseil stratégique sur le développement et la mise en oeuvre de logiciels SIG dans un contexte éducatif. Evaluation des orientations et stratégies*, IETI Consultants, Ministère de l'Education Nationale (Sous Direction TICE).

Une fois conçu et enregistré, le tutorat est stocké dans l'espace de travail de l'enseignant. La liste des tutorats enregistrés permet à l'utilisateur de visualiser directement les jeux d'activités qu'il a élaborés, mais aussi de les reprendre pour les modifier ou pour en créer de nouveaux. Dans cet espace de travail, l'enseignant crée ses « classes virtuelles », qui peuvent correspondre aux groupes-classes de son établissement ou à des groupes d'apprenants qu'il a lui-même définis. La création d'une classe a pour conséquence d'attribuer automatiquement des identifiants pour chaque élève. Mais en l'état actuel, l'élève n'a pas la possibilité de modifier son identifiant pour se connecter : à l'usage, ce n'est pas en soi un défaut, car ainsi le professeur a accès en permanence à la liste des mots de passe de la classe, au cas où un élève perde son identifiant (ce qui arrive assez souvent).

Figure 21 : Conception et gestion des tutorats par l'enseignant (GéoWebExplorer)



Au sein de son espace de travail, l'enseignant a aussi accès aux résultats de chaque élève. L'évaluation des réponses des élèves peut donc s'effectuer directement en ligne. Etant donné que les élèves peuvent se connecter en permanence pour modifier ou compléter leurs réponses, il a été nécessaire, lors des expérimentations, de sensibiliser les enseignants au fait qu'ils devaient donner une date limite aux élèves pour rendre leur travail. Pour pallier cette difficulté, certains enseignants ont choisi à la fin de la séance de mettre leur tutorat hors ligne, afin de limiter le temps imparti pour chaque activité. Mais globalement enseignants et élèves ont assez vite compris qu'un travail en ligne pouvait - et avait même tout intérêt - à se dérouler en partie en dehors des murs de la classe.

Sur cette plate-forme SIG, les enseignants ou formateurs ont vocation à jouer un rôle essentiel non seulement dans la production de ressources, mais plus fondamentalement dans la production d'activités d'apprentissage. La conception ou l'utilisation de séances d'activités pédagogiques est au cœur de l'environnement. Ce qui conduit à définir ou redéfinir le rôle ou les rôles des enseignants, en fonction de leur degré de familiarisation avec l'outil géomatique et de leur degré d'implication en tant qu'utilisateur ou concepteur. Un même enseignant peut être à la fois ou successivement utilisateur et concepteur. De manière synthétique, on peut distinguer quatre rôles pour l'enseignant :

1- l'enseignant utilisateur d'un jeu de données ;

2- l'enseignant utilisateur d'un scénario d'activité (« tutorat ») ;

3- l'enseignant concepteur d'un jeu de données ;

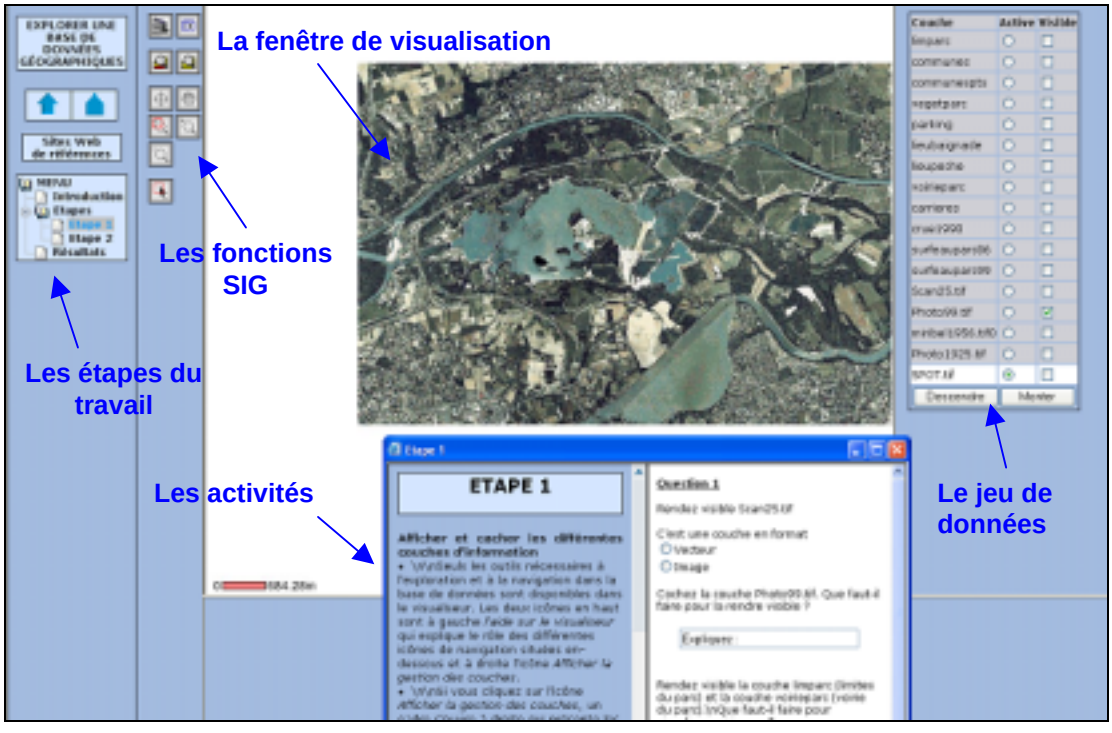
4- l'enseignant concepteur d'un scénario d'activité (« tutorat »).

Les rôles 1 et 2 sont plus accessibles, dans la mesure où l'enseignant n'est pas obligé d'être concepteur comme dans les rôles 3 et 4. Mais il convient de souligner que les enseignants ont tous accepté le rôle de concepteur de scénario, estimant que la conception d'activités pédagogiques était au coeur de leur métier. En revanche, seule la moitié d'entre eux a accepté de participer à la conception des jeux de données, qui requiert beaucoup plus de temps et de compétences techniques. Il semble également que la construction de jeux de données géographiques ne soit pas ressentie comme faisant partie en tant que telle de la profession enseignante. Cette activité touche à la question de la production de ressources numériques et demande un investissement très fort sur le plan personnel ou collectif. Elle relève également de l'acquisition de données auprès de fournisseurs de données géographiques (par exemple pour la France l'IGN, le BRGM, l'INSEE…).

12.2.3 Le tutorat utilisé par les élèves

Une fois créé par l'enseignant, le tutorat est mis à disposition de chaque élève qui possède un identifiant et un mot de passe pour se connecter sur la plate-forme. L'élève n'a pas accès à l'environnement de conception de tutorat. En revanche, il dispose d'une interface assez riche lui permettant d'organiser son activité. L'application se présente pour l'élève selon une interface multi-fenêtrage (Figure 22) : au centre, la fenêtre de visualisation donne accès à l'interface cartographique où les cartes s'affichent en fonction des opérations faites par l'élève. Associé à cette fenêtre, une barre d'icônes donne accès aux fonctionnalités SIG (affichage, zoom, sélection, symbolisation, requêtage). A gauche de l'écran figurent les étapes de travail qui permettent à l'élève de suivre un conducteur et de prendre connaissance des tâches qu'il doit effectuer. A chaque étape s'ouvre une sous-fenêtre (*pop-up*), qui affiche les consignes et les questions. Le menu de travail donne accès aussi au récapitulatif des réponses que l'élève peut compléter ou modifier. A droite de l'écran s'affiche la liste des couches d'information, que l'élève peut activer/désactiver, rendre visible/invisible, monter/descendre, en fonction des choix qu'il doit effectuer :

Figure 22 : L'interface du tutorat vue par l'élève (GéoWebExplorer)



Cette interface assez riche, qui peut paraître un peu complexe de prime abord, est destinée à favoriser l'interactivité : les interactions peuvent être multiples entre l'utilisateur et le jeu de données, le visualiseur de cartes, le système d'activité et les fonctionnalités SIG. La structure linéaire des étapes de travail donne cependant des éléments de guidage pour l'élève, qui peut choisir le « menu » pour se repérer dans son travail ou qui peut travailler librement « à la carte ». Assez vite, l'élève comprend qu'il n'a pas affaire à un atlas de cartes à visualiser, mais à un environnement dynamique de cartes à produire à partir de données[172].

L'élève est invité à accomplir un certain nombre de tâches prescrites par l'enseignant qui a conçu le tutorat. En l'absence de consignes précises, il peut aussi répondre à un questionnement ouvert, l'incitant à chercher les données adéquates et à produire les cartes pertinentes pour répondre au problème posé. Ses réponses sont enregistrées individuellement sur le serveur en fonction du type d'exercice (questions à choix multiples, textes à compléter, réponses ouvertes, cartes construites par l'utilisateur et enregistrées sous forme de copie d'écran).

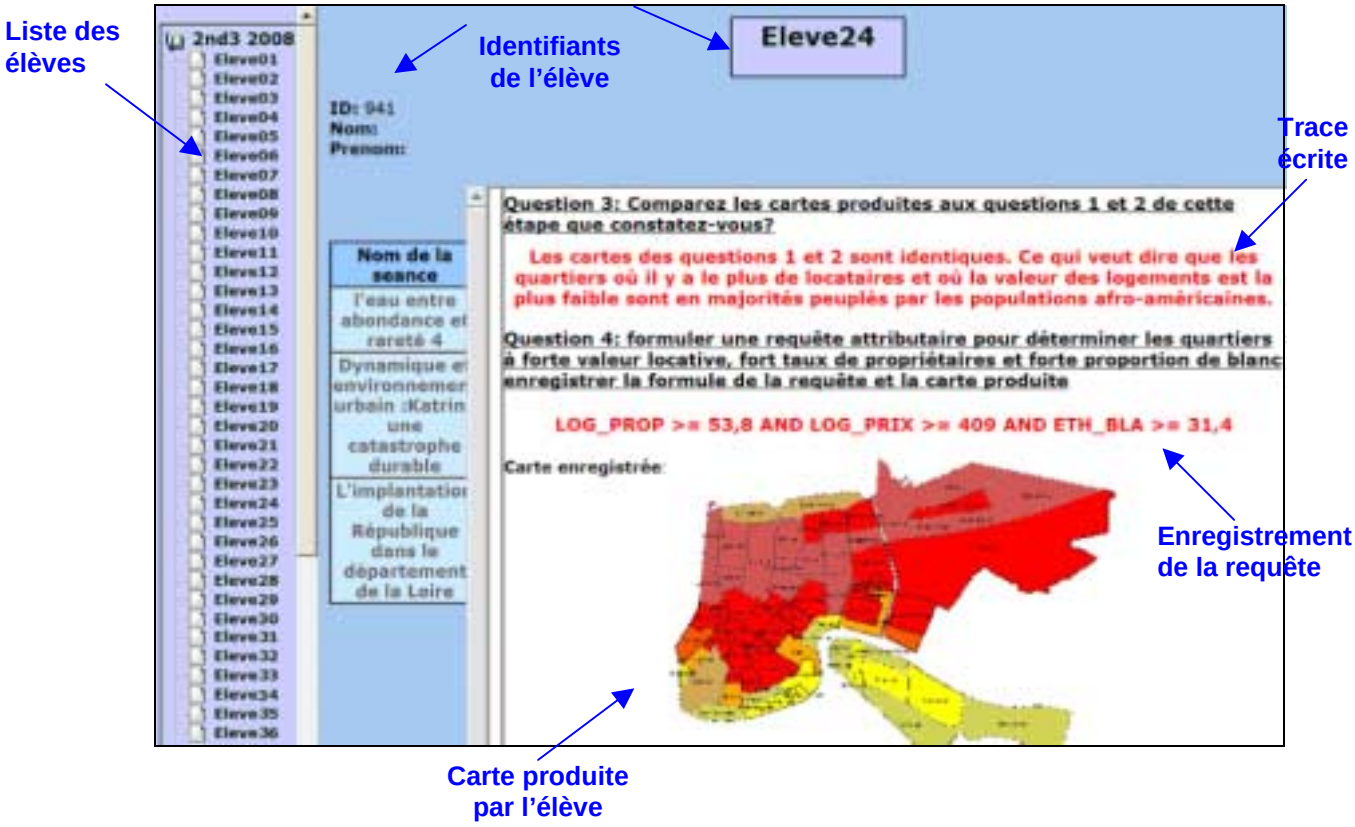
L'enseignant a accès aux réponses enregistrées par les élèves dans chacune des classes. Les résultats des élèves peuvent donc être visualisés et évalués directement sur la plate-forme (Figure 23). Les traces enregistrées sont de différente nature : enregistrement de traces écrites (réponses à des questions ouvertes ou fermées), enregistrement de requêtes et de cartes produites par l'élève. Les élèves peuvent se connecter de leur établissement ou de leur domicile pour modifier ou compléter leurs réponses. Le tutorat peut aussi être utilisé comme mode de correction. Mais dans les expérimentations, les enseignants n'ont pas souhaité utiliser la plate-forme comme support d'auto-correction, ce qui demeure en soi possible.

Il convient enfin de noter que l'application GéoWebExplorer peut être utilisée sans tutorat. Cela n'a pas été le choix effectué lors des expérimentations pédagogiques qui nécessitaient un guidage de l'activité et un « traçage » des réponses des élèves sur la plate-forme. Mais à terme, il est envisagé d'ouvrir la plate-forme à d'autres utilisateurs (non

[172] Comme nous l'avons montré dans le chapitre 6.3 (p 108), l'interface de visualisation au sein d'un SIG affiche le résultat des traitements opérés par l'utilisateur à partir de la base de données ou de sélections spatiales sur la carte elle-même. La carte numérique n'est que le produit de traitements informatiques et joue le rôle d'outil de médiation cognitive au sein d'un SIG.

expérimentateurs) et donc de donner un accès à un site Internet ouvert vers l'extérieur.

Figure 23 : Visualisation des résultats d'élèves (GéoWebExplorer)



13. La mise en place d'un protocole d'expérimentation

13.1 Méthodologie d'ingénierie didactique

La méthodologie que nous avons adoptée pour conduire les expérimentations est celle de l'ingénierie didactique. Elle est empruntée au cadre méthodologique établi par Michèle Artigue pour la didactique des mathématiques (Artigue, 1990). Cette méthodologie a été reprise et adaptée dans plusieurs disciplines. Elle s'inscrit plus largement dans un courant de recherche en éducation, visant à confronter les hypothèses théoriques à des expérimentations en classe. Cette approche peut se rattacher au courant du *design experiments* (Burkhardt & Schoenfeld, 2003). Elle s'oppose à la validation externe

basée sur la comparaison statistique des performances de groupes expérimentaux et de groupes-témoins[173].

L'ingénierie didactique repose en fait sur un paradigme de validation interne. Il s'agit d'analyser *a priori* les effets prévisibles en termes de connaissances acquises de telle situation (caractérisée par un ensemble de variables didactiques) et ensuite de confronter cette analyse avec ce qui se déroule effectivement en classe. Dans ce processus, les éléments théoriques aident à la construction de situations visant à renforcer une utilisation « raisonnée » des TICE. Les observations de classe permettent de comprendre le comportement des élèves et de faire évoluer la situation d'apprentissage construite initialement. Ces processus d'allers-retours entre théorie et pratique permettent de réviser, d'améliorer les situations en vue d'une diffusion hors contexte expérimental. Par ailleurs, les résultats du développement peuvent avoir en retour des effets sur la recherche, en éclairant, par exemple, les conceptions de nouveaux environnements d'apprentissage ou les choix pour des acteurs du système éducatif. Des cycles itératifs permettent d'approfondir l'analyse et d'améliorer les expérimentations, en allant des hypothèses théoriques aux situations vécues par les enseignants et par les élèves, et réciproquement.

L'ingénierie didactique s'inscrit dans le registre de l'étude de cas. Elle correspond à notre approche qui s'efforce de présenter chaque situation d'enseignement-apprentissage comme un cas spécifique. Elle suppose néanmoins l'idée de reproductibilité. Même si chaque situation de classe est unique et donc difficilement reproductible, l'idée est de dégager des invariants à partir d'observations *in situ* et de repérer des décalages à partir d'erreurs isolées ou récoltées dans différents contextes. Cette analyse *a posteriori* vise à mettre en évidence l'écart entre le savoir attendu et le savoir réellement appris par l'élève. Le savoir attendu est lié au contenu enseigné, lui-même issu, dans cette recherche, de l'analyse du raisonnement géographique, du rapport analogique à la carte, de la polysémie de la carte et de l'image numériques et du rôle de l'artefact.

[173] Selon Burkhardt & Schoenfeld (2003), le « *design experiments* » constitue un modèle prometteur pour conduire des recherches sur des pratiques expérimentales et pour contribuer à une interaction entre recherche et pratique. Les données recueillies avant, pendant et après l'expérimentation servent à tester la théorie. En même temps, elles mettent en valeur les points forts et les faiblesses de l'expérimentation, en vue de pouvoir l'améliorer.

Cela se traduit concrètement, dans cette recherche, par la mise en place d'un protocole commun d'expérimentation pour tester des démarches pédagogiques instrumentées. Ce protocole se décompose selon les étapes suivantes :

1- l'élaboration d'un scénario d'activité pédagogique ;

2- l'intégration de ce scénario sur la plate-forme pédagogique ;

3- la mise en œuvre en classe avec les élèves ;

4- l'analyse des réponses et la confrontation aux hypothèses avancées ;

5- le réaménagement de l'activité et du scénario à partir des retours d'usages.

Notre méthodologie de recherche s'appuie donc sur la mise en oeuvre de scénarios pédagogiques portant sur le statut du raisonnement géographique dans la conduite de démarches de résolution de problème en classe et la place que la géomatique peut prendre pour instrumenter cette démarche. Il s'agit d'implémenter des démarches d'apprentissage au sein d'un environnement informatique, pour ensuite en mesurer les effets sur l'évolution des pratiques pédagogiques, et en particulier sur la manière d'enseigner et d'apprendre la géographie.

13.2 Choix des scénarios pédagogiques

Les thèmes d'étude et les notions géographiques ont été laissés au choix et à l'appréciation des enseignants, qui devaient tenir compte de la contrainte des programmes, du niveau de leurs élèves, de leurs objectifs en termes de programmation et de progression. En revanche, nous leur avons demandé de construire des situations d'apprentissage avec l'outil géomatique, mettant en œuvre des démarches de visualisation et de résolution de problème. Nous leur avons également demandé de scénariser leur activité, en adoptant une grille de scénario pédagogique (cf grille de scénario présentée en Annexe 7, à partir de l'étude de cas sur l'Europe). Cette grille a été élaborée et discutée au préalable avec les enseignants, de manière à aboutir à un modèle de scénario partagé et adapté aux objectifs poursuivis. Sans rendre obligatoire l'élaboration d'un scénario pédagogique, l'usage d'un environnement numérique d'apprentissage conduit néanmoins à formaliser davantage les objectifs, les activités et les démarches pédagogiques.

La grille de scénario visait trois objectifs principaux (Pernin & Lejeune, 2004)[174] :

- formaliser des démarches en disposant d'un modèle commun entre les différents enseignants expérimentateurs ;
- préciser les intentions pédagogiques en explicitant les objectifs d'apprentissage ;
- favoriser l'appropriation de l'outil en aidant à la prise en main de l'environnement numérique et à la gestion d'une situation d'apprentissage instrumentée.

En outre, cette grille de scénario a permis de lister les données nécessaires pour la réalisation de chaque activité et de distinguer les activités manipulatoires des activités d'apprentissage. Nous ne nions pas que le sujet construit son savoir à partir d'activités tout à la fois manipulatoires et intellectuelles, qu'il modifie sa représentation du monde par des réorganisations cognitives successives à travers l'usage de l'instrument. Mais s'agissant de situer la place de l'instrument et de favoriser l'efficacité de cette instrumentation, nous avons préféré faire apparaître nettement les choix en matière de fonctionnalités et de ressources numériques mobilisées.

13.3 Méthodes de recueil des données

Les expérimentations pédagogiques se sont déroulées sur trois années de 2005 à 2008. Elles ont concerné six enseignants d'histoire-géographie (cinq enseignants en lycée et un enseignant en collège). Nous n'avons pas cherché à cibler des établissements scolaires ni des classes d'élèves en fonction de leur niveau de résultats ou de leur type de recrutement[175]. Ce sont des enseignants volontaires qui ont accepté de mener les expérimentations dans trois académies (Lyon, Grenoble et Lille). Deux des enseignants n'avaient aucune pratique des SIG avant l'expérimentation, les quatre autres étaient en

[174] Pour Pernin et Lejeune (2004), il existe différentes formes de scénarios (scénarios prédictifs ou descriptifs, scénarios d'usage, scénarios d'apprentissage ou de formation…). De manière globale, on scénarise : pour planifier des activités, pour identifier des objectifs d'apprentissage, pour améliorer les pratiques des apprenants, pour formaliser des intentions pédagogiques, pour gérer une situation d'apprentissage instrumentée.

[175] On peut cependant noter que les deux classes de quatrième du collège de l'académie de Lille, qui ont participé à ces expérimentations, étaient en majorité composées d'élèves en difficulté.

partie familiarisés avec l'outil géomatique, mais deux d'entre eux seulement avaient déjà conduit des expérimentations avec SIG en classe. Cinq enseignants sur les six avaient une pratique confirmée dans le domaine des TIC et avaient déjà conduit des séances en salle informatique avec des élèves. Un seul enseignant découvrait à la fois l'informatique pédagogique et l'outil SIG, mais sa pratique éprouvée de la géographie et du terrain lui donnait une motivation très forte pour utiliser la géomatique avec ses élèves. Au total, ce sont douze classes de collège-lycée qui se sont prêtées à ces tests d'expérimentation. Dans la mesure du possible, chaque enseignant devait expérimenter sur deux classes de même niveau, afin de pouvoir corriger les défauts constatés et pour pouvoir également comparer les résultats d'une classe à l'autre (dans le cas où il y aurait de forts écarts dans les résultats).

Les expérimentations ont concerné essentiellement trois niveaux d'enseignement : des classes de quatrième, de seconde et de première. Le choix de ces niveaux d'enseignement pour conduire nos expérimentations était conscient et volontaire. Tout d'abord, il paraissait difficile de faire manipuler un outil SIG à des élèves en début de collège. Il est tout à fait possible d'initier des élèves de sixième ou de cinquième à des outils d'affichage et de visualisation de cartes numériques. Mais précisément notre intention n'était pas d'utiliser les SIG comme de simples globes virtuels. L'objectif était au contraire de dégager la spécificité des SIG pour traiter des masses assez importantes d'informations et pour mobiliser une pensée complexe. La classe de quatrième correspond au stade où les élèves commencent à accéder à des opérations de raisonnement logique de plus haut niveau et à une conceptualisation plus poussée. L'étude de l'Europe et de son organisation spatiale se prête assez bien à une initiation aux outils de traitement statistique et à la visualisation de cartes à petite échelle (celle d'un continent), alors qu'on a plutôt l'habitude de mobiliser des SIG pour des études de cas à grande échelle (à l'échelle locale ou régionale).

En ce qui concerne le lycée, nous avons décidé de retenir les niveaux d'enseignement de seconde et de première. Nous avons choisi de ne pas conduire d'expérimentation en classe de terminale, du fait que la préparation des épreuves de cartographie au baccalauréat était assez lourde et qu'elle avait tendance à orienter les pratiques cartographiques vers l'épreuve spécifique du croquis géographique. Le choix de la classe de seconde a permis d'utiliser la plate-forme SIG pour la conduite d'études de cas en géographie, telles qu'elles sont décrites et préconisées par les textes officiels. Le maintien des modules en seconde

était pour les enseignants de lycée, confrontés à des effectifs assez lourds, la seule opportunité de mener des séances en demi-groupe en salle informatique. Les études de cas proposées ont concerné des thématiques en lien avec les programmes d'enseignement en lycée : la gestion des risques (cyclone Katrina) et les problèmes de gestion et d'aménagement d'espaces liés à l'eau (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la basse rivière d'Ain). Le choix de la classe de première a été retenu, malgré le fait que les enseignants ne disposaient pas de module pour expérimenter. Il convient de souligner que le même jeu de données sur l'Europe a servi en classe de quatrième et en classe de première, dans un but de mutualisation des ressources géomatiques, mais aussi de manière à pouvoir établir des comparaisons entre ces deux niveaux de classe. L'objectif était de pouvoir tester des démarches sur le thème des villes et des régions européennes, en lien avec le modèle centre-périphérie pour la classe de quatrième et avec le phénomène de métropolisation et l'étude du réseau urbain pour la classe de première.

Concernant la méthode de recueil de données, nous avons choisi de ne pas procéder à des pré-tests et à des post-tests, mais de mettre en place un système d'enregistrements de toutes les réponses des élèves sur la plate-forme. Ces traces informatiques ont été pour nous très précieuses, dans la mesure où il est difficile d'observer des élèves devant leurs écrans et de comprendre les opérations intellectuelles qu'il sont censés conduire à travers les clics de souris qu'ils effectuent. Les traces informatiques permettent en effet d'accéder à un suivi de l'activité des élèves et permettent de comparer cette activité aux tâches prescrites. L'environnement informatique que nous avons utilisé ne permettait pas de traçage informatique, au sens où l'on ne pouvait pas connaître chaque action de l'utilisateur sur l'interface[176]. Mais du moins l'enregistrement systématique des réponses sous forme numérique nous a-t-il permis de constituer un corpus important de données à analyser. A raison de 12 classes et de plus de 30 élèves par classe en moyenne, ce sont près de 400 enregistrements élèves qui ont été réalisés sur la plate-forme. Afin de pouvoir traiter l'ensemble de ces réponses, nous avons utilisé une grille d'évaluation, qui avait été proposée par le Ministère de l'Education Nationale pour les évaluations diagnostiques pour l'entrée en classe de seconde. Cette grille d'évaluation a été reprise et adaptée au cadre de de nos expérimentations :

[176] Une des évolutions de la plate-forme GéoWebExplorer serait de mettre en place des outils de traçage, afin de mieux connaître les activités spécifiques des utilisateurs sur un SIG et pouvoir établir des modes d'usages et des « patterns » d'interaction.

- code 1 : réponse attendue (ce qui ne veut pas dire qu'il y ait une seule réponse possible) ;
- code 2 : réponse partielle (la réponse comportant suffisamment d'éléments pertinents, ce code est considéré comme un code de réussite) ;
- code 3 : réponse erronée (ce qui n'est pas tout à fait synonyme de réponse fausse, l'erreur pouvant être en soi significative, voir code 4) ;
- code 4 : erreur significative (par rapport aux représentations des élèves, par rapport à la manière de raisonner ou d'utiliser l'instrument…)
- code 0 : absence de réponse.

Les compétences évaluées ont porté principalement sur l'aptitude à appréhender l'espace à partir de cartes de différente nature et à différentes échelles, sur la capacité à traiter l'information géographique (sélectionner, classer, interroger, thématiser des données) et sur l'aptitude à produire une réponse synthétique et argumentée. Les évaluations ont été conduites par les enseignants eux-mêmes, qui avaient en charge les élèves et qui connaissaient bien le scénario d'activités qu'ils avaient construit. Nous avons laissé le choix aux enseignants de noter ou non les résultats des élèves, sachant que l'évaluation portait davantage sur des compétences de raisonnement que sur des savoirs géographiques (type d'évaluation formative plus que sommative). Nous n'avons pas cherché à établir un bilan quantitatif global de tous ces résultats, dans la mesure où ils provenaient d'expérimentations et de classes différentes, avec des attentes et des choix spécifiques pour chaque enseignant. Nous avons préféré conduire une analyse qualitative des réponses en choisissant certaines classes et certains élèves, en comparant les résultats fournis par rapport aux réponses attendues.

En outre, pour pouvoir juger des étapes et de la validité du raisonnement géographique, nous avons souhaité, pour chaque expérimentation, faire enregistrer aux élèves les cartes intermédiaires qu'ils avaient pu réaliser pour parvenir à résoudre le problème posé. Les cartes enregistrées directement dans l'espace de travail de chaque élève ont été une source d'information très appréciable pour juger de la pertinence du

raisonnement et des problèmes rencontrés[177]. Dans la même perspective, il était demandé aux élèves de produire une carte comme élément de réponse à la question posée. Il ne s'agissait pas d'un croquis de synthèse, tel qu'on peut le demander à l'épreuve du baccalauréat, mais plutôt d'un croquis-argumentaire permettant de justifier de la compréhension du phénomène et de la pertinence de la réponse proposée. Ayant à manipuler des jeux de données et des cartes, il était assez logique de demander aux élèves de produire leur propre carte, à l'appui de leur argumentation. La capacité à argumenter avec des cartes constitue une compétence fondamentale et nécessite que l'on puisse évaluer les étapes et les formes du raisonnement[178]. Pour les mêmes raisons, nous avons souhaité également que les élèves puissent enregistrer la structure des requêtes qu'ils avaient pu construire pour interroger la base de données. La « grammaire » d'une requête attributaire, si elle est maîtrisée, témoigne de la rigueur des élèves dans le maniement des opérateurs logiques. Malgré la puissance des moteurs de recherche sur Internet qui fonctionnent par occurrence et comprennent plus ou moins le « langage naturel » de l'utilisateur, il ne semble pas inutile de former les citoyens de demain au maniement des opérateurs booléens en leur faisant construire des équations simples de recherche (ici sous la forme de requêtes attributaires). C'est d'ailleurs le sens du référentiel et de la certification du B2i, qui fait référence explicite à la maîtrise des outils de recherche et de traitement de l'information.

Nous avons complété notre corpus de traces informatiques par la passation d'un questionnaire. Le questionnaire que nous avons utilisé au terme des expérimentations était centré sur la manière dont l'application était reçue par les élèves. Il s'agissait également de déterminer si les élèves étaient motivés plutôt par l'usage de l'informatique, plutôt par la pratique de la cartographie ou encore par la façon de traiter un thème ou de « faire de la géographie » (cf questionnaire en Annexe 8). Du fait que nous n'étions pas centré sur l'observation de comportements ou d'attitudes ni sur le recueil de représentations, nous n'avons pas cherché à effectuer des enregistrements vidéo ou audio des séances

[177] L'intérêt des cartes et des requêtes enregistrées par les élèves réside principalement dans le fait qu'elles permettent de travailler sur l'analyse de signes non verbaux. Cependant l'analyse de ces traces ne suffit pas à restituer toutes les étapes du raisonnement conduit par les élèves ni à statuer toujours formellement sur la nature de ce raisonnement.

[178] Le paragraphe argumenté constitue une épreuve du brevet des collèges. La préparation de cette épreuve suppose de faire travailler les élèves sur plusieurs compétences, notamment celles relatives au traitement de l'information (sélectionner, trier, mettre en relation) et au passage d'un mode d'écriture à un autre.

réalisées.[179] Nous avons préféré assister directement à plusieurs séances pour observer la manière dont les élèves travaillaient avec l'ordinateur. A la suite de ces séances, nous avons voulu recueillir l'avis de quelques groupes d'élèves, en fonction des observations faites *in situ* et des questionnaires distribués immédiatement à la suite de l'expérimentation. Nous avons donc conduit des entretiens semi-directifs, afin de cibler davantage les points forts et les difficultés qui apparaissaient pour certains élèves, qui ont ainsi pu verbaliser par rapport aux traces écrites et aux cartes qu'ils avaient pu produire. Nous avons voulu également connaître le point de vue des enseignants expérimentateurs sur ces séances informatiques. Nous donnons la transcription complète de l'un de ces entretiens, celui qui apparaissait le plus intéressant par rapport à l'usage des globes virtuels, des SIG et de la question centrale de la visualisation et du raisonnement géographique (cf Annexe 9). Pour une transcription complète de l'entretien, nous avons utilisé un logiciel de reconnaissance vocale. Pour les entretiens élèves, nous avons effectué des transcriptions partielles qui correspondent à des étapes de raisonnement dont nous avons jugé l'analyse intéressante.

14. Le test de nouvelles démarches d'apprentissage

A travers les différentes expérimentations que nous avons pu conduire et analyser, nous ne prétendons pas couvrir tout le champ des usages pédagogiques de la géomatique. Cependant nous avons voulu essayer de dégager une typologie permettant de déterminer des pistes d'usages à partir d'études de cas en géographie. Nous prenons ici le terme d'étude de cas dans une double acception. Dans l'acception des programmes scolaires, l'étude de cas désigne un type particulier de démarche d'apprentissage, où l'élève doit appréhender un problème complexe, afin de développer un raisonnement de type systémique, à l'aide d'une problématique de recherche et de réflexion.
En principe, l'étude de cas est réservée aux classes de seconde et de première. Mais on peut noter que les nouveaux programmes publiés en 2008 introduise ce type de démarche également au niveau collège, signe que les finalités intellectuelles et civiques assignées à

[179] Notre objectif n'était pas de faire de l'analyse de pratiques à partir de l'étude du discours des acteurs, mais plutôt d'analyser l'activité des élèves à partir des « traces » de leur action (production de textes, de cartes ou de requêtes).

l'étude de cas tendent à faire leurs preuves dans l'enseignement de la géographie[180]. Dans une acception recherche, l'étude de cas désigne un démarche d'observation à partir d'un exemple, ici d'un type d'expérimentation inscrit dans un contexte et répondant à un protocole d'analyse expérimentale. Nous proposons donc de décrire en détail les scénarios d'usage et d'analyser les réponses des élèves à partir de différentes études de cas. Celles-ci concernent la mobilisation d'un SIG pour quatre familles d'usages bien spécifiques :

- pour résoudre un problème d'actualité : étude de cas sur le cyclone Katrina ;
- pour une démarche d'investigation sur le terrain : étude de cas sur la rivière d'Ain ;
- pour discuter un modèle (centre/périphérie) : étude de cas sur la hiérarchie des régions et des villes en Europe ;
- pour une approche géohistorique : étude de cas sur l'enracinement de la République dans le département de la Loire à la fin du XIXe siècle.

14.1 Utiliser un SIG pour résoudre un problème d'actualité : étude de cas sur le cyclone Katrina

La prévision et la gestion des catastrophes naturelles est certainement l'un des domaines les plus perceptibles et les plus immédiatement utiles des SIG. Dans le cas du cyclone Katrina, qui a entraîné la destruction de 80% de la ville de la Nouvelle-Orléans aux Etats-Unis en août 2005, il semblait intéressant de faire travailler les élèves sur les

[180] Introduit dans les programmes de lycée en 2000, le choix explicite de l'étude de cas repose selon L.-P. Jacquemond sur cinq éléments essentiels :

- rendre compte du réel, c'est-à-dire de la complexité d'un objet d'étude, sachant que le seul choix primordial est l'angle d'attaque que l'on va privilégier ;
- s'inscrire dans un raisonnement ou une analyse systémique afin d'accéder aux interactions et aux différents ordres de la réflexion dans une perspective de synthèse et de démarche de synthèse ;
- structurer l'ensemble à l'aide d'une problématique de recherche et de réflexion, pour avoir un fil conducteur et pour construire une réponse ciblée et ordonnée conforme à l'axe d'investigation ;
- choisir une approche nécessairement et prioritairement spatiale, à une échelle pertinente d'entrée, mais avec une confrontation multi-scalaire ;
- instruire l'objet d'étude comme un temps politique et/ou polémique de formation citoyenne et démocratique ou (version éducation nationale) à visées critiques et civiques.

Disponible sur : <http://fig-st-die.education.fr/actes/actes_2003/jacquemond/article.htm> (consulté le 02.09.2008)

notions de risque, d'aléa et de vulnérabilité, en intégrant les outils du géographe (cartes, statistiques, articles de journaux, discours institutionnels, témoignages…)[181]. La fin de l'été est la saison propice à la formation des cyclones tropicaux dans la région du golfe du Mexique. Mais cette catastrophe a été exceptionnelle à double titre. Elle a montré la vulnérabilité de la superpuissance américaine, confrontée à l'image de ses inégalités sociales et de son incapacité à faire face à l'aléa naturel. Elle a donné lieu - à l'instar de chaque grande catastrophe, mais plus encore en ce qui concerne la première puissance mondiale - à une diffusion massive et inégalée d'informations sur Internet, qu'il s'agisse d'articles de presse, de schémas animés (infographies), de données cartographiques ou statistiques, de photographies aériennes ou d'images satellitales…

Il semblait donc pertinent de montrer aux élèves le rôle déterminant de l'information géographique et de leur permettre de prendre du recul par rapport à cette information. Le traitement « en temps réel » de l'information par les *media* du monde entier avait tendance à verser dans le catastrophisme. L'objectif était donc d'utiliser les possibilités de traitement de l'outil SIG pour déconstruire le discours médiatique et analyser une situation complexe, en dépassant les idées reçues[182]. Nous étions exactement dans ce que l'on peut définir comme une étude de cas problématique (cf chapitre 4.3, p 84), à partir d'un problème d'actualité (Le Roux, 2004).

Etant donné que les sites américains donnaient accès à une masse considérable d'informations géographiques sur Internet, il était assez aisé de trouver les données nécessaires pour construire une étude de cas[183]. C'est ainsi que nous avons pu rapidement constituer un jeu de données comportant une dizaine de couches :

---

[181] La séance d'activité sur le cyclone Katrina a fait l'objet d'une présentation complète par l'enseignant qui a expérimenté cette étude de cas, lors de la journée d'étude géomatique INRP de 2007 : <http://eductice.inrp.fr/EducTice/projets/geomatique/Journees_etude/Journee_2007> (consulté le 02.07.2007)

[182] Sur le traitement d'un sujet médiatique à l'aide d'un SIG, nous renvoyons à l'article :
Genevois, S., Joliveau, T. (2005). Traiter l'information géographique avec des outils géomatiques : l'exemple du cyclone Katrina. *Dossiers de l'Ingénierie Educative, CNDP*, 52, octobre 2005, p. 34-37.

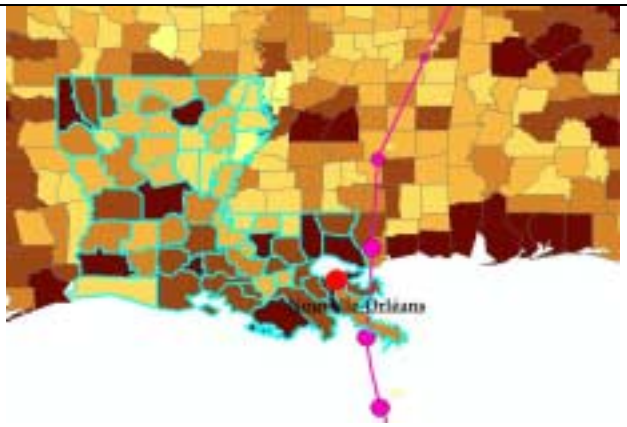
[183] Il convient de noter que le site Google Maps, qui venait d'être mis en ligne en 2005, a connu des records d'affluence en mettant en ligne des images à très haute résolution sur le site de la Nouvelle-Orléans avant et après la catastrophe. Le monde entier découvrait l'ampleur des dégâts et vivait donc la catastrophe en direct sur Internet avec ces images très détaillées.

- deux images satellitales (une image SPOT complétée par une image radar), l'une à l'échelle continentale pour déterminer la forme et la trajectoire du cyclone, l'autre à l'échelle locale pour mesurer l'extension précise des zones réellement inondées ;
- une photographie aérienne permettant de localiser le site de la Nouvelle-Orléans, la morphologie urbaine et la répartition fonctionnelle de la ville américaine, les types d'activités, les digues rompues et les quartiers inondés ;
- une carte topographique (scan au 1/25 000e) issue du serveur Topozone, servant de document d'interprétation pour la lecture et le décryptage des informations contenues sur la photographie aérienne et sur l'image satellitale ;
- un plan d'élévation (courbes d'altitude et modèle numérique de terrain), afin d'observer la topographie particulière du site urbain (une ville en dessous du niveau de la mer, prise en tenailles entre les eaux du lac Pontchartrain et le fleuve Mississipi) ;
- des couches de données statistiques à l'échelle des Etats et des comtés américains pour étudier l'impact sur la population, en fonction de sa répartition, de sa composition sociale et ethnique, de ses revenus… ;
- des données plus fines donnant le type d'habitat, le mode de propriété, le niveau de revenu par quartiers urbains pour conduire des observations à échelle très locale.

Ce jeu de données permettait d'utiliser le SIG non comme un simple logiciel, mais comme un ensemble d'outils, de méthodes et de compétences afin de répondre à des questions posées sur un territoire[184] : quelles sont les origines de la catastrophe (identification du phénomène cyclonique, localisation et étude à différentes échelles…) ? Quels sont les différents impacts et leur poids relatif (effets matériels, humains, économiques, sociaux…) ? Avait-on prévu la catastrophe et pourquoi les mesures n'ont-elles pas été suffisantes ? (efforts pour réduire l'aléa, mesures à prendre dans l'avenir…) ? Il s'agissait de replacer le phénomène cyclonique dans les dynamiques urbaines, sociales, environnementales afin d'initier les élèves à l'analyse systémique à plusieurs échelles :

[184] cf définition du Système d'information géographique selon T. Joliveau (2004) donnée au chapitre 7.3 p 118

Figure 24 : L'impact du cyclone Katrina à différentes échelles

Identification du phénomène cyclonique à l'échelle continentale - source : NOOA, échelle de visualisation : 1/ 13 000 000 -	
La Louisiane menacée par le cyclone Katrina - source : Census.gov, échelle de visualisation : 1/ 5 000 000 - Répartition de la population par comtés	
Image satellitale Spot - échelle de visualisation : 1/ 100 000 - Les zones sombres correspondent aux secteurs urbains ennoyés.	
Image aérienne du centre de la Nouvelle-Orléans avec la limite du périmètre inondée et le retrait très progressif des eaux lié aux pompages - source : Digital Globe, échelle de visualisation : 1/ 15 000 -	

La première expérimentation eut lieu au cours de l'année 2005-2006 dans un lycée du département de la Loire. Elle concernait deux classes de seconde. L'enseignant d'histoire-géographie, qui pratiquait déjà l'informatique avec ses élèves, découvrait l'outil SIG à travers la plate-forme GéoWebExplorer. Il préféra donc commencer par construire une étude de cas à base de visualisation, ne mobilisant pas des opérations complexes de sélection et de traitement des données[185]. Il choisit de faire les élèves sur la structure et l'organisation de la ville américaine à travers l'exemple de la Nouvelle-Orléans. Il fallut d'abord aider cet enseignant à compléter le jeu de données par des plans historiques montrant le site originel (Carré français) et les extensions urbaines successives dans les zones basses et inondables de la ville. Pour caler ces plans anciens par rapport aux autres couches d'information, l'enseignant a dû se former à la technique du géoréférencement et acquérir des notions dans le domaine des projections cartographiques (les systèmes de projection cartographique américains étant très différents des systèmes français et européens). Précisons que cela a permis à cet enseignant de se former et aussi de faire acquérir par son établissement un logiciel SIG pour être en mesure de concevoir ou de compléter les jeux de données. La construction d'un jeu de données utilisable par les élèves a donc pris beaucoup plus de temps que prévu et la première expérimentation ne put avoir lieu qu'en fin d'année scolaire.

Une deuxième expérimentation fut conduite en 2006-2007. Celle-ci fut assez différente, car l'enseignant avait acquis un certain niveau de maîtrise de l'outil géomatique et disposait déjà d'un jeu de données assez riche. Un an après la catastrophe, l'usage de l'outil géomatique avait également évolué : d'outil de prévision et de gestion des premiers secours, il était devenu un outil d'évaluation pour les assurances et de reconstruction urbaine pour les autorités de la ville. L'idée fut donc d'orienter les élèves vers l'usage du SIG comme outil de gestion post-crise. L'enseignant avait mis à profit ses vacances d'été pour télécharger une masse de données permettant d'évaluer par exemple le nombre de foyers qui disposaient à nouveau d'une boîte postale (un indicateur sur le taux de retour des habitants de la ville) ou qui avaient déposé des dossiers de demande d'indemnisation

[185] Le site académique de Dijon propose également un scénario pédagogique à base de visualisation d'images numériques : *Katrina, une catastrophe annoncée ? Une présentation multimédia.* Disponible sur : <http://histoire-geographie.ac-dijon.fr/SIG/Carto/sig/katrina/index.htm> (consulté le 02.05.2008)

auprès des assurances (beaucoup d'Américains, en particulier les plus défavorisés, ne disposant pas d'assurance pour leur habitation).

Comme on peut le constater, l'événement Katrina était suffisamment riche pour construire une étude de cas mobilisant l'usage d'un SIG, et cela à double titre :

- un sujet qui permet de traiter la plupart des thèmes géographiques qui sont au programme de géographie de seconde : l'eau entre abondance et rareté, les dynamiques urbaines et l'environnement urbain, les sociétés face aux risques, les littoraux espaces « attractifs » (si l'on peut dire en ce qui concerne le cas de la Louisiane) ;
- un événement très médiatisé sur lequel les élèves ont une opinion : quels peuvent être les apports de la géographie et de l'instrument géomatique dans une démarche de compréhension de l'événement ?

L'enseignant a choisi d'entrer dans le programme de seconde par un vidéogramme (l'émission « *C dans l'air* » du 29 août 2006), présentant trois thèmes qui allaient être traités en cours d'année : l'eau, un des moteurs de l'organisation du territoire de la Nouvelle-Orléans ; la ségrégation par l'habitat dans la ville nord-américaine ; la société américaine face au risque cyclonique. Ce vidéogramme comportait notamment le témoignage d'un *jazzman* qui habitait le Vieux Carré à la Nouvelle-Orléans et qui déclarait ne pas avoir été concerné par les inondations qui touchaient exclusivement les zones basses et anciennement marécageuses de la ville. Les élèves étaient donc amenés à vérifier dans le SIG les arguments exposés dans le reportage télévisé, à évaluer si la catastrophe était prévisible et si les digues s'étaient avérées efficaces lors de l'inondation.

Toute la difficulté de cette étude de cas sur Katrina était de permettre aux élèves de collecter dans le système d'information des éléments sur le phénomène cyclonique, sur les dégâts matériels et humains, sur les acteurs concernés, sur les structures urbaines et sociales, et de mettre ces éléments en relation entre eux pour construire un système d'explication. L'enseignant ne disposait pas de modélisation du phénomène d'inondation ni de modèle d'analyse ou de gestion des risques. Il était donc obligé de réduire la complexité et de s'en tenir à l'impact du cyclone sur les populations. La question était surtout de déterminer si les inondations consécutives au passage du cyclone et à la rupture des digues avaient touché davantage les populations noires et défavorisées qui habitaient les quartiers pauvres de la ville, ou si cette image-choc était celle que les *media* avaient

choisi de montrer à la face du monde[186]. Plusieurs études conduites par des géographes (Hernandez, 2006 ; Zaninetti, 2007) ont montré qu'il fallait nuancer en grande partie cette interprétation : la Nouvelle-Orléans, ville coloniale à majorité blanche jusqu'à la seconde guerre mondiale, était devenue une ville américaine « ordinaire » à partir des années 1950, avec ses ghettos ethniques et ses îlots de pauvreté. Le cyclone n'aurait donc fait que révéler les inégalités socio-spatiales de la ville américaine[187]. L'étude de l'après Katrina invitait les élèves à vérifier si cet épisode cyclonique n'était pas en train de se transformer en « catastrophe durable » et si l'événement n'allait pas changé la structure sociale et spatiale de la Nouvelle-Orléans, en favorisant le retour partiel des populations favorisées (en majorité blanche). Mais il convenait d'être prudent là aussi dans la recherche des facteurs d'explication, car la majorité des opérations de reconstruction étaient menées sur des îlots à forte majorité noire, la question se posant de savoir si ces nouveaux bâtiments accueilleraient les anciennes populations.

Si l'on examine les réponses des élèves, nous pouvons dégager plusieurs séries d'observations. Tout d'abord les deux scénarios pédagogiques (tutorats) construits sur le cyclone Katrina ont été testés par quatre classes de seconde sur deux ans, soit 140 élèves au total. Globalement les résultats sont assez satisfaisants, puisque 80,6% des élèves fournissent une réponse attendue ou partiellement attendue (codes 1 et 2). Seulement 5% des élèves n'ont pas fourni de réponses et 14,4% des réponses complètement erronées. En revanche, sur l'ensemble des questions, les élèves ne sont que 33% à fournir une réponse entièrement correcte. Au delà de ces moyennes, on peut observer de grands écarts d'une question à l'autre, ce qui est certainement lié au niveau de difficulté de chaque question. Mais certaines questions posaient des problèmes spécifiques, notamment du point de vue de l'observation visuelle et du raisonnement géographique à conduire.

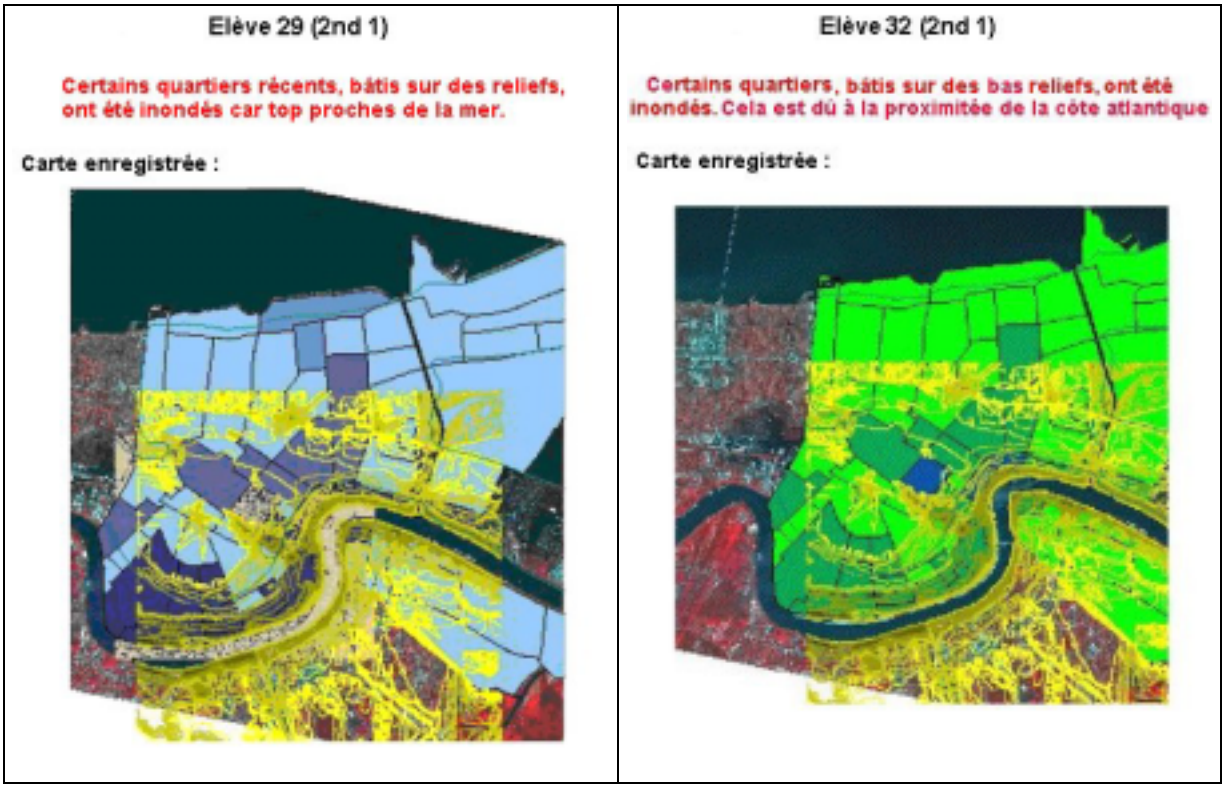
Concernant les compétences de repérage et de localisation, on observe par exemple des erreurs fréquentes : par exemple le fait de situer la ville « *au bord de la mer* » ou « *le*

[186] Les premiers rapports des *media* concernant les dégâts occasionnés par le vent et les inondations du cyclone Katrina se sont concentrés sur la Nouvelle-Orléans, et surtout sur les populations qui avaient été incapables de s'échapper de la ville avant qu'elle ne soit inondée. Les images de gens pauvres, et en majorité noirs, entassés dans le Superdome et le Palais des Congrès ont laissé l'impression que Katrina avait affecté principalement les quartiers défavorisés de la ville.

[187] « Au-delà de la seule défaillance des systèmes de protection technique, les causes profondes de ce qui s'est passé l'été dernier sont largement humaines, et sont à rechercher dans des dynamiques sociales et urbaines propres aux Etats-Unis. » (Hernandez, 2006).

long d'un canal », sans voir le site particulier de la Nouvelle-Orléans entre le lac Pontchartrain et le fleuve Mississipi. Manifestement la fenêtre assez réduite du visualiseur cartographique a limité la consultation de la carte à l'écran et a pu gêner certains élèves, qui n'arrivaient pas à se repérer. En même temps, cela renvoie aussi à la maîtrise des fonctionnalités du SIG qui comporte la possibilité d'afficher une carte de situation à plus petite échelle en vignette (mais cette option n'avait pas été retenue au moment de l'élaboration du tutorat). Il semble que la visualisation de cartes et d'images numériques de différente nature ait relégué au second plan les compétences d'orientation et de localisation requises pour la lecture de carte. Le manque de vocabulaire géographique pour décrire le site et la situation de la ville est également un problème récurrent : « *La ville est bâtie juste à côté du fleuve* » ou « *dans un virage du fleuve* ». Lorsqu'on demande aux élèves si l'emplacement initial de la ville tenait compte du relief, certains observent que les quartiers historiques étaient construits à une altitude d'environ 20 mètres, une altitude « *déjà élevée pour la région* ». Mais peu nombreux sont ceux qui font remarquer que les extensions urbaines ont eu lieu dans des zones en dessous du niveau de la mer, le relief renvoyant pour eux uniquement à des altitudes positives.

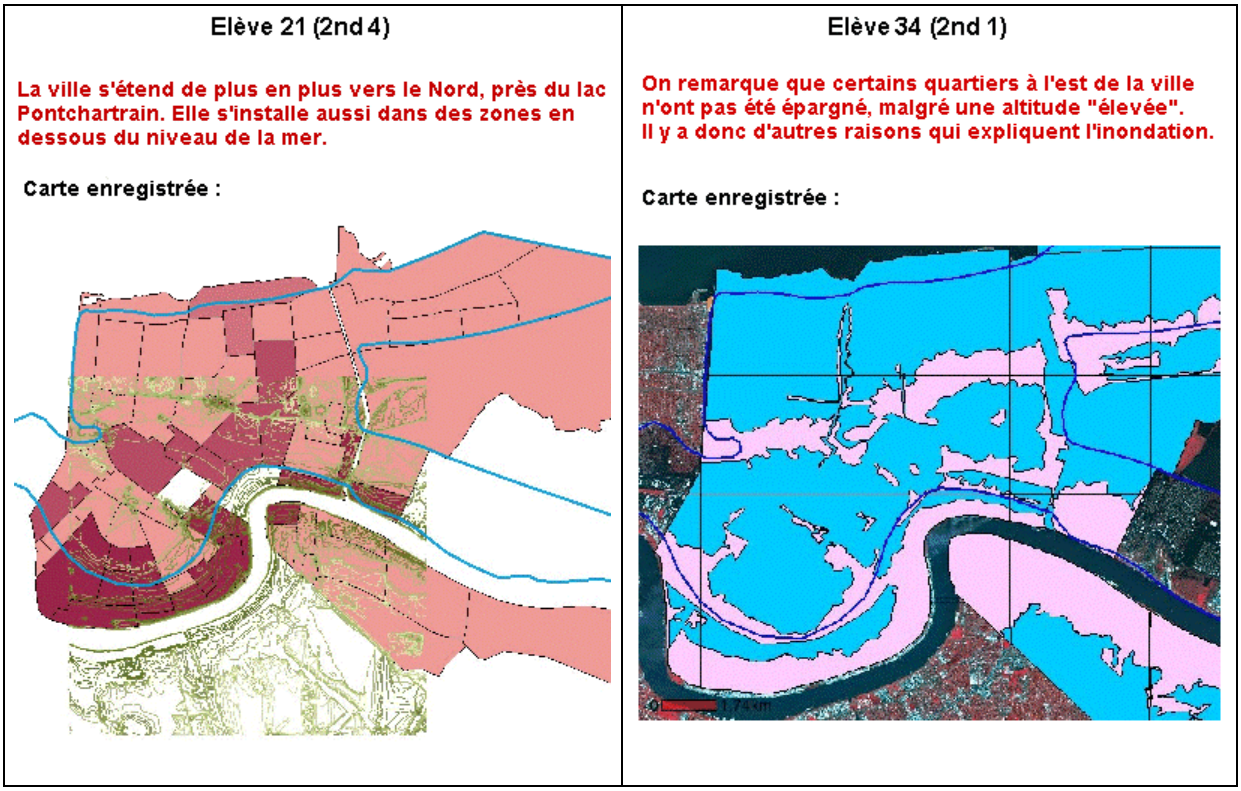
Figure 25 : Erreurs de localisation liées aux problèmes d'observation visuelle ou au manque de vocabulaire géographique (tutorat sur Katrina)



En revanche, les élèves ont très vite saisi la possibilité de superposer des cartes et de croiser des informations. Les élèves étaient invités par exemple à localiser les digues (*levees*) destinées à prévenir le risque d'inondation, à rapprocher ces aménagements de la topographie de la ville, à repérer les zones de rupture et les endroits où les autorités municipales avaient mis en place des stations de pompage. Certains élèves sont bien parvenus à construire un raisonnement à partir de l'exploration visuelle des couches cartographiques :

« *Les levées ont cédé au nord, au niveau du lac Pontchartrain, ainsi qu'à l'est au niveau du canal. On peut donc en conclure que la cause de l'inondation est la rupture des digues* ».

Figure 26 : Exploration visuelle et sélection des couches pertinentes pour établir des facteurs explicatifs (tutorat sur Katrina)



D'autres élèves se fondent uniquement sur une approche inductive de l'image (ou d'une partie de l'image), ce qui les conduit à des conclusions erronées :

« *Les levées ont cédé surtout au nord de la ville qui a été inondée. Je pense que le cyclone Katrina est arrivé sur la Nouvelle Orléans par le nord* ».

L'image ne pouvant par elle-même fournir des facteurs d'explication, ils sont souvent amenés à chercher des éléments d'interprétation personnelle, en dehors du système d'information :

« *Comme les cyclones en général se situent sur les littoraux, on va donc surtout construire des digues de protection de la ville sur les littoraux.* »

Pour quelques élèves, le raisonnement par croisement d'informations, favorisé par l'approche multicouche du SIG, aboutit à établir de curieuses corrélations. Le raisonnement déductif se fait en quelque sorte à l'envers :

« *Les autorités ont implanté les stations de pompage dans les régions les plus pauvres, donc les plus inondées, donc au bord de la cuvette formée par le relief.* »

Conscient des limites d'un raisonnement guidé uniquement par l'observation visuelle, l'enseignant décida, dans la seconde expérimentation réalisée l'année suivante, d'introduire des opérations de traitement de l'information conduisant les élèves à mettre en place un raisonnement de type hypthético-déductif. Les élèves devaient d'abord former des hypothèses pour interroger les données, construire des requêtes et s'appuyer sur les cartes qu'ils avaient eux-mêmes produites pour dégager enfin des éléments de réponse au problème posé.

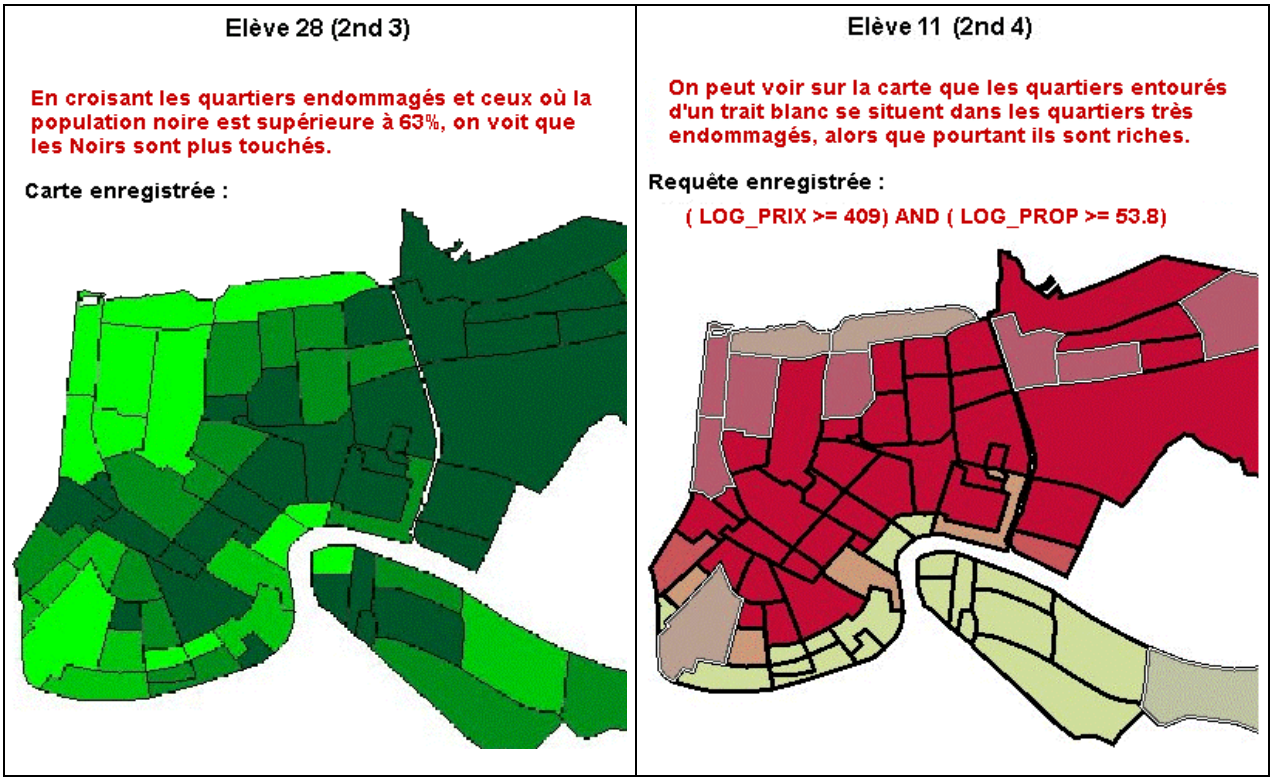
L'analyse détaillée des réponses de cette seconde expérimentation montre que la plupart des élèves ont réussi à « voir », sinon à comprendre, la plus grande vulnérabilité des populations noires et/ou défavorisées face au risque cyclonique :

« *Grâce aux cartes, on constate que les populations afro-américaines sont moins bien assurées et donc qu'elles pourront plus difficilement reconstruire leur habitation.* »

Une partie des élèves a pensé à rapporter l'impact sur la population à la proportion de Noirs (63% en moyenne à la Nouvelle-Orléans) et donc à nuancer l'inégalité face au risque. A la question de savoir sur quelles zones devraient porter en priorité les secours, les réponses divergent en fonction des priorités fixées par les élèves : pour certains, c'est une question d'urgence, il convient d'aider « *d'abord les quartiers les plus endommagés* » (ceux qui ont été les plus détruits matériellement par la rupture des digues ou qui ont enregistré le plus de victimes) ; pour d'autres c'est davantage un problème social, il faut « *venir en aide aux populations défavorisées* », car elles pourront moins facilement se reloger. Mais ce qui semble avoir le plus impressionné les élèves, c'est de constater à partir des données mises à jour dans le SIG, que le repeuplement de la ville reste très limitée (la

ville a perdu près de la moitié de sa population initiale) et surtout que « *la population s'est réinstallée dans les quartiers pauvres, toujours en zone inondable* ».

Figure 27 : Interrogation des données sous forme de requêtes attributaires et réponse au problème posé sous forme de carte (tutorat sur Katrina)



14.2 Utiliser un SIG pour une démarche d'investigation sur le terrain : étude de cas sur le SAGE de la basse vallée de l'Ain

La deuxième étude de cas que nous avons pu observer et analyser portait sur l'utilisation de la plate-forme GéoWebExplorer pour préparer une sortie de terrain et pour initier les élèves à une démarche d'investigation. L'expérimentation fut conduite dans un lycée du département de l'Ain[188]. L'enseignant chargé de conduire cette étude de cas n'avait pas d'expérience dans le domaine de l'informatique pédagogique ni dans celui de la

[188] La séance d'activité sur le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la basse rivière d'Ain a fait l'objet d'une présentation complète par l'enseignant qui a expérimenté cette étude de cas, lors de la journée d'étude géomatique INRP de 2007 (consulté le 02.07.2007) :
<http://eductice.inrp.fr/EducTice/projets/geomatique/Journees_etude/Journee_2007>

géomatique. Mais il avait déjà expérimenté les années précédentes la même étude de cas, à partir d'une sortie pédagogique. L'objectif était donc d'utiliser cette expérience de géographe de terrain pour instrumenter la démarche d'investigation. Il s'agissait aussi de permettre aux élèves de découvrir ou de re-découvrir leur environnement proche (la plupart connaissait assez bien la rivière d'Ain), en déplaçant leur regard à partir de la carte « vue d'en haut » et en confrontant leurs connaissances sur cet espace familier avec les informations contenues dans le jeu de données.

Contrairement à l'étude de cas sur Katrina, les données n'étaient pas disponibles sur Internet. A l'exclusion des données environnementales fournies par le site de la DIREN, il a fallu contacter plusieurs organismes pour obtenir l'information géographique nécessaire à la construction de cette étude de cas[189]. Nous avons dû procéder à l'intégration des données, car l'enseignant n'avait pas d'expérience de concepteur de jeu de données. N'ayant jamais manipulé de logiciel de cartographie avec des élèves, l'enseignant avait à cœur de les initier très progressivement à l'interface du logiciel et aux couches d'informations disponibles dans le système. Le premier tutorat était donc conçu comme un module de prise en main de la plate-forme (Figure 28), avec un nombre limité de couches d'information et de fonctionnalités SIG (essentiellement les outils de zoom, d'échelle et de mesure), afin de prendre connaissance des caractéristiques de l'espace étudié. Les élèves devaient d'abord comprendre qu'ils avaient affaire à plusieurs espaces géographiques emboîtés : le réseau hydrographique Ain-Rhône, le bassin versant de la rivière d'Ain à cheval sur les départements de l'Ain et du Jura et le Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE), concernant plus précisément la basse rivière d'Ain. Le deuxième tutorat (Figure 29) comportait plus de couches et permettait de zoomer sur l'espace d'étude, en faisant apparaître les communes concernées par cet espace de gestion et d'aménagement, l'évolution du tracé de la rivière de 1945 à nos jours, les activités plus ou moins directement liées à l'eau (campings, clubs de canoë-kayak, carrières d'exploitation du granulat, zones de décharges, etc.). Ces deux tutorats présentaient également un niveau de difficultés graduel, passant de simples QCM destinés à vérifier que les élèves avaient

[189] Les données nécessaires ont été fournies principalement par les organismes suivants :
- DIREN Rhône-Alpes : <http://www.rhone-alpes.ecologie.gouv.fr/>
- SAGE de la basse vallée de l'Ain : <http://www.bassevalleedelain.com/>
- Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) : <http://metazabr.lyon.cemagref.fr>

repérés les principaux éléments, à des questions ouvertes où ils devaient rédiger une réponse argumentée sur l'implantation des activités et leurs plus ou moins forte exposition au risque inondation.

Figure 28 : Etude de cas sur le SAGE Ain - Prise en main de GéoWebExplorer, un QCM simple, peu d'outils, peu de couches (tutorat n°1)

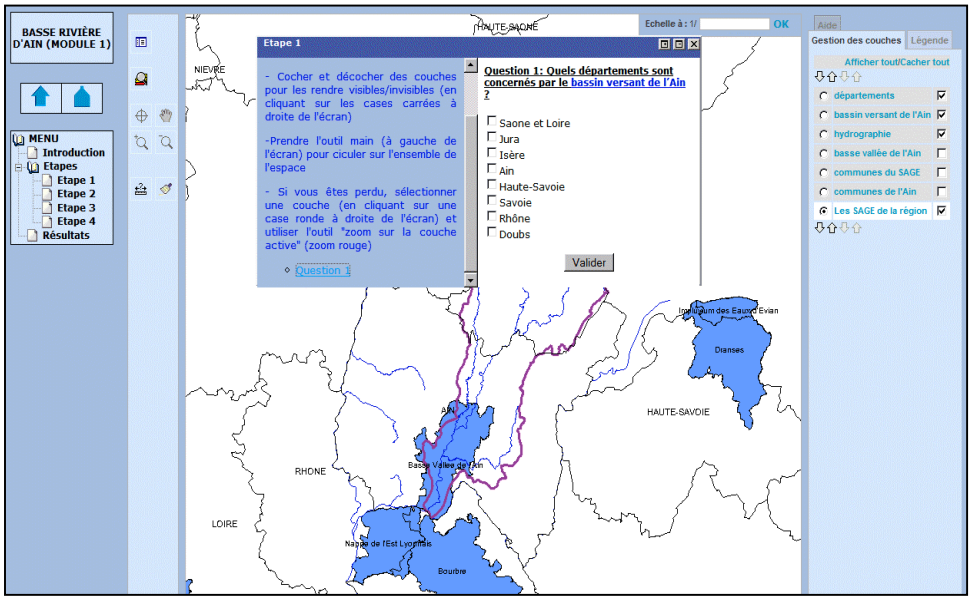
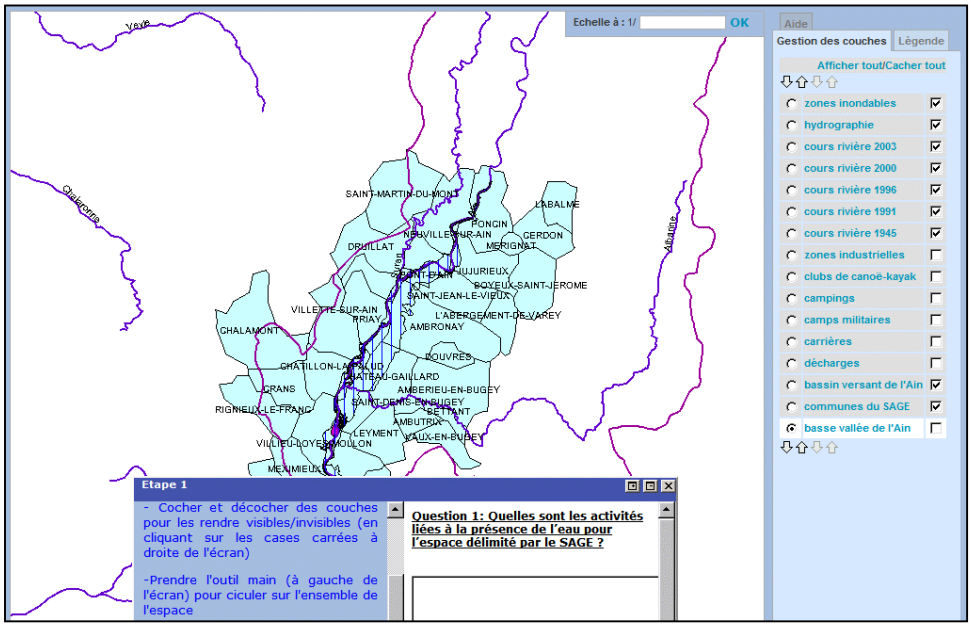
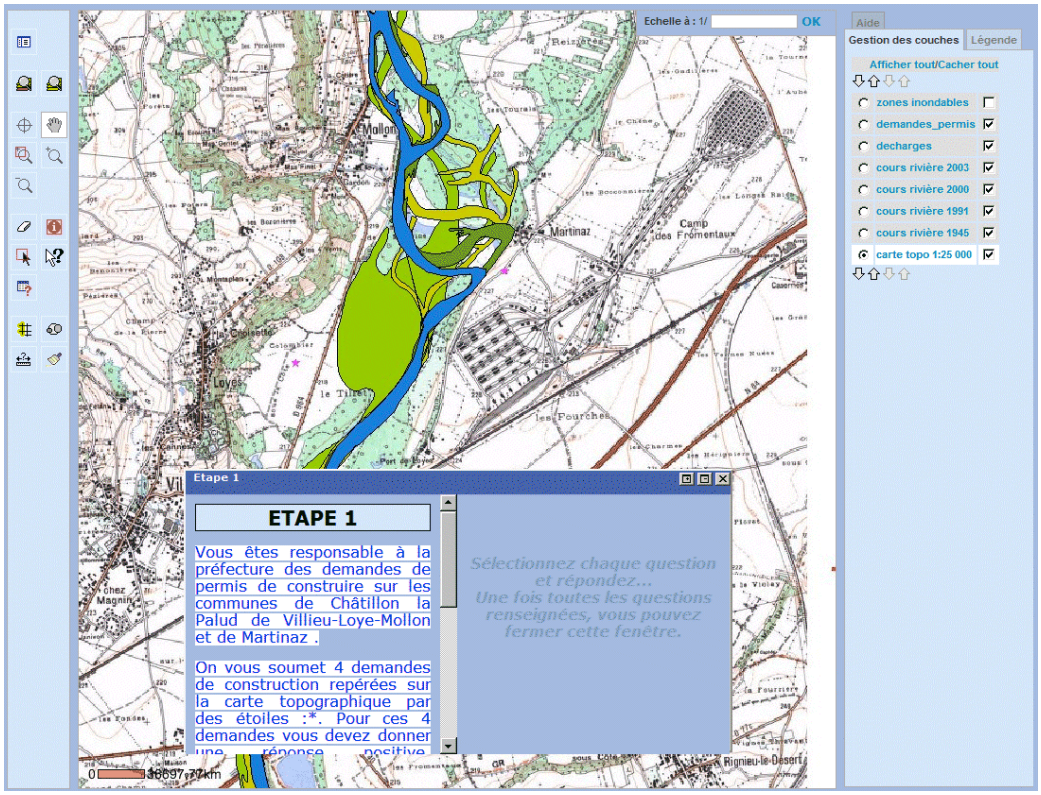


Figure 29 : Tutorat sur le SAGE Ain – Plus d'outils, plus de couches et des questions ouvertes (tutorat n°2)



Le troisième tutorat (Figure 30), encore plus ouvert, était quant à lui consacré à un jeu de rôle et nécessitait de mettre en œuvre une démarche d'investigation. Il s'agissait de mettre les élèves dans la position d'un élu d'une commune riveraine de la rivière d'Ain. En tant que maire de la commune, ils devaient décider s'ils accordaient ou non des permis de construire sur quatre secteurs proches de la rivière. L'objectif essentiel était de conduire les élèves à explorer le jeu de données et à avancer des arguments susceptibles d'aider à cette prise de décision.

Figure 30 : Etude de cas sur le SAGE Ain – Jeu de rôle : pour ou contre l'accord de permis de construire, en fonction de l'exposition au risque inondation ? (tutorat n°3)



Les élèves devaient d'abord consulter des bases de données hydrologiques pour déterminer les périodes de crues et d'étiages de la rivière d'Ain, puis délimiter les secteurs inondés et croiser ensuite ces données avec l'implantation des activités humaines, en particulier les zones d'habitat. Pour y parvenir, les élèves devaient être capables de faire des requêtes spatiales* (directement sur la carte en faisant des sélections à la souris) ou de saisir des requêtes attributaires* (en utilisant la base de données qu'ils pouvaient interroger à leur guise). Outre l'acquisition de nouvelles compétences informatiques, les élèves

étaient amenés à interroger l'espace considéré, à faire des hypothèses et à conduire une démarche d'investigation à partir d'indices qui n'étaient pas uniquement visuels. L'étape suivante consistait à extraire de l'espace étudié, un nouvel objet géographique : les zones dites « à risque ». Croisant ces zones avec d'autres couches d'information, les élèves étaient enfin conduits à commenter le résultat de leur traitement cartographique qui s'affichait à l'écran.

Figure 31 : Etude de cas sur le SAGE Ain – Les élèves donnent une réponse à la demande de permis de construire et joignent une carte pour justifier la décision prise au nom du maire de la commune (tutorat n°3)

Le jeu de rôle devait aboutir à répondre à la question suivante : faut-il aménager ces zones potentiellement inondables ou les déclarer inconstructibles ? L'enquête sur le terrain venait alors préciser ou contredire les choix effectués à l'aide du SIG. Le prélèvement de nouvelles informations enrichissait ensuite la base de données initiale du SIG. En l'occurrence, une des terrasses alluviales, considérée comme non inondable, correspondait en réalité à une ancienne zone de décharge remblayée et végétalisée. Très instable, elle était donc impropre à la construction. L'intérêt d'utiliser un SIG ne résidait pas seulement dans les possibilités de simulation ; il permettait aux élèves de découvrir qu'il y avait plusieurs solutions possibles à une question donnée : doit-on accorder ou non le permis de construire dans telle zone, en fonction de quels critères, selon quelle échelle de risque ? En fonction des requêtes jugées pertinentes, chaque élève pouvait

construire sa propre réponse, argumentée par la carte qu'il avait élaborée. Plusieurs discours géographiques pouvaient s'avérer recevables, à condition d'être fondés et argumentés à l'aide des informations mises à la disposition des élèves. Le but était d'éviter les réponses par essai-erreur et de promouvoir des stratégies de résolution de problème (c chapitre 4.3.3, p 84), à partir du système d'information et des données prélevées directement sur le terrain.

Figure 32 : Etude de cas sur le SAGE de la basse vallée de l'Ain :
la sortie de terrain pour confronter la carte et le réel (tutorat n°3)

Etude des risques liés au recoupement de méandres de la rivière d'Ain

« Tu as vu : tu as accordé un permis de construire sur une décharge ! »

Le scénario pédagogique (tutorat) construit sur la basse vallée de l'Ain a été testé par quatre classes de seconde sur deux ans, soit 134 élèves au total. Globalement les résultats sont comparables à ceux obtenus sur le cyclone Katrina : 79,4% des élèves fournissent une réponse attendue ou partiellement attendue (codes 1 et 2). Seulement 9,1% des élèves n'ont pas fourni de réponses et 11,5% des réponses complètement erronées. En revanche, sur l'ensemble des questions, les élèves sont 55% à fournir une réponse entièrement correcte (au lieu de 33% pour le cyclone Katrina). Ce score sensiblement plus élevé peut être attribué au fait que les élèves étaient plus familiers avec l'espace étudié, mais là encore cette moyenne traduit de grandes disparités.

L'analyse détaillée des réponses enregistrées par les élèves sur la plate-forme permet de dégager plusieurs séries d'observations. Tout d'abord, les trois tutorats produits par l'enseignant reposaient avant tout sur l'exploration de la carte topographique et la superposition de couches vectorielles selon une lecture *verticale* des couches d'information (cf Figure 39, p 265). Les élèves sont dans l'ensemble parvenus à sélectionner les couches pertinentes pour visualiser les zones inondables et en particulier pour mettre en relation la forte variabilité du débit (régime hydrologique de type pluvio-nival), le profil du lit de la rivière et le déplacement rapide du cours d'eau (recoupement de méandres). Mais de fait, ils ont rencontré beaucoup plus de difficultés pour mettre en relation les éléments physiques et humains, en particulier pour déterminer les activités industrielles ou touristiques liées à l'eau. Il semble que la conception de la géographie de l'enseignant ait joué un rôle déterminant dans le type de raisonnement géographique mis en œuvre par les élèves. Celui-ci étant attaché à enseigner des notions de géographie physique à ses élèves, il était assez logique que l'usage du SIG soit tourné davantage vers une initiation à des notions géophysiques (régime et module hydrologique, dynamique fluviale, érosion). En même temps, le jeu de données fourni par le SAGE avait tendance à mettre en avant cette approche. Après discussion avec l'enseignant, celui-ci décida l'année suivante d'intégrer des données concernant les aménagements hydo-électriques (barrages de retenue ou au fil de l'eau) et la gestion de l'eau (stations de pompage et stations d'épuration). Les élèves étaient désormais conduits à interroger la base de données et à prendre en compte le rôle des activités humaines dans la dynamique « naturelle » du cours d'eau : l'un des barrages (Vouglans) était de loin le plus gros fournisseur d'énergie hydro-électrique du département et pouvait éventuellement servir d'écrêteur de crue, en cas d'épisodes de fortes pluies.

Le second point intéressant de cette expérimentation est le rôle joué par la sortie de terrain[190]. Celle-ci avait été préparée par la « découverte virtuelle » de cet espace géograhique. Mais précisément le rôle du SIG a surtout consisté à fournir l'information géographique nécessaire, pour permettre ensuite d'infirmer ou de confirmer par le terrain

[190] Comme nous l'avons évoqué (cf chapitre 3.2, p 52), les pratiques de terrain sont minoritaires dans l'enseignement de la géographie et marquent plus souvent des engagements personnels des enseignants que des pratiques disciplinaires. Lorsqu'elle est prise en compte, la dimension du terrain est souvent mobilisée pour valider ou légitimer des savoirs géographiques. Cf Calbérac, Y. (2005). *En quête du terrain. Approche historique et épistémologique du terrain en géographie*. Mémoire de master de géographie, Ecole normale supérieure Lettres et Sciences humaines.

l'analyse conduite. L'enseignant n'avait pas choisi de faire rencontrer des acteurs de terrain, mais plutôt de faire prélever des indices permettant aux élèves de conforter ou de changer leur avis dans le choix d'accorder ou non les permis de construire. Il semble que la carte ait changé de statut entre les séances d'activités en salle informatique et celles sur le terrain : de support autoréférentiel pour représenter un réel absent (de la classe), la carte devenait un moyen d'interpréter l'espace perçu (sur le terrain). Comme nous avons pu le montrer dans le chapitre 5.2 (p 95), il s'agissait de passer d'un rapport iconique à un rapport indiciaire au réel : confrontée au registre empirique, la carte ne jouait plus le rôle de référent, mais davantage celui de modèle à discuter. Le seul problème, c'est que les élèves n'avaient pas embarqué avec eux d'outils de cartographie mobile et donc qu'ils n'avaient pas les moyens de faire le rapport direct entre ce qu'ils percevaient sur le terrain et ce que représentait la carte. Ils ne pouvaient pas non plus éditer leurs propres données pour enrichir le jeu de données et discuter les solutions choisies. La prochaine expérimentation a donc été prévue avec appareils GPS, afin de permettre aux élèves de disposer d'une « cartographie embarquée » et de prélever des indices directement sur le terrain pour les intégrer ensuite dans le système d'information géographique.

14.3 Utiliser un SIG pour discuter un modèle (centre/périphérie) : étude de l'organisation spatiale de l'Europe

La troisième étude de cas que nous avons pu observer et analyser, présente plusieurs spécificités par rapport aux deux études de cas précédentes : elle concernait l'étude d'un espace beaucoup plus vaste (le continent européen) ; elle ne portait pas sur des questions d'environnement ou d'aménagement, mais sur une question « classique » de géographie urbaine et économique ; elle fut conduite sur deux niveaux de classes différents (en classe de quatrième et en classe de première)[191]. Il s'agissait de vérifier si l'usage d'un SIG pouvait s'avérer pertinent pour traiter le thème de l'organisation spatiale de l'Europe, en particulier au niveau collège. La construction du jeu de données fut grandement facilitée

[191] La séance d'activité sur l'organisation de l'espace européen a fait l'objet d'une présentation complète par l'enseignant qui a expérimenté cette étude de cas, lors de la journée d'étude géomatique INRP de 2008 : <http://eductice.inrp.fr/EducTice/projets/geomatique/Journees_etude/Journee_2008> (consulté le 02.07.2008)

par la mise à disposition des informations sur le site Eurostat[192]. Cet annuaire statistique européen rend public et fournit en libre accès une masse d'informations sous formes de tableaux, de graphiques, de cartes, et même de fonds cartographiques au format vectoriel pour l'ensemble des unités régionales de l'Union européenne (cf découpage en NUTS : Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques). Ces indicateurs statistiques régionaux sont complétés par une base de données sur 258 villes européennes, correspondant à un audit urbain réalisé en 2001.

Deux enseignants de l'académie de Grenoble, disposant d'un logiciel SIG et ayant déjà conçu des jeux de données pédagogiques, ont accepté de construire entièrement le jeu de données[193]. Ils ont décidé de ne retenir que les régions de niveau NUTS 2, correspondant aux régions françaises et à leur équivalent dans les autres pays (*länder* allemands, *regiones* italiennes, *comunidades* espagnoles…). L'objectif était de ne pas perdre les élèves dans le découpage de l'Europe en sous-régions. Seules les métropoles supérieures à 1 million d'habitants étaient conservées pour étudier la hiérarchie urbaine, mais en intégrant aussi les villes en dehors de l'Union Européenne. Afin de décrire en détail la nature des données, l'un des deux enseignants a choisi de mettre en ligne le descriptif des métadonnées. Il s'agissait en particulier de fournir aux élèves des indications précises sur la manière dont avaient été produits les indices composites, permettant de mesurer le rayonnement et l'attractivité des métropoles européennes[194].

La structuration des données devait permettre de travailler sur plusieurs notions aux programmes de collège-lycée : la notion de métropolisation de l'espace européen, en lien avec les réseaux urbains et les infrastructures de transport pour la classe de première ; la notion de « centre » et de « périphérie », en lien avec les inégalités régionales pour la classe de quatrième. Pour le niveau de classe de première, trois tutorats ont été construits : un tutorat à l'échelle européenne comportant les régions, les métropoles et les réseaux ; un tutorat à l'échelle régionale sur la problématique des réseaux transalpins et un tutorat à l'échelle locale sur le projet ferroviaire Lyon-Turin. Pour le niveau de classe de quatrième,

[192] Eurostat, site statistique de l'Union européenne, est consultable sur : <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

[193] Ces enseignants produisent depuis plusieurs années une cartographie SIG pour le site histoire-géographie de l'académie de Grenoble sous la forme de la « carte du mois : <http://www.ac-grenoble.fr/histoire/tice/cartemois/cartemoisindex.htm> (consulté le 02.07.2008)

[194] Les données statistiques utilisées dans les tutorats sur l'Europe sont décrites sur le site de l'enseignant : http://trissonprof.wordpress.com/category/systeme-dinformation-geographique/ (consulté le 25.05.2008)

seul le premier tutorat à l'échelle européenne fut retenu et adapté, de manière à travailler sur le modèle centre-périphérie. Pour chacune des notions à construire, la démarche était la même, en trois étapes :

- la réflexion initiale sur les définitions (en partant des définitions admises dans les ouvrages scolaires ou des éléments fournis par l'enseignant en classe) ;

- le choix des critères (en s'appuyant sur les indicateurs fournis dans la base de données du SIG et en réfléchissant au sens de ces indicateurs) ;

- le rendu cartographique (en spatialisant les définitions à l'aide des méthodes d'analyse proposées par l'outil SIG).

Les enseignants qui ont conduit cette expérimentation en collège et en lycée avaient conscience que ces notions comportaient des éléments de complexité et d'ambiguïté. Les métropoles tout d'abord renvoient à une notion composite et synthétique (association de données statistiques et de fonctions métropolitaines) et les choix de seuillage peuvent être déterminants. Les réseaux sont aussi complexes du fait de la multimodalité (fer, route…) et de la difficulté à représenter des flux sur une carte. L'idée de mettre en relation les métropoles, les régions et les réseaux de transport qui les traversent, était destinée à faire raisonner les élèves à partir des notions de pôles, d'aires et d'axes. Ces notions sont fondamentales dans la géographie enseignée, où l'on étudie notamment les pôles et les aires de puissance. Les manuels scolaires eux-mêmes ne sont pas toujours très clairs sur le vocabulaire géographique à employer à propos de l'organisation spatiale de l'Europe : les notions de « *dorsale* » européenne, de « *centre* », de « *mégalopole* » apparaissent tour à tour pour désigner les concentrations relatives de population urbaine et de certaines fonctions dans un semis de villes entre le sud de l'Angleterre et le Nord de l'Italie ; les « *marges* », les « *périphéries* » ou les « *métropoles secondaires* » désignant au contraire les espaces moins développés[195]. Sans chercher à se prononcer sur la légitimité ou non de l'existence de la « *banane bleue* »[196], l'objectif était bel et bien de permettre aux élèves de prendre conscience des disparités entre les régions et les villes européennes au sein de

[195] Pour J. Lévy (1997, p 124), il convient de distinguer le « cœur européen », constitué de la « dorsale » augmentée de quelques points d'appui (Paris, Vienne, Berlin, Hambourg, Munich), et le « centre européen », une aire encore à dominante réticulaire qui comprend à la fois des centres d'initiative bien installés et quelques lieux émergents (capitales de pays nordiques, Rome, Madrid, Barcelone). Cf Lévy, J. (1997). *Europe. Une géographie*. Carré géographie, Hachette.

[196] Roger Brunet, à la fin des années 1980, avait marqué les esprits en parlant de la « banane bleue » : celle-ci fut une pomme de discorde pour la géographie française tout au long des années 1990.

l'Union européenne. Ces écarts démographiques, sociaux, économiques, financiers… étaient de nature aussi à expliquer en partie les difficultés d'intégration des nouveaux membres de l'Union et donc présentaient un intérêt à être rapprochés des étapes de la construction européenne : les élèves étaient notamment conduits à mettre en relation les réseaux de transport et les grands projets d'aménagement avec les dynamiques métropolitaines et l'ouverture de l'Europe vers l'est. L'analyse de l'organisation de l'espace européen devait donc déboucher sur une problématique centrale dans le programme de première : « l'Europe, un territoire en construction ? »

Si l'on observe l'étude de cas conduite en classe de quatrième dans un collège de l'académie de Lille, les difficultés apparaissaient au départ assez importantes. Les deux classes de quatrième étaient composées en majorité d'élèves en difficulté. Ceux-ci avaient déjà une pratique de l'informatique en histoire-géographie, mais ils n'avaient encore jamais utilisé de logiciels de cartographie. L'enseignante avait déjà utilisé des outils de cartographie sur Internet (essentiellement Google Earth), mais avec des èlèves de sixième dans une optique de découverte. Elle était de prime abord sceptique sur l'idée de faire travailler les élèves à partir du modèle « centre-périphérie » (Reynaud, 1981 ; Reynaud, 1992)[197]. Elle-même n'avait jamais enseigné la géographie à partir d'un modèle, « *en tout cas jamais sérieusement* » (voir entretien transcrit en Annexe 9). Elle n'avait jamais osé mettre un SIG dans les mains d'élèves de collège. Elle redoutait que la plate-forme et les fonctionnalités SIG fussent trop complexes à prendre en main par des élèves de quatrième. Quand on observe cependant les résultats de l'expérimentation, ceux-ci paraissent encourageants, en dépit des difficultés avancées et de certains problèmes de transposition didactique que nous allons évoquer.

Dans un premier temps, il s'agissait de vérifier si les élèves étaient capables de reconnaître les éléments qui forment un « centre » et une « périphérie » (fortes ou faibles densités de population, richesse économique élevée ou non, importance des réseaux de

[197] Pour A. Reynaud, le *centre* est un lieu de concentration de population, de richesses, d'informations, de capacités d'innovation, de moyens d'action et de pouvoirs de décision. Le centre, c'est là « où les choses se passent ». La *périphérie* se définit comme le négatif du centre, marquée en particulier par une absence d'autonomie en matière décisionnelle. Selon ce modèle, c'est la distance au centre qui constitue le principe fondamental de la différenciation et de l'organisation spatiales. Le concept peut être employé à tous les niveaux de l'échelle géographique, du local au mondial. A. Reynaud systématise aussi la composante interactive du couple : le centre n'est le centre que parce qu'il y a une périphérie et par rapport à la périphérie.

transport,…), puis de faire constuire des cartes thématiques montrant les inégalités entre les régions et entre les métropoles à l'échelle européenne. Force est de constater que les élèves parviennent bien à appliquer les consignes pour construire leurs cartes, mais qu'ils ont ensuite plus de difficulté pour nommer et localiser ce « centre » :

« *Oui , il y a un centre. Les habitants sont plus répartis dans le centre, c'est-à-dire en Allemagne, aux Pays-Bas. Le centre traverse toute l'Allemagne. Ce centre contient les grandes bourses, les ports, grandes populations, grand trafic... »*

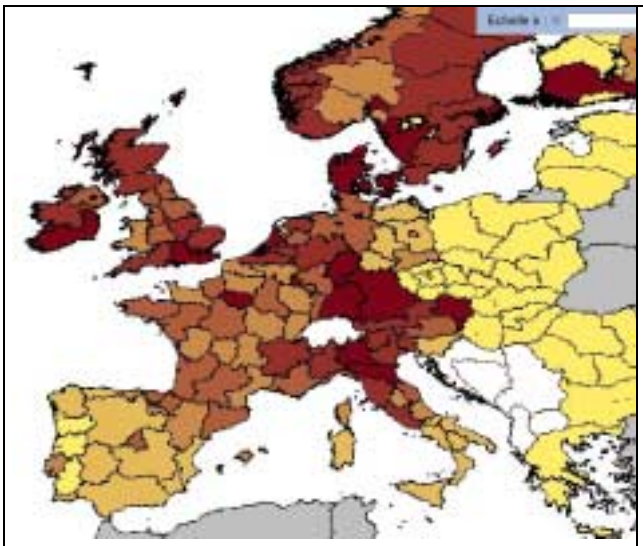
En interrogeant un groupe d'élèves après la séance, certains faisaient encore des confusions avec la notion de « centre-ville », de « centre politique » (au sens de capitale) ou de « région centrale » de l'Europe (au sens d'Europe centrale). Concernant la notion de « périphérie », l'enseignante faisait le constat :

« *ils ont eu du mal à comprendre la notion de périphérie. Peut-être parce que dans l'exercice, elle n'était pas travaillée autant. On en parlait juste au début, c'était la première partie de l'exercice, montrer les régions les moins densément peuplées et les plus pauvres. Cela leur a échappé, cette notion-là*. »

Le modèle centre-périphérie n'a pas été décliné à plusieurs échelles géographiques si ce n'est, à la fin de la séquence, à l'échelle des 27 pays membres de l'Union européenne, pour réintégrer la problématique de l'intégration des nouveaux pays adhérents. Les élèves ont donc pu mettre en relation les différentes cartes thématiques qu'ils avaient construites à l'échelle régionale avec la construction européenne à l'échelle continentale (Figure 33, p 233). Mais comme en témoignent les cartes produites par les élèves, le modèle centre-périphérie se trouvait réduit à l'opposition banale entre régions riches/intégrées et régions pauvres/sous-intégrées. C'est un problème que nous avons déjà évoqué : les pratiques cartographiques se trouvent assez souvent appauvries du fait des pratiques scolaires (cf chapitre 4.2 , p 70 sur le « modèle de la discipline scolaire »). Dans le cas présent, le souci de rendre accessible le modèle centre-périphérie à des élèves de quatrième a pu conduire l'enseignante à opérer des choix redoutables de transposition didactique. La réduction du modèle centre-périphérie est un fait que l'on peut observer dans les pratiques cartographiques, y compris en lycée : « Dans le couple centre-périphérie d'Alain Reynaud, chaque espace est défini par les flux établis avec d'autres espaces (schémas sagittaux). Mais, dans la pratique scolaire, les cartes localisant et délimitant "espaces centraux" et "espaces périphériques" jouent un rôle traditionnel de cartes-répertoires. Or ce sont ces

représentations qui sont privilégiées dans les manuels de collège et de lycée qui se réfèrent à ce couple centre-périphérie. » (Fontanabona, 2006b).

Figure 33 : Inégalités régionales et étapes d'élargissement de l'Union européenne



Inégalités régionales au sein de l'Union européenne (PIB/habitant en 2004)

Etapes d'élargissement de l'Union Européenne de six à vingt-sept pays (1957-2007)

Il semble également que la tendance à utiliser des figurés aréolaires renforce cette cartographie d'inventaire qui ne permet pas de restituer l'idée que le « centre » européen est constitué selon une logique de réseau et que cet espace est structuré par des flux. Comme le rappelle C. Grataloup, « le modèle centre-périphérie est d´une robuste capacité heuristique, à condition de ne bas le banaliser à l´excès. Il convient d´en réserver l´usage à la formalisation de tout système fondé sur des relations d´inégalité et non d´en faire usage comme simple description de gradient ou de différenciation spatiales » (Grataloup, 2000).

Malgré ces limites, l'expérimentation SIG en collège a donné aux élèves l'occasion de réfléchir sur les cartes proposées par le manuel. Comme le souligne leur professeur :

> *« Il y a des trous dans cette dorsale. Dans le manuel, elle est continue. Là, il y a des trous.* » C'est eux qui ont dit : « *Il y a Madrid, Paris… Faut quand même en faire quelque chose. On va pas les laisser de côté sous prétexte qu'ils ne sont pas dans la dorsale. Ils ressortent quand même.* »

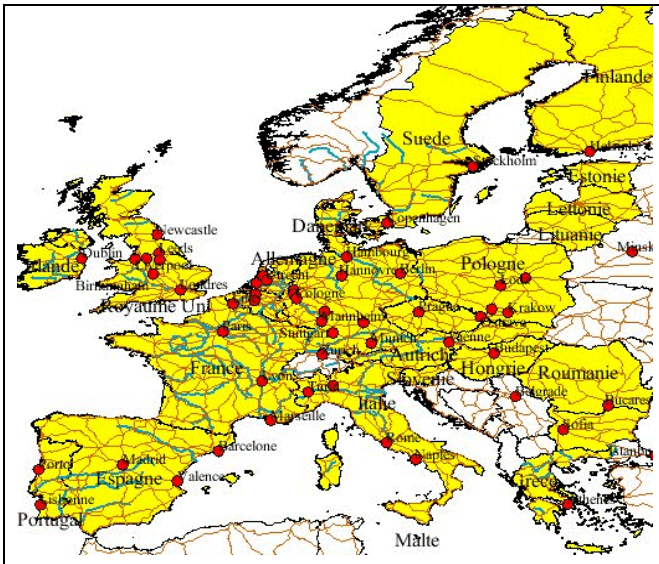
Au problème posé « L'Europe a-t-elle un centre ? », les élèves ont pour la plupart répondu par l'affirmative. Une moitié d'entre eux environ est parvenue à préciser, grâce

aux traitements cartographiques qu'ils avaient réalisés, de quelle nature était ce « centre » (politique, économique, financier,…). Quelques-uns seulement ont pu percevoir qu'il y avait même plusieurs « centres » ou du moins que ce centre n'était pas continu sur le plan spatial[198]. D'une certaine façon, ces élèves ont saisi l'idée de polycentrisme, sans être toujours en mesure de pouvoir clairement l'exprimer. Le fait que la Suisse apparaisse en blanc sur toutes les cartes a troublé quelques élèves, mais certains ont exploré la base de données et ont découvert que ce pays ne faisait pas partie de l'Union européenne : l'absence de données statistiques ne signifiait donc pas qu'il y avait un « trou » dans la dorsale européenne, mais simplement que la Suisse ainsi que les pays de l'ex-Yougoslavie (sauf la Slovénie qui est entrée dans l'UE en 2004) n'avaient pas été retenus dans le jeu de données fourni par le site Eurostat. L'utilisation du SIG permettait d'attirer leur attention sur le rôle central des données et l'importance de la source utilisée.

Si l'on observe maintenant la même étude de cas conduite dans un lycée de l'académie de Grenoble, les analyses thématiques ont pu aller beaucoup plus loin du fait qu'il s'agissait d'élèves de première (scientifique). Mais comme le montre la Figure 34, la construction de cartes faisant sens n'allait pas pour autant de soi. Très peu d'élèves sont parvenus à mettre en relation sur une même carte les régions, les métropoles et les réseaux pour faire apparaître la « dorsale » européenne. Contrairement à l'expérimentation conduite en collège, cette étude de cas invitait les élèves à approfondir l'analyse concernant la hiérarchie des métropoles européennes. Les métropoles étaient affectées de différents indices synthétiques (politique, démographique, économique, financier,…), en fonction de leur taille de population, de l'importance de leurs places boursières, du nombre de sièges de grandes entreprises ou de salles de congrès, de l'importance de leur trafic aéroportuaire…, voire de l'importance de leurs clubs de football.

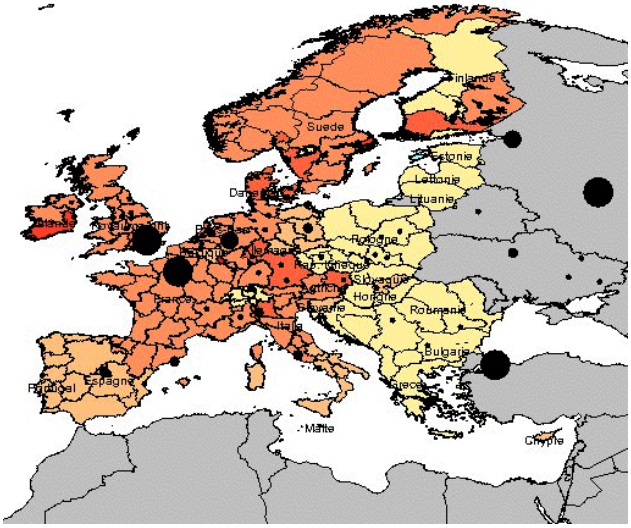
[198] Le modèle centre-périphérie ne semble pas fonctionner en Europe simultanément à toutes les échelles. On n'y trouve pas non plus vraiment de lieux de centralités cumulées. Le pouvoir décisionnel de l'Union européenne est éclaté entre Bruxelles, La Haye et Strasbourg, le pouvoir économique est diffusé sur la Ranstad, sur le sud-est anglais, sur Paris et d'autres pôles secondaires. Le modèle d'urbanisation rhénan qui structure la dorsale européenne est initialement un modèle polycentrique présentant différentes centralités.

Figure 34 : Analyses thématiques sur les régions et métropoles européennes :
à la recherche d'une « dorsale » européenne



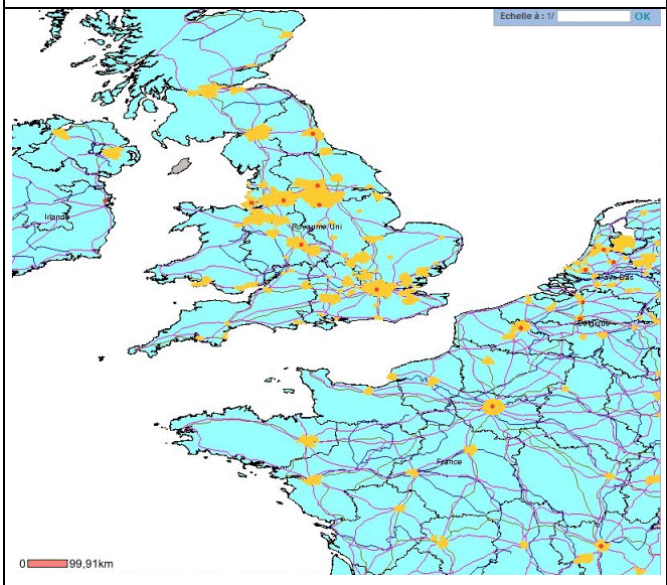
Exemple 1 :

Seuls les pays de l'Union européenne ressortent, tandis que les métropoles et les réseaux ne font l'objet d'aucun traitement thématique.



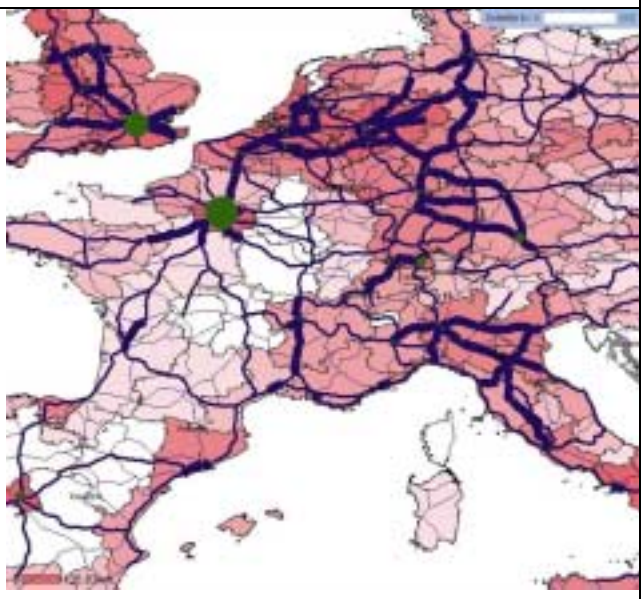
Exemple 2 :

Les régions et les métropoles dynamiques apparaissent bien dans ce traitement thématique, mais les réseaux de transport sont laissés de côté.



Exemple 3 :

Quelques élèves ont pensé à faire apparaître les zones métropolisées à l'échelle européenne, pour visualiser l'emprise spatiale de chaque métropole et faire apparaître les discontinuités.



Exemple 4 :

Ici la hiérarchie des métropoles est mise en rapport avec l'importance du trafic routier et ferroviaire, pour vérifier s'il y a une « dorsale européenne ».

Tous ces indicateurs débouchaient sur un indice global de classement fourni dans la base de données[199]. L'utilisation d'indices n'a pas posé trop de problème aux élèves. Ils ont bien réussi à mettre en valeur les centres politiques, les centres économiques ou financiers, les centres sportifs ou culturels… Mais ils ont rencontré plus de difficulté pour synthétiser leurs cartes et aboutir à l'idée qu'il y avait des métropoles de premier rang cumulant toutes ces fonctions (par exemple Londres ou Paris) et des métropoles secondaires.

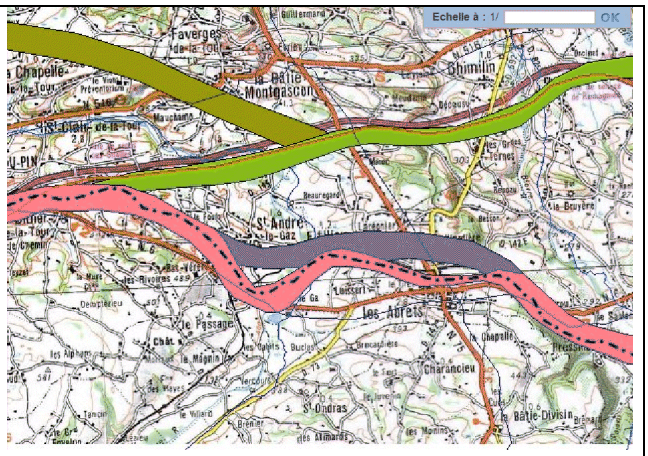
Le second intérêt de cette expérimentation menée en classe de première a été de conduire une étude de cas qui permettait de transposer les notions de métropole et de réseau à l'échelle régionale. Les élèves étaient invités à étudier la problématique de la traversée des Alpes, en lien avec le projet de liaison Lyon-Turin et la construction d'un « arc sud-européen » (Figure 35, p 237). Ils devaient tout d'abord observer les points de passage obligés (tunnels et cols) à travers le massif des Alpes, puis prendre la mesure de l'importance du trafic routier et ferroviaire, en interrogeant la base de données : l'accident du tunnel du Mont-Blanc leur faisait prendre conscience des problèmes liés à l'explosion du trafic transalpin (engorgement, pollution, accidents) ; à travers des traitements thématiques, ils constataient que le trafic routier avait été reporté sur d'autres passages (tunnel du Fréjus en particulier). Conscients de l'intérêt de développer le transport ferroviaire transalpin, les élèves devaient ensuite analyser les différents tracés prévus pour la liaison ferroviaire Lyon-Turin et déterminer les problèmes posés (impact sur l'environnement, sur la population et sur le developpement économique des régions concernées). La construction d'un « tube » ferroviaire Lyon-Turin sans dessertes locales n'était pas sans poser aussi des problèmes liés aux retombées réelles pour les régions Rhône-Alpes et Piémont. Se posait également le problème d'assurer une liaison avec l'ouest de l'Europe et la légitimité d'un axe transversal Alpes-Auvergne-Atlantique. L'intérêt de cette étude de cas était donc de permettre de faire jouer les échelles en sens inverse, de l'espace local à l'espace régional et européen. Surtout il s'agissait de favoriser

[199] Le choix des indicateurs pour hiérarchiser les villes européennes n'est souvent pas neutre. Un classement réalisé en 2003 à partir de 15 indicateurs retient 5 classes de villes à l'échelle européenne. Cf Rozenblat, C., Cicille, P. (2003). *Les Villes européennes, analyse comparative*, La documentation française. Mais les méthodes adoptées sont diverses, en fonction des objectifs poursuivis et des niveaux d'échelle considérés. Voir par exemple le comparatif entre métropoles européennes et métropoles mondiales établi sur le site Géoconfluence : <http://geoconfluences.ens-lsh.fr/doc/typespace/urb1/MetropDoc1.htm> (consulté le 25.09.08)

un raisonnement multi-échelle qui permette de réfléchir conjointement aux enjeux d'environnement et d'aménagement.

Figure 35 : Les transports transalpins et le projet de liaison Lyon-Turin

Les Alpes : un massif sillonné d'axes de transport avec des « passages obligés »



Les différents projets de tracé pour la liaison ferroviaire Lyon-Turin

14.4 Utiliser un SIG pour une approche géohistorique : l'enracinement de la République dans le département de la Loire à la fin du XIXe siècle

La quatrième étude de cas consistait à utiliser l'outil SIG pour une étude géohistorique, ce qui est peu fréquent pour ne pas dire assez inédit, dans l'enseignement de la géographie[200]. Le thème d'étude portait sur l'adhésion progressive à la République, au cours du XIXe siècle dans le département de la Loire. Il ne s'agissait pas de lancer les élèves dans un travail de recherche historique, mais de les initier à une démarche spatiale et vérifier des hypothèses sur la politisation des campagnes à partir du maniement d'un SIG

[200] La séance d'activité sur l'installation de la République dans la Loire au XIXe siècle a fait l'objet d'une présentation complète par l'enseignant qui a expérimenté cette étude de cas, lors de la journée d'étude géomatique INRP de 2008 (consulté le 15.06.2008) :
<http://eductice.inrp.fr/EducTice/projets/geomatique/Journees_etude/Journee_2008>

géohistorique[201]. L'objectif était d'étudier le rôle éventuel de facteurs exogènes ayant pu favoriser la circulation de l'information, le brassage des populations et des idées. L'acquisition des données a nécessité une collaboration avec le service des Archives départementales de la Loire, qui a mis gracieusement à notre disposition l'Atlas des cantons de 1887. A partir des planches digitalisées de cet atlas, un étudiant du CRENAM a procédé à la vectorisation des principales informations. L'enseignant expérimentateur, qui conduit un travail de thèse sur la politisation des campagnes au XIXe siècle dans le département de la Loire, a pris en charge l'intégration des données suivantes :

- la trame des 331 communes de la Loire (dont une 20^{e} ont changé de découpage depuis le XIXe siècle)
- les axes routiers principaux (qui apparaissent à des dates différentes) ;
- l'implantation d'une gare (plus ou moins précoce au cours du XIXe siècle) ;
- les villes de plus de 2 000 habitants : ce sont souvent des pôles (marchés, fonctions administratives…), qui attirent les populations environnantes et donc des lieux de circulation des idées et d'acculturation politique ;
- le relief : la composition de la population, les structures foncières et l'attitude face à la Révolution sont très différents dans la Loire en fonction de l'opposition entre :

  - la plaine, région de grande propriété (exploitée en faire-valoir direct ou en fermage avec une main d'oeuvre de journaliers), qui adopte dès l'origine les changements apportés par la Révolution ;

  - les monts du Lyonnais (où la moyenne propriété domine) qui sont plus réfractaires, voire franchement hostiles (la région de Chevrières étant une « petite Vendée ») ;

  - les monts du Forez (la moyenne propriété y domine aussi, fort attachement à la religion), qui manifeste aussi un refus durable ;

[201] Peu d'expérimentations ont été conduites sur l'usage pédagogique des SIG dans une approche géohistorique. On peut cependant citer les travaux effectués par T. Hatt ou J-M. Bonnefoy sur :
- l'évolution urbaine de Strasbourg de 1674 à 2003 :
<http://www.cndp.fr/archivage/valid/44522/44522-7474-7415.pdf> (consulté le 27.05.2008) ;
- l'espace industriel du Creusot au XIXe siècle :
<http://histoire-geographie.ac-dijon.fr/SIG/Carto/sig/CUCM/cucm1.htm> (consulté le 27.05.2008).

- l’emprise de l’Eglise : elle est plus importante dans les monts que dans la plaine. Les monts du Forez notamment sont, tout au long du XIXe siècle, une pépinière de prêtres, de religieux ou de missionnaires, alors que les communes de la plaine n’en fournissent quasiment aucun. Or, jusqu’en 1893 au moins, date du Ralliement, l’Eglise reste opposée à l’héritage révolutionnaire, et partant à la République. Il aurait été possible également d’utiliser d’autres indicateurs de cette emprise religieuse : pratique pascale, enterrements civils…(mais les données sont plus difficiles à obtenir et à synthétiser).

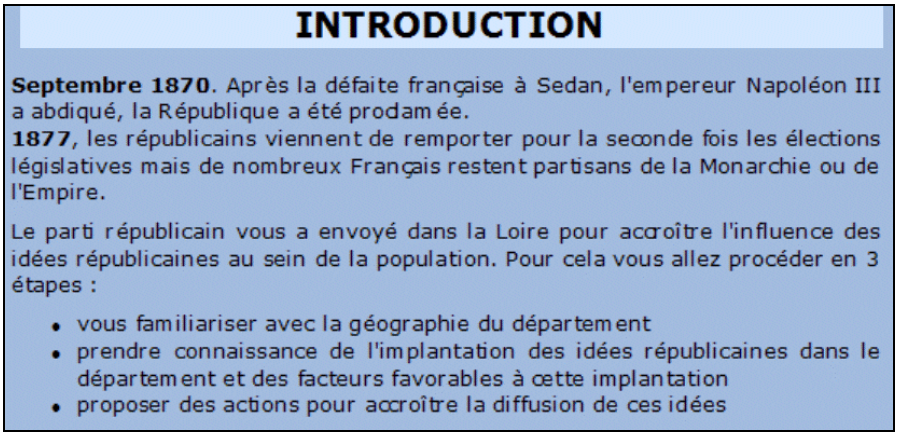
L’intérêt du SIG est de permettre de juxtaposer des couches de données vectorielles : relief, axes routiers, gares, présence d’écoles élémentaires… et des données thématiques (résultats des républicains et des monarchistes aux élections législatives de 1876). Cette intégration de données « qualitatives » et quantitatives est difficilement réalisable avec un simple logiciel de cartographie thématique. Il permet de dépasser les découpages traditionnels, en délimitant de nouveaux objets d’étude, définis par leur distance à des points ou à des lignes.

La séquence a d’abord été mise en oeuvre en classe entière, à l'aide d'un vidéoprojecteur, avec brève présentation de ce qu'est un SIG, de la plate-forme GéoWebExplorer et du travail à effectuer. Puis en demi-classe (18 élèves travaillant à 2 par poste), deux heures ont été prévues pour le déroulement d’une activité divisée en trois étapes de difficulté croissante. Dans l’étape 1, l'élève est guidé dans l'utilisation des outils, les questions sont très simples et servent essentiellement à se familiariser avec les fonctionnalités SIG. Dans les étapes 2 et 3, l'élève évolue progressivement vers des questions exigeant plus de réflexion et de nuance, alors qu'une plus grande initiative lui est laissée dans l'utilisation de l'outil. En classe entière s’effectue un retour partiel sur la séquence pour faire le point sur les difficultés rencontrées par certains et pour élargir la réflexion sur la question de la causalité en histoire. Le SIG permet de mettre en évidence des corrélations, mais les relations entre phénomènes n'est pas évidente. Les reliefs semblent moins voter républicain que la plaine : est-ce parce qu'ils sont plus enclavés ? Parce que l'influence de l'Eglise y est plus forte ? Parce que persiste le clivage hérité de la Révolution ?

Une fois familiarisés avec la géographie de leur département, ces élèves de première devaient choisir une stratégie pour accroître l'influence des idées républicaines dans la

Loire[202] (Figure 36). Sachant qu'ils ne pouvaient disposer que d'un nombre réduit de propagandistes, ils devaient choisir un chef-lieu de canton comme base leur permettant de toucher le plus de communes où les républicains étaient en difficultés aux élections de 1876 et justifier leur choix.

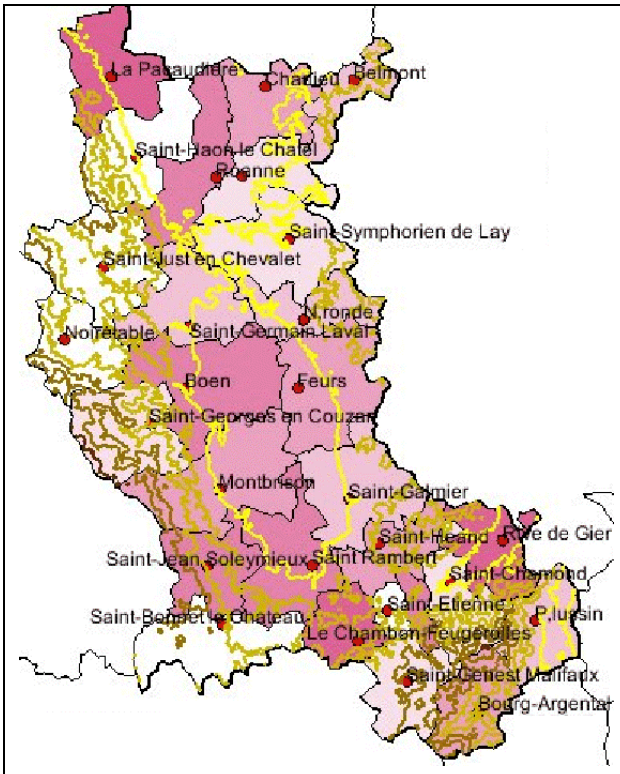
Figure 36 : « Le parti républicain vous a envoyé dans la Loire en 1877 pour accroître les idées républicaines… » (tutorat sur la politisation des campagnes au XIXe siècle)



Les élèves se sont très vite « pris au jeu ». L'analyse de leurs réponses sur la plate-forme permet de faire plusieurs observations. Tout d'abord ils sont parvenus assez facilement à comparer des cartes à plusieurs échelles. Cependant les élèves ont rencontré plus de difficultés pour hiérarchiser les facteurs explicatifs. Si la plaine du Forez est vite acquise aux idées révolutionnaires et les monts davantage réfractaires, est-ce l'isolement dû au relief ? Ou la taille des villes, l'implantation d'une gare ou d'une voie de communication importante sont-elles plus déterminantes ? Le risque était bel et bien de tomber dans le déterminisme physique, alors que les structures agraires et sociales pouvaient jouer un rôle aussi important.

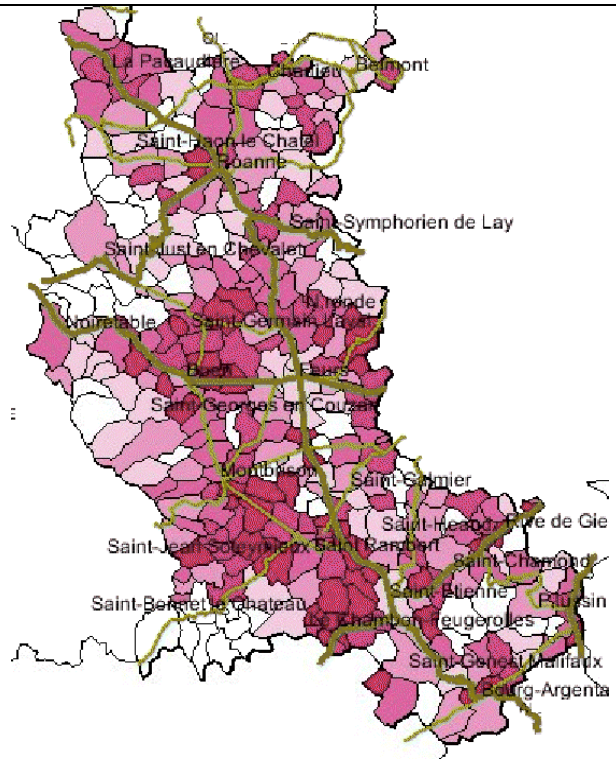
[202] Il est peu fréquent et parfois discutable d'utiliser un jeu de rôle en histoire, mais ce jeu de simulation était en l'occurrence assez pertinent et réaliste : la Chambre des députés avait été dissoute par le président Mac-Mahon en 1877 et l'opposition monarchiste était encore forte vis-à-vis du régime parlementaire de la Troisième Réublique.

Figure 37 : Comparaison du score électoral des républicains en 1876 à l'échelle cantonale et à l'échelle municipale (tutorat sur la Loire au XIXe siècle)



Exemple 1 :

Résultats des républicains par canton aux élections législatives de 1876 et superposition des courbes de relief.



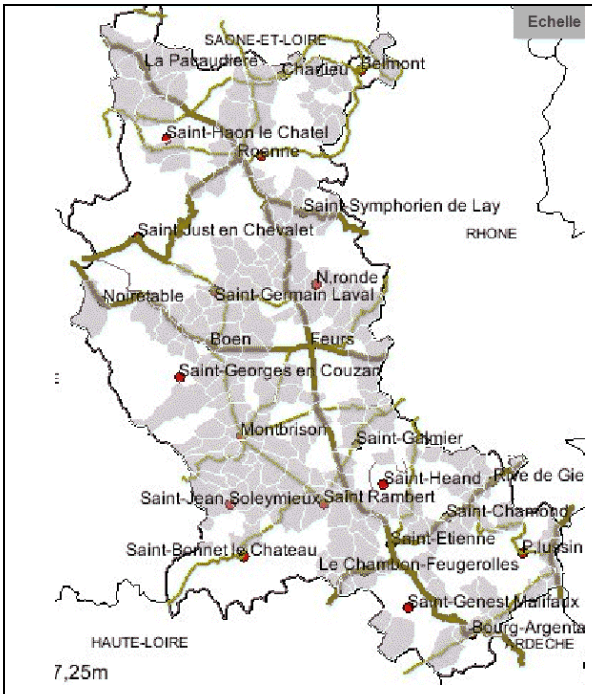
Exemple 2 :

Résultats des républicains par commune aux élections législatives de 1876 et superposition des routes nationales et départementales.

Pour éviter le piège du déterminisme, les élèves étaient conduits à s'affranchir des limites de circonscriptions électorales et à tracer des zones-tampons autour des chefs-lieux de canton. La construction d'une zone-tampon* (*buffer*) relève des fonctions d'analyse spatiale au sein d'un SIG. Ici l'objectif était d'établir la zone d'influence des villes et de déterminer si la proximité ou l'éloignement d'une ville intervenait comme facteur explicatif dans la diffusion des idées républicaines. Mais le choix du rayon de cette zone d'influence restait délicat, en tout cas à l'appréciation des élèves (Figure 38, p 242). Surtout la plate-forme ne permettait pas de créer dynamiquement une nouvelle couche d'information à partir de la fusion des communes enregistrant un score républicain

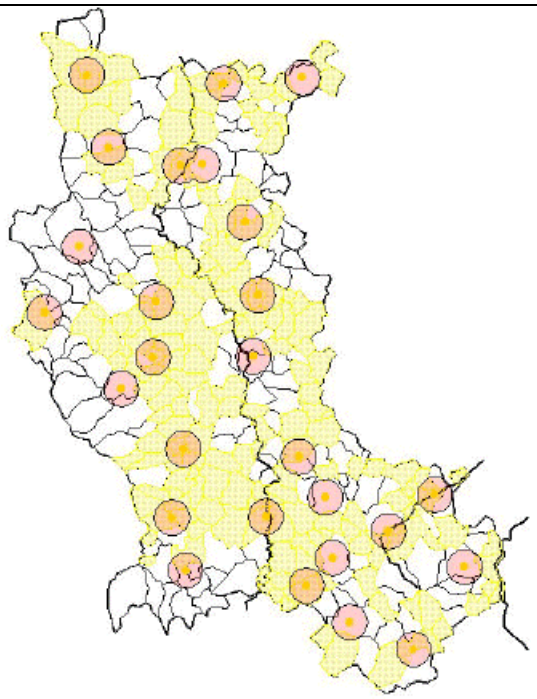
supérieur à la moyenne départementale, ce qui aurait permis aux élèves d'aller plus loin dans l'analyse à partir de ce nouvel objet géographique[203].

Figure 38 : Zones-tampons pour s'affranchir des limites de circonscriptions électorales (tutorat sur la Loire au XIXe siècle)



Exemple 3 :

Sélection des communes où les républicains ont fait un score supérieur à la moyenne départementale en 1876.



Exemple 4 :

Superposition de zones-tampons de 3 km autour des chefs-lieux de canton.

Malgré ces limites, l'expérimentation a permis aux élèves de faire des choix spatiaux, notamment lorsqu'il leur était demandé de choisir un chef-lieu de canton pour accroître les idées républicaines. Certains élèves, appuyant leur raisonnement uniquement sur la carte des voies de communication ou celle du relief, ont choisi un chef-lieu implanté

[203] Un outil comme Géonalayste (présenté p 188) permet de croiser des requêtes spatiales et attributaires : ainsi les élèves auraient pu déterminer des types de villes (en fonction de leur taille, de leur profil d'activité,…), avant de tracer une zone-tampon pour mesurer leur influence éventuelle dans la diffusion des idées républicaines. Ils se seraient rendus compte que la ville la plus importante et la plus industrialisée du département (Saint-Etienne) n'était pas forcément la plus républicaine.

sur la route nationale qui traverse le département dans le sens Nord-Sud (par exemple Roanne) ou dans une zone de contact entre la plaine et les monts du Forez (par exemple Montbrison). D'autres au contraire ont cherché à croiser les informations, en portant leur choix sur un chef-lieu également doté d'une gare, voire de plusieurs gares (par exemple Saint-Etienne). La réponse la plus répandue – et en soi significative - était qu'il fallait « *construire des nationales et des gares dans les montagnes pour régler leur isolement* » ! D'autres élèves ont raisonné sur un principe simple de centralité : dans un département allongé comme la Loire, il convient de choisir un point central : la ville de Feurs est exactement le chef-lieu de canton qui convient entre Saint-Etienne et Roanne, au centre de la plaine du Forez entre les monts du Lyonnais et les monts du Forez. Qui plus est, la ville est déjà acquise aux idées républicaines et elle est au croisement de routes nationale et départementale : il n'y a pas besoin d'un SIG pour le découvrir ! Quelqu'uns plus astucieux ont essayé de raisonner spatialement, en sélectionnant les villes qui étaient bien dotées en infrastructures de transport et qui, en même temps, étaient entourées de communes non encore acquises aux idées républicaines. Partant du principe que l'implantation d'un « *Q-G républicain* » ne pouvait se faire sans base arrière de repli, en cas de résistance monarchiste, ou que les communes monarchistes ne pouvaient se rallier que par grignotage « *à partir de cantons déjà républicains* », ces élèves ont véritablement cherché en mettre en œuvre des stratégies spatiales. Ils ont pu ensuite vérifier, en mesurant le taux d'évolution du vote républicain aux élections législatives de 1877, si leur stratégie avait été payante ou non. Ainsi les élèves s'initiaient à la pensée complexe et découvraient qu'il n'y avait pas plus de causalité unique en histoire que de déterminisme spatial en géographie.

15. Le point de vue des utilisateurs

15.1 Le point de vue des enseignants

Les professeurs d'histoire-géographie qui ont utilisé la plate-forme GéoWebExplorer se déclarent globalement satisfaits de cette plate-forme géomatique, qui les affranchit de deux contraintes majeures : l'acquisition et l'installation de logiciel SIG d'une part, l'accès aux données géographiques d'autre part. Ils déclarent s'être assez facilement appropriés

l'environnement informatique, malgré un temps d'adaptation initiale pour découvrir et maîtriser les fonctionnalités SIG proposées sur la plate-forme. Cependant des échanges plus approfondis avec chacun des enseignants utilisateurs permettent de nuancer ce premier bilan d'usage. Ils ont tout d'abord rencontré des difficultés techniques. Certains d'entre eux ont rencontré des problèmes de réseau qui ont pu perturber le déroulement de l'activité pédagogique. Ces difficultés sont liées aux problèmes de maintenance des réseaux dans les établissements scolaires, qui ne permettent pas de garantir une connexion Internet stable sur tous les ordinateurs et fiable dans le temps. Elles sont dues également à la maîtrise insuffisante du réseau pédagogique par les enseignants qui ont majoritairement une pratique de l'informatique sur poste individuel. Pour autant, il semble que les choses évoluent dans le bon sens : la lourdeur des authentifications qui faisait peur aux enseignants ne semble plus un problème aussi important[204].

Les établissements du second degré reçoivent également des dotations pour s'équiper ou pour renouveler l'équipement de leur parc informatique : même si l'accès aux salles informatiques n'est pas toujours aisé à certaines périodes de l'année, les enseignants ont tous réussi à réaliser des séances sur ordinateur dans leur établissement. Ils ont surtout grandement apprécié de pouvoir faire travailler leurs élèves à partir de différents points de connexion, qui directement dans la salle de classe ou en salle informatique, qui à partir du CDI ou du domicile des élèves, ou encore du domicile de leurs camarades qui disposaient d'un accès Internet. Dans certains cas, la plate-forme accessible en dehors de l'enceinte scolaire a permis de contourner le verrouillage du réseau pédagogique, qui empêchait de se connecter à une plate-forme extérieure à l'établissement. Un enseignant a même décidé pour la rentrée 2008 de tenter une expérience entièrement à distance, du fait que le réseau de son établissement était défaillant et que les salles informatiques étaient en cours de réfection.

Au delà de ces problèmes techniques déjà soulignés par les résultats de l'enquête INRP (cf chapitre 9.2, p 130), les enseignants disent avoir été confrontés à des problèmes d'ordre pédagogique. Deux professeurs (sur les six enseignants associés qui ont expérimenté la plate-forme SIG) ont déclaré manquer de connaissance et de formation

[204] Aucun des établissements où ont eu lieu les différentes expérimentations n'étaient encore dotés d'Environnements Numériques de Travail (ENT), de sorte que les enseignants n'étaient guère familiarisés avec l'usage de plate-formes pédagogiques. En dépit de ce retard, nous avons pu observer chez la plupart des enseignants une « culture réseau », liée à l'usage déjà ancien du réseau informatique de l'établissement.

concernant les outils géomatiques et leur potentiel pédagogique. Les deux points essentiels, qui ressortent de l'ensemble des échanges que nous avons pu avoir avec l'équipe, sont le changement de posture dans la relation pédagogique et le nouveau rôle de concepteur d'activité et de ressources numériques que cela impliquait.

L'un des enseignants, par ailleurs responsable du site Histoire-Géographie et formateur TICE dans son académie, distingue trois grands rôles dévolus désormais à l'enseignant faisant usage des SIG. D'abord le rôle de « *grand architecte »,* qui correspond à l'étape de conception du jeu de données : cela signifie pour l'enseignant-concepteur rassembler et/ou produire les données, construire les tutorats, les tester et les mettre en ligne. Puis le rôle de « *guide* », qui concerne l'étape de mise en œuvre de l'activité : cela signifie pour l'enseignant-utilisateur gérer les contraintes matérielles (horaires, salles, réseau,…), intégrer l'activité dans la séquence de cours (rôle et place de la séance informatique dans ce que cet enseignant appelle le « tube pédagogique »…), doser le niveau d'encadrement des élèves (niveau de guidage dans l'accompagnement). Selon cet enseignant, « *cette étape est assez déstabilisante pour le professeur qui peut avoir l'impression de perdre le contrôle de son enseignement ainsi que le contact "traditionnel" avec ses élèves. Les élèves, eux, sont clairement intéressés par l'activité et la "déstructuration" qu'elle implique* ». Enfin le rôle de « *juge* » qui a un rôle d'évaluateur pour observer et synthétiser les résultats, pour évaluer les bénéfices en terme de contenu et de méthodologie, pour mettre en oeuvre une remédiation avec les élèves afin d'ancrer les acquis dans la logique de la progression du cours. Et cet enseignant de poser, non sans humour, deux questions essentielles selon lui : « *Est-ce que tout va bien se passer ?* », traduisant l'angoisse de tout enseignant avant de réaliser une séance en salle informatique avec ses élèves, et « *L'enseignant couteau-suisse a-t-il un avenir ?* », montrant que l'enseignant à la fois concepteur et utilisateur devait prendre beaucoup sur lui pour préparer les ressources et mettre en œuvre l'activité[205].

Le témoignage de cet enseignant est en soi intéressant. Il souligne les difficultés rencontrées habituellement par les enseignants au moment d'utiliser les TIC avec leurs

[205] Ce témoignage sur une expérimentation en classe de première fait ressortir les problèmes habituellement liés à l'usage des technologies numériques en milieu scolaire. Il rejoint celui d'une autre enseignante en classe de quatrième, pour qui la séance a pris « *beaucoup de temps et beaucoup d'énergie* », du fait que les élèves travaillaient en autonomie, ce qui marchait « *à condition qu'on soit derrière* » (voir entretien transcrit en Annexe 9, p 347)

élèves. Mais surtout il montre qu'il est nécessaire de clarifier le ou les rôles assignés à l'enseignant qui utilise un SIG en classe de géographie. Il va de soi que l'on ne peut pas demander à chaque enseignant d'acquérir, structurer, faire évoluer des jeux de données. Le rôle de concepteur suppose un haut degré d'expertise et de compétence pour concevoir et adapter les ressources numériques. Cela n'est pas accessible à tous les enseignants. En revanche, on peut imaginer que la majorité d'entre eux puissent s'investir comme guide (ou médiateur), accompagnant l'activité de l'apprenant. Entre ces deux niveaux - l'enseignant-concepteur et l'enseignant-tuteur, il existe aussi un niveau intermédiaire, qui est celui de l'enseignant-scénariste qui propose des scénarios d'activités, sans pour autant avoir en charge de concevoir ou de structurer les données. Les remarques faites par les enseignants lors de ces expérimentations montrent en tout cas qu'il convient de bien définir ou redéfinir le(s) rôle(s) de l'enseignant, par rapport au niveau de conception et d'usage des activités et des ressources.

D'après les enseignants expérimentateurs, il semble que l'usage de la plate-forme SIG les ait conduit à adapter leur pédagogie et qu'en retour ils demandent qu'on adapte la plate-forme ou le jeu de données à leur usage. Ce double processus d'instrumentation/instrumentalisation, mis en lumière par Rabardel (cf chapitre 2.2, p 38), apparaît notamment dans l'entretien semi-directif que nous avons pu conduire auprès d'une enseignante (voir entretien transcrit en Annexe 9). Cette utilisatrice, rompue à l'utilisation des TICE, découvrait l'usage du SIG avec les élèves, à travers l'utilisation de la plate-forme GéoWebExplorer. Elle avait néanmoins déjà utilisé des globes virtuels en classe et elle avait conscience des limites de ces outils de visualisation, pour lesquels « l'illusion est trop forte ». Elle avait donc déjà une certaine attente vis-à-vis des SIG dont l'avantage, selon elle, était d'abord de « *croiser des informations* ». Mais du fait que la plate-forme permettait seulement de conserver les sélections à l'écran, sans donner la possibilité de les enregistrer sous forme d'une nouvelle couche, elle trouvait que l'exercice devenait « *à la fin infaisable* » et qu'il fallait donc faire évoluer l'outil en fonction de ses besoins.

Le témoignage de cette enseignante nous paraît également intéressant, car il concerne une expérimentation qu'elle a menée au niveau collège auprès d'élèves de quatrième. Malgré le jeune âge des élèves (13-14 ans), ils ont assez vite pris en main la plate-forme :

> « *Ils ont été très motivés et ils ont eu une prise en main extrêmement facile de l'outil. Je m'attendais à beaucoup de difficultés, notamment pour superposer les couches. Le fait qu'il y ait des données sur les couches, pour moi cela a été très difficile à comprendre.*

Le fait qu'il y ait ce que vous appelez des données attributaires, j'ai mis des années à comprendre cela. Et eux en cinq minutes, c'était bon quoi… »

Cette facilité à s'approprier le système d'information au sein d'un SIG est liée, selon cette enseignante, à l'habitude de cliquer sur des liens pour obtenir des informations sur Internet, voire à saisir des données sur des pages dynamiques. Il lui semble qu'en dépit des contraintes de prise en main, les élèves ont réussi à ébaucher des formes de raisonnement géographique. Bien que les élèves rencontrent de nombreuses difficultés pour rédiger les réponses, selon ce professeur :

« *… avec cet outil-là, je pense que les élèves ont quand même pu raisonner. Même les plus faibles ont quand même été amenés à raisonner. Je pense avoir constaté cela.* »

Pour cette enseignante, il existe des outils plus efficaces que les SIG pour apprendre aux élèves la maîtrise du langage cartographique. Mais le recours à la plate-forme SIG a permis aux élèves de croiser des informations :

« *Ce n'est pas tellement pour la maîtrise du langage que c'est utile, c'est plutôt pour l'apprentissage de la sélection de l'information géographique, pour la construction d'une carte qui a du sens et qui porte un message. Je pense que c'est porteur d'une idée… Les élèves ont saisi que la carte était démonstrative.* »

15.2 Le point de vue des élèves

Les élèves n'ont pas été déroutés par l'usage d'une plate-forme : ils commencent à avoir l'habitude d'accéder à des sites de partage ou de discussion sur Internet, avec identifiant et mot de passe.[206] Ce qui semble avoir davantage rebuté les élèves, c'est finalement l'interface un peu désuète de la plate-forme (« *ça manque de couleurs !* »). Celle-ci n'avait pas l'aspect attractif des sites dynamiques que les élèves ont l'habitude de fréquenter sur Internet. Presque unanimement, les élèves expriment l'idée que la géomatique donne une « image » nouvelle et dynamique de la géographie scolaire, trop souvent vue auparavant comme une discipline de mémoire peu attrayante. Cette image dynamique s'est construite essentiellement grâce à la mobilisation de l'outil informatique.

[206] Concernant les élèves de collège, on notera cependant que ceux-ci ont rencontré quelques difficultés pour retenir leur identifiant et l'adresse URL du site. Cela n'a pas empêché certains d'entre eux de se connecter à partir de leur domicile.

Pour dépasser le simple attrait pour l'ordinateur ou le témoignage de sympathie et de satisfaction (fussent-ils réconfortants pour les concepteurs !), nous avons décidé de procéder à une enquête un peu plus détaillée auprès des élèves.

Lors de la deuxième année d'expérimentation, nous avons pu distribuer un questionnaire auprès de deux classes de quatrième, trois classes de seconde et une classe de première (voir questionnaire et résultats détaillés en Annexe 7). Au total, 156 élèves ont répondu. Cette enquête vient confirmer et en même temps nuancer un certain nombre d'observations concernant l'usage de la géomatique par les élèves. Tout d'abord, on retrouve l'écart habituel entre l'usage privé et l'usage scolaire de l'informatique : plus de 80% des élèves interrogés utilisent régulièrement l'ordinateur et Internet pour leurs besoins personnels ; plus de 50% ont recours, à titre privé, à des logiciels de calcul d'itinéraire et connaissent les globes virtuels. Mais, pour plus de 75% des élèves, l'usage de l'informatique et d'Internet reste occasionnel dans l'enseignement de l'histoire-géographie (en moyenne moins de trois fois par an). En revanche, le fait relativement nouveau est sans conteste la diversification des points d'accès : si la plate-forme a d'abord été utilisée à partir de la salle informatique (pour 36% des usages), celle-ci a été également mise en œuvre dans la classe pour des séances d'initiation ou de remédiation avec vidéo-projecteur (29% des usages), et à partir du domicile pour poursuivre et achever le travail débuté en classe (21,4% des usages). Si on totalise les usages au sein de l'environnement scolaire (en classe, en salle informatique ou au CDI), ceux-ci représentent encore une part écrasante (près de 80% des usages). Mais pour certaines expérimentations, la part des usages à partir du domicile a pu atteindre près de 30% et, au bout de plusieurs années d'expérimentation, certains enseignants envisagent une utilisation 50% en classe et 50% à la maison.

Si l'on examine maintenant la façon dont les élèves ont perçu ces séances d'activités avec SIG, l'impression d'ensemble est assez positive, puisque plus de la moitié (57%) ont « assez » bien apprécié. S'ils sont 23% à avoir « beaucoup » apprécié, ils ne sont que 1,3% à n'avoir « pas du tout » aimé. Quand on demande plus en détail ce qui a motivé les élèves, on retrouve logiquement l'attrait de l'outil informatique (77% de réponses « beaucoup » et « assez »). Mais sans disparaître complètement, la nouveauté de l'ordinateur semble quelque peu s'émousser aujourd'hui. Les élèves mettent d'abord en avant le « fait de changer la façon de faire de la géographie » (88% de réponses « beaucoup » et « assez »). L'expression peut paraître un peu vague et faire appel, là encore, à l'attrait de la nouveauté. Mais ce qui est intéressant, c'est de noter que 77% des élèves apprécient, dans ces séances

informatiques, le fait de pouvoir travailler en autonomie. Dans les modalités de réponses ouvertes, certains ont trouvé que le cours était « *plus vivant* » et « *plus dynamique* ». En dépit des difficultés rencontrées (« *Le réseau rame !* »…, « *ça plante !* »), ces expérimentations SIG ont été perçues avec beaucoup d'intérêt par les élèves :

> « *Je pense que c'est bien plus intéressant de travailler sur ordinateur en géographie. Ce mode de travail est différent de d'habitude. Ce n'est pas vraiment un cours. […] En plus, on a appris à s'en servir et on a donc la possibilité de travailler dessus chez nous.* »

Au delà de l'attrait de l'informatique, la majorité des élèves (65% de réponses « beaucoup » et « assez ») ont apprécié de pouvoir changer la manière de traiter un thème de géographie : à partir d'une question d'actualité, d'une sortie sur le terrain ou en lien avec un problème concret. Pour les élèves, le renouveau de la géographie n'est donc pas lié seulement à l'usage de l'ordinateur, mais aussi à la façon de pratiquer une géographie qui semble plus utile et plus concrète. On notera que les élèves sont moins motivés par le fait de faire des cartes sur ordinateur : ils ne sont que 21% à avoir beaucoup apprécié. Pourtant, certains élèves se sont pris au jeu de construire et déconstruire leur propre carte : *« On peut tout changer sur la carte, mettre les villes, les routes… les enlever […]. Avec l'ordinateur, on a plus de détails… on peut changer les cartes.* »

Quand on interroge enfin les élèves sur les difficultés rencontrées, ils sont 43% à avoir manqué de temps, 39% à avoir eu des problèmes de connexion, 23% des problèmes de prise en main de la plate-forme. Ce qui semble avoir le plus embarrassé les élèves, ce sont finalement les difficultés de compréhension des questions et de rédaction des réponses (plus de 68% de réponses « moyen » ou « assez », dans les deux cas). On retrouve ici les problèmes liés à la maîtrise de la langue française et à la capacité de tenir un raisonnement argumenté en géographie. Pourtant les élèves ont cherché à sélectionner et à interroger les données (initiation à la formulation de requêtes) :

- « *Quand on pose des questions sur les données, au début on ne sait pas s'il faut mettre un espace ou des parenthèses dans la formule. Mais au bout d'un moment on comprend…* » ;
- « *La Suisse apparaissait en blanc, j'ai demandé au professeur pourquoi et elle m'a dit qu'il fallait chercher la réponse dans les données, mais je n'ai pas trouvé…* » ;
- « *On aurait préféré commencer par la plate-forme GéoWebExplorer que par Google Earth, car c'est plus spécifique, on se perd moins, il y a des questions et un seul jeu de*

données. Dans Géoweb, on peut choisir nos nombres, nos données, nos pourcentages. Sur Google Earth, il y a une arborescence un peu compliquée ».

Mais comme le note une enseignante : « *Ils préfèrent passer par la carte. Pour eux, c'est plus lisible.* » La prégnance de la carte à l'écran et la difficulté pour comprendre et interroger les données liées à chaque couche cartographique expliquent que les élèves ont raisonné souvent selon un mode de « pensée visuelle », à partir de l'interface de l'image cartographique. Quand on demande à la même enseignante dans quel ordre elle classerait les opérations de visualisation, sélection et interrogation, il n'est pas étonnant de voir ce professeur (comme l'ont fait les élèves) mettre la visualisation en premier. Finalement ce qui semble avoir compté dans la mobilisation du SIG, c'est la sélection visuelle de l'information, ce qui témoigne d'un usage intéressant, mais un peu réducteur du SIG :

« *Ça, c'est quand même du raisonnement. Ils sont allés chercher la couche qui permettait d'expliquer les inégalités, à leur sens en tout cas. Ça, je trouve que c'est intéressant.* »

16. Bilan global des expérimentations dans le secondaire

Il convient maintenant de tirer des éléments de bilan à partir des différentes expérimentations qui ont pu être conduites sur l'outil GéoWebExplorer. Nous développons dans le chapitre suivant (cf chapitre 17, p 257) les évolutions possibles pour la plate-forme SIG elle-même. Il s'agit ici de dégager des éléments de réflexion concernant les aspects pédagogiques et didactiques.

Les différentes expérimentations pédagogiques sont intervenues à plusieurs moments de notre recherche :

- en amont, pour dégager les problèmes liés à l'usage de l'ordinateur et à l'usage d'un SIG, en lien avec l'enseignement-apprentissage de la géographie ;
- en cours de route, pour élaborer une application géomatique et orienter vers de nouvelles expérimentations ;
- en aval, pour valider des démarches sur cette nouvelle application.

Comme nous l'avons évoqué (chapitre 13.1, p 202), l'objectif était de pouvoir faire évoluer et de pouvoir améliorer le dispositif d'ingénierie didactique, au fur et à mesure des retours d'usages. Les ajustements ont concerné aussi bien les jeux de données que les tâches et les activités. Comme nous avons pu le montrer à travers la présentation de quatre études de cas (cf chapitre 14, p 211), chacune des expérimentations a nécessité d'être reconduite et adaptée en fonction des résultats initiaux. L'intégration de l'outil géomatique n'allait donc pas de soi. La construction de jeux de données pédagogiques, qui soient adaptés au thème d'étude et au niveau des élèves, a constitué un obstacle préalable, pas toujours facile à surmonter. L'approche modulaire et graduelle avec des tutorats d'abord « fermés », puis de plus en plus « ouverts », a permis en partie de surmonter cette difficulté.

Nous avons conscience que les études de cas que nous avons pu présenter et analyser n'épuisent pas la variété des usages de la géomatique dans la géographie scolaire. Cependant elles permettent d'esquisser une typologie d'usages mettant en œuvre différentes approches :

- des démarches de résolution de problème à partir de l'étude d'un problème d'actualité (exemple sur Katrina)
- des démarches d'investigation à partir d'une sortie sur le terrain (exemple sur le SAGE Ain)
- des démarches de modélisation à partir d'un modèle géographique (exemple sur l'Europe)
- des démarches d'analyse spatiale et de simulation à partir de données géographiques et statistiques (exemple sur la Loire au XIXe siècle).

Cette typologie des usages possibles de la géomatique dans l'enseignement de la géographie devrait être complétée par des situations d'aménagement, mettant en œuvre des démarches de simulation : que se passe-t-il si l'on implante tel équipement à tel endroit ? Quel est l'avis des acteurs concernés par cet aménagement ? Quel débat citoyen organiser pour ou contre celui-ci ? Nous avons commencé à tester l'usage des outils géomatiques pour des démarches de simulation, par exemple pour le choix du tracé ferroviaire Lyon-Turin (étude de cas sur l'Europe) ou pour l'implantation politique des républicains au XIXe sècle (étude de cas géohistorique sur la Loire). Une expérimentation a également été conduite par l'un des enseignants, mais en utilisant un globe virtuel

(Google Earth). Cette étude de cas concernait un jeu de rôle à partir d'un projet « réel » d'aménagement : la boucle ferroviaire à grande vitesse du Valenciennois. Il s'agissait de discuter l'implantation d'une infrastructure industrielle effectivement en débat entre de « vrais » acteurs dans un environnement local, familier aux élèves :

> « *Chaque élève se voit attribuer un rôle en fonction de sa personnalité ou de son projet professionnel : la plus dynamique est sous-préfet, les plus rigoureux sont chefs d'entreprise et les plus revendicatifs, habitants de la zone menacée par les nuisances. Les deux journalistes d'un jour rêvent de l'être vraiment... plus tard. Chacun doit, à l'aide d'une fiche-formulaire, déclarer son point de vue et préparer son argumentaire* » (Jouneau-Sion, 2008).[207]

Comme on peut le constater, la mobilisation d'un SIG est de nature à permettre de varier les démarches pédagogiques. Ces usages peuvent également être « hybrides » : sans doute n'y a-t-il pas de frontière établie entre modélisation et simulation ou entre analyse spatiale et résolution de problème, pour ne prendre que ces exemples. Mais il semble que l'usage du SIG soit plus efficient si l'on met les élèves dans le rôle d'aménageur ou de décideur :

> « *Forme (le jeu de rôle) et outil (le logiciel Google Earth) se sont articulés efficacement pour atteindre les objectifs de ce cours de géographie et d'éducation à la citoyenneté. [...] La géographie est devenue un outil de gestion d'un territoire dont la maîtrise est cruciale pour les habitants, les professionnels et la Région. Or, Google Earth est à la disposition de tous les citoyens, sa prise en main rapide, il permet de croiser les données cartographiées, de s'informer pour argumenter. Ainsi les images accessibles par Google Earth ne sont plus une vision incontestable de la Terre, mais une représentation de l'espace utilisée pour convaincre. Cet apprentissage est donc fort utile, alors que l'information cartographiée envahit les medias* » (Jouneau-Sion, 2008).

Le jeu de rôle permet de placer l'élève en situation de s'emparer des problèmes spatiaux. C'est en partie le sens de nos expérimentations qui se sont efforcées de mettre l'élève en action. Ce point de vue est cependant discutable dans la mesure où, comme le montrent certains auteurs (Masson-Vincent, 2005), le statut du jeu à l'école n'est pas

[207] Cette étude de cas a fait l'objet d'une présentation par l'auteur dans les Cahiers pédagogiques (n° 460) : « *Jouer au citoyen avec Google Earth* ». Article disponible sur : http://www.cahiers-pedagogiques.com/article.php3?id_article=3551 <consulté le 23.04.08>

toujours pris au sérieux ni clairement défini. Le jeu est souvent à la base de tous les apprentissages qui dépassent la mémorisation. Il redonne du sens à la géographie, en favorisant la réflexion sur le jeu des acteurs et les enjeux du territoire. Cependant les élèves voient rarement la conséquence des décisions qu'ils ont prises[208] :

« L'élève n'est pas, sauf situation exceptionnelle, prescripteur. Il ne pratique pas d'expertise spatiale et n'en tire pas de décision. À l'école, on ne peut faire "comme si" sans s'interroger sur le statut de ce "comme si". Affaire de philosophe, peut-être, mais d'abord d'honnêteté intellectuelle » (Baldner & Baldner, 2003).

En d'autres termes, l'usage des SIG comme outils débouchant sur la prise de décision et sur l'action ne peut pas être directement transféré du domaine professionnel au domaine éducatif. Il convient donc de faire des adaptations et de bien définir le rôle et la place des SIG à l'école : leur fonction principale est d'abord de permettre l'acquisition de compétences spatiales et informationnelles et, de surcroît (mais pas non systématiquement), de favoriser l'action citoyenne. Comme le soulignent les mêmes auteurs :

« *Le risque est de ne faire de l'étude du SIG qu'un exercice académique, certes plus impliquant, plus collaboratif… finalement plus attractif. Ce n'est déjà pas négligeable, est-ce pour autant suffisant ?* » (Baldner & Baldner, 2003)

Il nous semble, pour répondre à cette question, que nos expérimentations ont permis de montrer deux modes complémentaires d'utilisation du SIG : comme outil d'exploration visuelle et comme outil de traitement de l'information, ces deux fonctions étant essentielles pour la construction d'un raisonnement. Si l'on prend les trois principaux *outils* du

[208] On peut citer malgré tout un exemple assez significatif où l'utilisation d'un SIG a pu déboucher sur une prise de décision. W. Korevaar a fait utiliser un SIG à des élèves âgés de 15 à 17 ans pour explorer la distribution des *coffee shops* à la Hague. Les *coffee shops* aux Pays-Bas sont bien connus pour être des points de vente pour les drogues douces et sont concentrés à l'intérieur de la ville. Selon la loi, ils ne doivent pas être dans un périmètre de 500 m autour des écoles. Or, en cartographiant les *coffee shops* à partir des pages jaunes de l'annuaire, les élèves ont découvert que plusieurs d'entre eux étaient localisés à proximité d'établissements scolaires. Les élèves ont fait un rapport pour le journal local, basé sur leur investigation. Ce rapport a été pris en compte par les autorités de la ville, qui ont décidé de déplacer hors de la ville, voire de supprimer l'autorisation de travailler légalement, pour un certain nombre de *coffee shops* ne respectant pas ce périmètre. in Korevaar, W., Van der Schee, J. (2004). Modern aardrijkskundeonderwijs met GIS op de kaart gezet. *Geografie*, 13 (11), p. 44-46.

raisonnement géographique (Journées d'études nationales INRP-IGEN, 1992), l'usage d'un SIG permet :

- *la mesure* : pour localiser avec précision, pour quantifier avec des données attributaires, pour percevoir (mais la simple perception visuelle ne suffit pas) ;
- *la compréhension* : pour évaluer, saisir, expliquer aussi bien les produits que les processus, en fonction des concepts (voire des modèles) mis en œuvre ;
- *l'action* : pour confronter, décider, aménager (le raisonnement géographique doit servir, même si cette action demeure quelquefois virtuelle).

Comme nous l'avons montré dans le chapitre 6.3 (p 108), la visualisation sous forme de cartes du résultat de ces traitements quantitatifs ou qualitatifs est susceptible d'intervenir quasiment à tous les stades de la chaîne de traitement de l'information. Les expérimentations ont cependant permis de souligner l'importance de ne pas en rester au stade initial d'exploration visuelle des données. Ce que font pourtant la plupart des utilisateurs qui découvrent les outils géomatiques, fascinés par la richesse et la multiplicité des images, mais aussi souvent déconcertés par la complexité à comprendre et à interroger les données. La lecture d'images débouche le plus souvent sur des modes de raisonnement inductif. Ce qui ne veut pas dire que le mode de pensée par induction soit par avance à condamner. Il nous semble cependant que cette « pensée visuelle » (cf chapitre 5.3, p 98) peut véritablement être efficace si elle amène à argumenter sur ce que l'on voit. C'est pourquoi l'usage d'un SIG éducatif se prête assez bien à la démarche de l'étude de cas, dont la méthodologie consiste d'abord à permettre à l'élève de décoder la question et de faire des hypothèses. On en arrive à l'idée que les SIG favorisent des démarches hypothético-déductives, ce qui suppose de poser de « vrais » problèmes géographiques et de recourir, si possible, à des modèles et à des notions qui soient clairs, reconnus, explicites. Toute la difficulté est cependant de disposer de jeux de données suffisamment riches et de pouvoir articuler, à partir de ces données, des démarches de résolution de problème. Or, certaines expérimentations ont pu montrer que le modèle était trop abstrait ou trop ambigu pour les élèves (cf difficulté à faire fonctionner le modèle centre-périphérie sur l'organisation spatiale de l'Europe pour des classes de quatrième). La validation des hypothèses par la confrontation au registre empirique du terrain n'est pas non plus chose facile pour l'enseignant, qui doit avoir une vision claire du statut de la cartographie SIG par rapport à une démarche d'investigation sur le terrain :

« *Les SIG ne posséderaient pas "ontologiquement" une vertu innovante, ils ne seraient pas les objets singuliers de mise à distance de la double illusion d'une cartographie réaliste et d'accessibilité directe ; tous les collègues le disent, lorsque, conjointement, dans une distinction de l'objet final destiné à la communication et des extractions intermédiaires, dans une démarche de visualisation qui, à la fois, confond et distingue synthèse et requête de la base de données, ils pratiquent une herméneutique de la carte ; lorsqu'ils utilisent les propriétés heuristiques et expérimentales de la cartographie thématique, notamment dans les études de cas ou dans les études de systèmes spatiaux complexes* » (Baldner & Baldner, 2003) .

Au cours de ces expérimentations, nous pouvons affirmer que les élèves ont été en mesure de conduire un raisonnement à partir de données spatiales et de construire leurs propres cartes de manière critique, à l'aide du SIG. Il semble cependant qu'on ne puisse pas réduire le raisonnement géographique au fait de raisonner spatialement à partir d'un jeu de données cartographiques. D'autres éléments interviennent pour construire un raisonnement de nature « géographique » : l'emboîtement d'échelles, mais aussi la prise en compte des représentations spatiales et cognitives des élèves et des enseignants. Nous n'avons pas intégré les représentations des utilisateurs dans nos expérimentations, mais cette dimension semble importante. Nous avons abordé ce point à propos de l'étude de cas sur la rivière d'Ain (cf chapitre 14.2, p 225), où la conception de la géographie de l'enseignant avait conduit les élèves à privilégier les données physiques fournies dans le jeu de données. Nous avons pu le constater également en interrogeant les enseignants à partir d'un questionnaire intitulé : « *Pour vous raisonner en géographie, c'est…* ». Ce questionnaire a été proposé par B. Richier lors des *Journées d'étude nationales INRP - Inspection générale. Atelier 3 : le « raisonnement géographique* » (Amiens - 1991). Nous avons repris et adapté les questions pour interroger les six enseignants-expérimentateurs. Les résultats témoignent de fortes disparités (cf résultats et graphique présentés en Annexe 10). Si la majorité des enseignants (cinq sur les six) s'accordent pour mettre en priorité « l'analyse systémique » et « l'emboîtement d'échelle » (on peut y voir une influence du SIG comme système d'analyse et comme intégrateur de données multi-échelles), les avis divergent ensuite sur la place à accorder à la « situation-problème », aux « concepts » ou au « concret visible ». L'un des enseignants fait d'ailleurs cette observation : « *le raisonnement géographique naît des interrogations sucitées par l'observation (attentive)*

d'un espace. C'est une forme de raisonnement scientifique ». La posture est proche du statut de l'observation dans la démarche scientifique de type expérimental. De là à penser que l'usage du SIG tend à ramener le géographe du côté du naturaliste qui observe la nature, il n'y a qu'un pas que nous ne franchirons pas. Même dans la démarche expérimentale, l'observation ne prend tout son sens que si l'on part d'un modèle et que l'on confronte ce modèle théorique au registre empirique. Or, quatre enseignants sur les six interrogés pensent que le modèle n'est pas un élément indispensable pour raisonner en géographie. Posée de cette manière, la question de la modélisation en géographie est peut-être un peu réductrice. En tout cas, elle montre le faible attrait pour une géographie « conceptuelle » et une cartographie « modélisante » dans l'enseignement. Ce n'est pas en soi paradoxal dans la mesure où l'usage d'un SIG ne présage pas de la modélisation des données ni du recours systématique à des modèles conceptuels (cf chapitre 6.1, p 104).

Du côté des élèves, il semble que l'usage des cartes ne suffise pas à leur faire construire un raisonnement : aussi riche soit-il, un système d'information géographique ne contient que les données que l'on a bien voulu y mettre. Surtout il ne comporte que des données « brutes », laissant l'interprétation du côté de l'utilisateur qui a parfois du mal à savoir lire et interpréter les données contenues dans le système. C'est pourquoi il convient aussi d'adjoindre au jeu de données cartographiques d'autres sources de nature explicative ou interprétative. Nous avons vu par exemple, dans l'étude de cas sur le cyclone Katrina, tout l'intérêt de partir d'une interprétation (celle d'un témoin, d'un journaliste ou analyste…) pour construire sa propre représentation mentale du problème à l'aide du jeu de données. Dès lors on peut considérer que le raisonnement géographique mis en œuvre à travers le SIG ne serait qu' « *une mise en ordre provisoire du monde qui nous entoure* ». Cette proposition n'a pourtant rencontré qu'un faible écho dans le questionnaire (cf un seul avis positif). Les enseignants-expérimentateurs ont au contraire été beaucoup plus sensibles à l'idée que le SIG permet de cerner « *la réalité des espaces que nous étudions* », voire de s'appuyer sur du « *concret visible* ». En somme, les expérimentations montrent que les enseignants voient dans l'usage du SIG avant tout une opportunité pour faire une géographie utile et appliquée, en tout cas une géographie qui leur semble « *plus proche du réel* ».

17. Perspectives d'évolution de la plate-forme pédagogique

17.1 Retours d'expérience sur un environnement SIG conçu pour l'enseignement et l'apprentissage

Le contexte général de l'usage des technologies géomatiques dans l'éducation a beaucoup évolué depuis le moment de la conception de la plate-forme GéoWebExplorer en 2004. Comme nous l'avons montré, l'irruption des globes virtuels a changé l'approche de la géomatique dans le grand public. Les environnements de visualisation et de navigation dans le domaine de la cartographie et de l'imagerie numériques sont devenues plus simples d'utilisation, en termes d'interface et d'ergonomie. Le contexte a également considérablement changé avec la mise en place des Environnements Numériques de Travail (ENT) dans les établissements scolaires. Ces plate-formes pédagogiques ont permis le développement de dispositifs de formation « hybride », mêlant formation en présentiel et formation à distance. Les outils de communication et de partage de l'information (blogs, forums, wikis) ont fait leur apparition. Des systèmes de publication de type web 2.0 pour l'édition, la gestion et le partage de ressources numériques sur Internet ont également favorisé la mutualisation des ressources pédagogiques, voire le travail collaboratif.

Il est donc nécessaire d'analyser si l'environnement en ligne qui a été conçu est encore adapté. L'usage sur trois années de cette plate-forme SIG a permis de dégager des pistes de réflexion concernant une utilisation dans le cadre pédagogique « ordinaire » de l'enseignement secondaire[209]. Notons que la plate-forme, conçue comme un prototype, a été testée au sein d'un cercle assez restreint d'utilisateurs (six enseignants expérimentateurs et une douzaine de classes de collège et de lycée). Bien que limité, son usage a malgré tout permis de faire apparaître quelques traits saillants. Une bonne moitié des enseignants découvraient la géomatique à travers la plate-forme et devaient donc construire des tutorats en même temps qu'ils s'initiaient aux rudiments de la géomatique. Les autres enseignants, au contraire, étaient déjà rompus aux SIG, mais rencontraient des difficultés pour concevoir des jeux de données adaptés à leurs besoins pédagogiques.

[209] Nous n'avons pas cherché à modifier la « forme scolaire » (cf chapitre 4.2, p 68) en introduisant de la formation à distance. Mais les enseignants et les élèves qui avaient la possibilité de travailler en dehors du cadre de la classe, ont de fait pu se former à l'utilisation des ressources et des services d'un espace numérique en ligne.

Le système de tutorat, qui était censé faciliter l'appropriation progressive des fonctionnalités et du jeu de données a pu, dans certains cas, s'avérer un frein à l'utilisation, en conduisant les élèves à faire des exercices trop longs et trop fermés. Sans être à revoir complètement, le tutorat devrait évoluer vers un système d'activités plus ouvert : les unités d'apprentissage, organisées en « étapes » successives, pourraient prendre une forme moins linéaire avec des activités de différents types (apprentissage, accompagnement, instrumentation). Pour chaque activité, il conviendrait alors de préciser les rôles concernés ainsi que l'environnement nécessaire à sa réalisation. Une suggestion faite par certains enseignants serait également d'ouvrir la plate-forme à des utilisateurs extérieurs en levant, au moins pour certains jeux de données, le système d'identification. GéoWebExplorer a la capacité de fonctionner comme un visualiseur SIG en ligne, mais dans ce cas on perd les bénéfices de l'environnement pédagogique[210]. L'idée serait donc de constituer des sites Internet spécifiques pour quelques thèmes d'étude, permettant de tester de nouveaux jeux de données.

Plus que la conception de tutorats pédagogiques, c'est le partage de données et de scénarios d'activités qui semble avoir posé problème aux enseignants utilisateurs. Au départ, chaque enseignant a développé un scénario pédagogique à partir de jeux de données qu'il avait lui-même choisis ou créés. Au bout de trois années d'expérimentation, deux enseignants ont souhaité faire travailler leurs élèves sur des jeux de données construits par d'autres. Mais dans ce cas, les enseignants ont jugé nécessaire de reconstruire leur tutorat, en fonction du niveau de classe qu'ils avaient (des classes de quatrième au lieu de classes de première) et en fonction des problématiques qu'ils souhaitaient développer. On perçoit ainsi toute la complexité de produire et de rendre accessibles des ressources et des activités SIG, qui soient adaptées au contexte éducatif et à l'environnement pédagogique de chaque enseignant et de chaque niveau d'élèves.

[210] Développé à partir de la solution ArcIMS d'ESRI, l'application GéoWebExplorer peut aussi fournir des données géographiques sous la forme d'un site Internet (solution en java) ou fonctionner comme un serveur de données accessibles par le visualiseur ArcExplorer (solution client/serveur). Aujourd'hui la mise en place de *webservices* a tendance à orienter les utilisateurs vers des solutions hybrides, capables de recevoir et de traiter des données interopérables à partir d'applications en local ou à partir de serveurs distants.

17.2 Vers une plate-forme éducative de travail géocollaboratif

Nous ne traitons pas ici les problèmes d'interface et d'ergonomie liés à l'usage de l'environnement informatique. Nous pouvons cependant noter que la plate-forme pédagogique reprenait un noyau SIG professionnel, qui n'était pas au départ conçu pour l'enseignement de la géographie. Malgré les efforts pour adapter cette solution SIG aux besoins des enseignants et des élèves, les utilisateurs ont rencontré quelques difficultés pour comprendre par exemple la distinction entre thèmes visibles et thèmes actifs ou pour maîtriser la structure complexe des requêtes attributaires (erreur fréquente en cas de non respect de la structure grammaticale) ou encore pour utiliser à bon escient les différents outils de zoom proposés.

Nous souhaitons maintenant orienter la réflexion sur les éléments qui permettraient de favoriser le partage de données et l'apprentissage collaboratif. Si GéoWebExplorer ne peut être considérée comme un modèle de plate-forme pédagogique collaborative, le bilan de son utilisation expérimentale nous semble avoir démontré l'intérêt et la faisabilité d'un outil en ligne permettant le partage et l'échange de ressources géomatiques entre enseignants. La dimension collaborative de GéoWebExplorer est limitée par rapport à ce qu'on peut entendre par ce terme. Elle concerne surtout les enseignants qui organisent le partage de tutorats et facilitent le travail collectif d'amélioration d'un tutorat commun. Elle gère aussi la relation entre enseignants et élèves en fournissant des leçons, des exercices et des contrôles. En revanche la plate-forme ne prend pas en charge le travail collaboratif entre élèves : en l'état actuel, l'inscription et l'enregistrement individuels des réponses limitent le travail coopératif.

Selon P. Dillenbourg, il convient de distinguer le travail collaboratif, qui suppose la résolution collective de problèmes complexes et la co-construction de connaissances au sein d'un groupe d'apprenants, du simple travail coopératif qui repose seulement sur un travail en groupe autour de tâches ou de productions communes (Dillenbourg, 1999). Pour l'instant, la plate-forme GéoWebExplorer en reste au niveau le plus simple, celui du travail coopératif. Nous sommes encore loin du niveau collaboratif, qui supposerait la co-construction des tutorats par les enseignants et un engagement mutuel des élèves pour élaborer en commun des éléments de réponses aux problèmes posés. Sur la plate-forme, le travail coopératif est intervenu principalement à deux niveaux :

- **au niveau des enseignants**, à travers le partage de scénarios pédagogiques : chaque formateur est libre de mettre le scénario qu'il a créé à disposition des autres formateurs. L'éditeur de scénarios, à travers le système de tutorat, fonctionne comme une banque de ressources et d'activités mutualisables au sein d'une communauté d'utilisateurs ;

- **au niveau des apprenants**, à travers l'apprentissage coopératif, au sein du groupe classe ou par groupes d'apprenants : l'apprenant est autonome et responsable de ses apprentissages, il est également motivé pour participer à l'apprentissage des autres.

Appliqué à la géomatique, le travail collaboratif débouche sur la notion de *géocollaboration* (MacEachren & Brewer, 2004). La géocollaboration ne se limite pas à la collaboration assistée par ordinateur, elle implique des aspects sémantiques et cognitifs (Pornon, 2007). La plate-forme GéoWebExplorer ne permet pas d'interagir à distance pour résoudre collectivement des problèmes géographiques. Cependant elle constitue un premier stade dans le partage de données et dans la géocollaboration, dans le sens où elle favorise les interactions entre utilisateurs qui accèdent à des tutorats partagés. Elle concerne une petite communauté d'utilisateurs, sans qu'il soit pour autant possible de parler d'une véritable communauté de pratique (Wenger, 1998)[211]. Pourtant la plate-forme permet à ses usagers de partager des fonctions, des activités et des données au sein d'un même environnement intégrateur. Son utilisation s'inscrit également en lien avec une communauté de pratique plus large, qui est celle des membres de l'Observatoire de pratiques géomatiques de l'INRP[212].

Passée au filtre des considérations ci-dessus, on mesure combien GéoWebExplorer est une réponse encore modeste aux enjeux du travail collaboratif en ligne. En revanche certains de ses principes sont vraisemblablement à conserver. Nous voulons lister maintenant dans leurs grandes lignes les concepts qui pourraient présider à la création

[211] Une communauté de pratique (Wenger, 1998) est un groupe de personnes qui se caractérise par un engagement mutuel de ses membres, le partage d'objectifs et d'un ensemble de ressources *communes* (impliquant interaction, négociations et interrelations).

[212] Pour consulter les échanges au sein de la liste de diffusion géomatique de l'INRP (environ 200 abonnés) : <http://listes.inrp.fr/wws/info/geomatique> (consulté le 02.07.2008)

d'une plate-forme répondant aux exigences que nous venons de présenter. Il faut d'abord faire évoluer et diversifier les *objets pédagogiques* (Pernin, 2003)[213] que la plate-forme devrait distribuer. Ces objets pédagogiques seraient au nombre de quatre : les activités, les données, les fonctions de traitement, et les notions à enseigner. Il nous semble important de conserver le principe à la base de GéoWebExplorer, qui est de proposer une organisation cohérente entre les différents objets utilisés. L'élément intégrateur de la plate-forme est l'activité que l'enseignant veut réaliser avec ses élèves et qui doit combiner toutes les autres ressources (cela correspond au tutorat produit par l'enseignant).

La plate-forme donnerait donc accès à une liste d'activités, de fonctions, de données et de notions. Tous ces objets pédagogiques pourraient être proposés par les enseignants pour leur usage propre ou pour une mise à disposition collective. La description de tous ces objets pourrait aussi donner lieu à un travail collaboratif (Joliveau & Genevois, 2007) :

- **Les activités :** elles correspondent aux tutorats dans GéoWebExplorer. Ceux-ci pourraient être enrichis d'attributs descriptifs (public visé, durée, objectifs pédagogiques, mode de mise en œuvre) et renvoyer aux autres objets qu'ils mobilisent. De manière à être plus collaboratif (construction d'une activité en commun) que simplement coopératif (partage et réutilisation d'activités), ce système d'activités pourrait s'appuyer sur des outils collaboratifs (de type wikis, blogs ou forums), afin de construire des activités à partir des objets de la plate-forme.

- **Les fonctions** : dans GéoWebExplorer, c'était le seul objet que le concepteur du tutorat pouvait réellement choisir. Ce qu'on appelle une fonction correspond à une fonctionnalité de traitement élémentaire de l'information (par exemple les fonctions de zoom, de déplacement, de sélection, de classification, de requêtage…). Si un descriptif exhaustif de tous les traitements possibles de l'information géographique n'est pas possible, celui des fonctions élémentaires utilisables avec les élèves du secondaire est

[213] Dans une situation d'apprentissage collaborative instrumentée (SACI), il est essentiel de prendre en compte une approche centrée sur l'activité et l'instrument. Dans cette perspective, nous reprenons l'approche de J-P. Pernin, qui propose de distinguer trois types d'*objets pédagogiques* : les unités d'apprentissage (cours, leçon, étude de cas, travail pratique, exercice, etc.), les activités pédagogiques (concept-clé de la réussite d'un environnement d'apprentissage) et les ressources pédagogiques (ressources de connaissance, outils ou services).

envisageable[214]. Un certain nombre de fonctions de base seraient disponibles sur la plate-forme, comme c'est déjà le cas dans GéoWebExplorer. D'autres seraient accessibles par des outils comme les globes virtuels ou des outils SIG disponibles en local. La seule contrainte serait que la description des fonctions de ces outils puisse être compatible avec le cadre fonctionnel de la plate-forme.

- **Les données :** il s'agit aussi d'une ressource qui, dans GéoWebExplorer, doit être choisie par le concepteur du tutorat. Les données constituent le cœur des ressources numériques et donnent lieu à une structuration forte au sein de l'environnement. Mais il faut que les jeux de données soient aussi segmentables, couche par couche. Les jeux de données peuvent être chargés puis distribués sur la plate-forme, si les droits le permettent. Mais il peut aussi s'agir de liens vers des services de données normalisés, type WMS ou WFS[215], ou de références aux géoportails ou autres globes virtuels. Pour être intégrées sur la plate-forme, les données doivent disposer de *métadonnées*.

- **Les notions** : elles sont géomatiques ou/et disciplinaires. Elles doivent être explicitées, dans la mesure où ces notions sont souvent confondues, comme on a pu le voir au sujet du raisonnement géographique qui est souvent assimilé à l'analyse spatiale ou au changement d'échelle dans un SIG. Un outil de type wiki devrait permettre de travailler collaborativement sur les définitions.

La normalisation et la diffusion des plates-formes d'enseignement à distance conduit à étudier la manière dont pourrait s'interfacer une plate-forme collaborative de ce type avec les plates-formes éducatives classiques. Tout ce qui concerne la gestion des classes et les authentifications pourrait être confié à ces plate-formes généralistes, qui comportent déjà ces fonctionnalités. Cette évolution paraît d'autant plus importante que

[214] Un inventaire des fonctions de base des SIG a déjà été réalisé par T. Joliveau pour des étudiants du Master SIG de l'université de Saint-Etienne. Il est structuré sous forme de wiki et pourrait être adapté à l'enseignement secondaire. Ce travail est consultable sur Internet : <http://mastersig.free.fr/wiki/doku.php> (consulté le 02.07.2008)

[215] Les services WMS et WFS sont les standards les plus courants reconnus par l'Open Geospatial Consortium (OGC). Ces deux formats libres et interopérables permettent de lire et de traiter des données cartographiques sur Internet, à partir de différents serveurs d'information géographique.

l'accès généralisé aux outils distants a tendance à multiplier le nombre d'identifiants et de mots de passe pour chaque utilisateur[216]. Il faut également étudier comment les activités pourraient être mises à un format standard (formats LOM ou SCORM[217] par exemple), pour qu'ils soient intégrables facilement dans des plate-formes généralistes. Mais ils devront conserver un caractère spécifique, lié à leur dimension géographique ainsi qu'aux données et aux fonctions qu'ils mobilisent.

La problématique a largement évolué ces dernières années. Les pratiques se sont extrêmement diversifiées et individualisées, au point qu'il semble peu réaliste d'envisager une solution unique et générale. Au delà des avantages d'une solution en ligne, il convient de souligner aussi la gageure à vouloir surmonter tous les problèmes rencontrés par les enseignants dans l'utilisation de SIG. Certaines difficultés proviennent de facteurs exogènes à la géographie ou à la géomatique. Il est par exemple difficile d'apprendre à collaborer en situation scolaire quand l'évaluation et la certification restent majoritairement individuelles. L'aptitude à collaborer ne se décrète pas ; elle se développe dans des activités qui nécessitent de négocier pour parvenir à un consensus. Par ailleurs, les évolutions techniques sont devenues tellement rapides qu'il semble illusoire de construire une représentation stable de ce que devrait être l'utilisation d'un environnement d'enseignement et d'apprentissage de la géomatique. Celle-ci ne peut être, récursivement en quelque sorte, que le résultat d'un travail collaboratif de communautés d'enseignants. Ce sont les plates-formes correspondant aux besoins et attentes de ces communautés qui sont à inventer, en prenant soin d'associer ces dernières à leur conception et à leur usage. Les évolutions de GéoWebExplorer devront donc tendre vers l'élaboration d'une véritable « plate-forme participative ».

[216] Pour accéder à un SIG en ligne, les élèves devaient d'abord s'authentifier sur le réseau pédagogique, puis sur la plate-forme GéoWebExplorer qui elle-même réclamait un mot de passe différent pour l'accès utilisateur et l'accès formateur. La multiplication des identifiants est sans conteste un frein pour les utilisateurs et la mise en place des ENT doit tendre à lever en partie cette difficulté.

[217] Les normes LOM (*Learning Object Metadata*) et SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) correspondent à des spécifications pour créer, gérer et indexer des objets d'apprentissage, dans un contexte de production massive d'objets pédagogiques numériques.

Résumé et synthèse de la Partie III : Intérêt des SIG éducatifs pour l'enseignement et pour la formation

La troisième partie de notre travail de recherche nous a permis de tester la plate-forme GéoWebExplorer pour l'enseignement et l'apprentissage de la géographie. Il s'agissait d'abord de vérifier la *fonctionnalité didactique* de ce SIG éducatif, en présentant les caractéristiques de l'outil, les objectifs pédagogiques et didactiques visés, les modalités de l'utilisation de l'outil dans le processus d'apprentissage-enseignement en relation avec ces objectifs. Le but de cette plate-forme SIG accessible sur Internet était de permettre aussi des usages hors de la classe, à partir de la salle informatique ou du domicile. La plate-forme GéoWebExplorer n'a pas vocation à se substituer à la formation des enseignants ni même à remplacer l'enseignement en présentiel. Elle constitue seulement un des éléments d'un dispositif d'enseignement facilitant l'appropriation de l'outil SIG et des démarches géographiques par les utilisateurs.

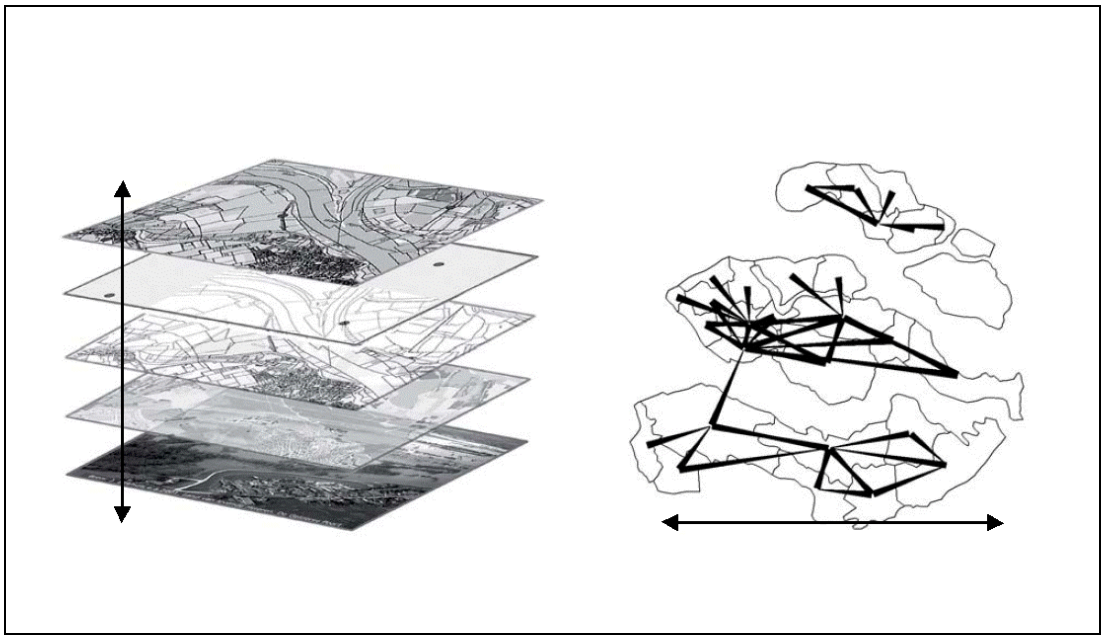
Nous avons pu également tester la plate-forme GéoWebExplorer en situation de formation, lors de stages de formation continue dans l'académie de Lyon. Les enseignants stagiaires ont pu apprécier l'accès à des fonctionnalités SIG et à des données géographiques directement disponibles sur Internet. Ils ont aussi beaucoup apprécié de pouvoir utiliser un outil validé en situation « réel » d'enseignement. Deux des enseignants expérimentateurs, par ailleurs formateurs TICE dans l'académie de Lyon, ont décidé d'utiliser dorénavant cet outil lors de stages de formation en cartographie. Il est même envisagé de mettre en accès libre un jeu de données sur l'organisation spatiale de l'Europe qui permette aux enseignants, au niveau national, de se former à l'usage simple d'un SIG en géographie.

Au travers des différentes expérimentations conduites sur quatre études de cas, nous avons pu montrer que l'usage du SIG conduisait les élèves à faire leurs propres observations géographiques, au lieu d'utiliser celles faites par d'autres. Nous n'avons pas cherché à privilégier un mode d'apprentissage plutôt qu'un autre : les différents tutorats développés par les enseignants ont mis en œuvre des démarches d'apprentissage par instruction et par exploration. L'enjeu était bel et bien de mettre au point un environnement pédagogique, qui permette aux élèves de prendre en main par étapes les fonctionnalités SIG, d'appréhender la complexité de l'espace géographique et de mettre en œuvre des stratégies de résolution de problème. Pour s'approprier cet environnement « ouvert », il a

paru nécessaire de mettre en place des scénarios d'usage : pour les enseignants qui avaient à choisir entre différents types de ressources et de fonctionnalités et pour les élèves qui avaient à suivre différents scénarios d'activités. L'une des évolutions de la plate-forme consisterait à conserver l'environnement pédagogique qui a beaucoup plu aux enseignants et aux élèves, mais à assouplir l'accès aux données (en particulier en permettant aux utilisateurs de déposer leurs propres données) et à permettre la compatibilité avec les formats standards, en matière de plate-forme d'enseignement et d'outils de cartographie numérique sur Internet.

Contrairement à ce qui est parfois avancé, l'usage du SIG n'a pas conduit les élèves à faire plus de statistique et d'informatique que de logique. L'introduction de la géomatique oblige à rationnaliser beaucoup plus la démarche en consultant et en vérifiant le jeu de données, en obligeant à s'appuyer sur des images et sur des cartes pour valider le raisonnement. L'enjeu était bel et bien de dépasser la *lecture verticale* qu'offre spontanément le SIG par l'empilement des couches thématiques, qui certes met en lumière la multiplicité des éléments concourant à la complexité du cas étudié, mais invite à une démarche analytique d'inventaire peu enrichissante :

Figure 39 : Lecture *verticale* et lecture *horizontale* au sein d'un SIG
(source : Van der Schee, 2007)



Au contraire, l'objectif des expérimentations était de favoriser une *lecture horizontale,* qui s'amorce lors des mises en relation des diverses couches activées, afin de déboucher sur l'analyse spatiale et l'approche systémique[218] :

Il semble, au terme des expérimentations, que les élèves soient parvenus à s'approprier ces démarches géographiques. L'analyse détaillée de leurs réponses sur la plate-forme laisse penser qu'ils ont mis en œuvre un raisonnement spatial, qui peut s'apparenter en partie à un raisonnement géographique. Comme en témoignent les réponses des élèves et les entretiens réalisés avec les enseignants, le raisonnement géographique a pu être facilité par la mobilisation du SIG qui permet l'emboîtement d'échelles et l'exploration de données à partir d'un système spatial.

[218] Une lecture *verticale* de l'espace repose sur un inventaire des lieux conduisant à des typologies, voire à des modèles, mais il y a un risque de déterminisme (un même site identique n'engendre pas une ville). Une lecture *horizontale* s'impose pour établir des relations, des flux qui organisent les lieux les uns par rapport aux autres. La lecture horizontale privilégie davantage l'analyse systémique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au terme de ce travail, il s'agit d'une part d'apporter des éléments de réponses aux hypothèses formulées au début de notre recherche, d'autre part de relever les interrogations qui subsistent, afin d'ouvrir de nouvelles pistes de recherche sur ces questions.

Comme nous avons essayé de le montrer, la géomatique est bien rentrée en classe de géographie. Cette « entrée » n'est pas nouvelle dans la mesure où les SIG sont expérimentés depuis plus de dix ans dans l'enseignement de l'histoire-géographie. Mais avec la pénétration rapide des globes virtuels dans le domaine éducatif, nous pensons qu'on assiste aujourd'hui à une « rentrée » des outils géomatiques, à partir d'outils de cartographie numérique grand public. Ce n'est pas encore une « rentrée en force », mais du moins ce nouveau contexte mérite-t-il, selon nous, une réflexion large et renouvelée sur le potentiel pédagogique des outils géomatiques dans et hors de la classe de géographie. La géomatique aurait en effet tendance aujourd'hui à déborder des murs de la classe, avec l'usage d'outils SIG distants ou d'outils mobiles directement sur le terrain (du type système de positionnement GPS, appareils photos numériques permettant de géoréférencer les images, téléphones portables ou organiseurs dotés de GPS), sans compter les outils de « visite virtuelle » et d'immersion dans l'image numérique en trois dimensions sur Internet. L'usage de ces outils d'exploration visuelle permettrait donc de remettre « le monde dans la classe », avec toutes les illusions et désillusions que cela comporte.

Nous avons pu montrer également que la géomatique constituait le moyen et non l'objet de l'apprentissage. Pour autant on ne peut rendre les concepts de la géomatique complètement transparents lorsque l'on traite une question de géographie : c'est là un problème inhérent à l'appropriation de l'outil informatique, *a fortiori* lorsqu'il s'agit d'un système d'information géographique qui comporte des fonctionnalités complexes de visualisation et de traitement de l'information. Cependant on observe une forte convergence entre les concepts de la géomatique et certains concepts ou démarches de la géographie. Qu'il s'agisse de démarches de résolution de problème, d'initiation à la pensée complexe et à l'analyse systémique, d'exploration visuelle des données, de démarche d'investigation à partir du réel, la mobilisation d'un SIG éducatif est de nature à permettre de varier les démarches d'enseignement et d'apprentissage en géographie.

La géomatique constitue également un défi essentiel pour l'éducation géographique : il ne s'agit pas de prôner un enseignement de la géographie par la carte, mais de comprendre en quoi ces outils de cartographie cognitive peuvent venir changer l'enseignement de la géographie. Il y a un véritable enjeu démocratique dans la pratique de ces nouveaux outils "sociaux" qui permettent de former le citoyen (voire de l'initier aux outils personnels et professionnels de demain), tout en faisant une géographie plus concrète, plus proche de l'exploration visuelle, de la démarche d'investigation et de la résolution de problème.

A l'issue de cette recherche, nous pouvons formuler des éléments de réponses aux hypothèses avancées :

1) les outils géomatiques sont susceptibles de renouveler l'accès à l'information, les modes de traitement et le statut de l'information géographique (hypothèse 1)

Les expérimentations ont démontré que l'outil géomatique utilisé présentait des qualités intrinsèques de visualisation, de traitement de l'information et d'analyse spatiale. Les SIG sont susceptibles d'apporter une plus-value pédagogique, dès lors qu'ils mettent en œuvre des démarches de questionnement et de résolution de problème. L'enjeu pédagogique va bien au delà du stockage et de la gestion de l'information multi-sources : il s'agit de passer de l'information au savoir géographique en développant chez les élèves les capacités de visualisation, d'exploration, de traitements spatiaux et de re-création de l'information.

Nous pouvons affirmer que le SIG change le statut de la carte qui n'est plus qu'un sous-produit intermédiaire, une étape provisoire dans le raisonnement, un moyen de « dévoiler l'ordre géographique du monde ». Dans les pratiques classiques, l'usage des cartes comme banques de données localisées ou comme « modèles » à reproduire autorise un discours d'inventaire de localisations (listes de lieux) et de descriptions arrêtées de lieu en lieu. « *Cet usage entretient l'illusion d'un accès direct au monde, en classe de géographie. Au contraire, les pratiques cartographiques innovantes soutiennent des discours géographiques (ceux des professeurs) dont le propos est de dévoiler un ordre géographique du monde* » (Thémines & François, 2003). Quelle que soit la manière

adoptée pour ce dévoilement, un enjeu essentiel de l'usage des cartes nous paraît être de placer les élèves en rupture avec l'effet de réel souvent cultivé par l'imagerie de la géographie scolaire. Il s'agit de rompre avec la géographie traditionnelle de l' *imago mundi*, qui tend à confondre l'espace terrestre avec sa représentation cartographique. Cette rupture épistémologique ne signifie pas que l'usage des SIG permet *sui generis* la construction de l'espace géographique, mais du moins peut-il y concourir.

Concernant les usages cartographiques en classe de géographie, il est souvent avancé l'idée que les cartes font écran entre l'élève et l'espace réel. Il est en tout cas nécessaire de renouveler les approches de la carte en tenant compte à la fois des pratiques sociales et des objectifs de l'enseignement, dans une approche renouvelée de la géographie. Il ne s'agit pas tant de prôner une « nouvelle éducation à la carte » (l'expression figure déjà dans les 3e rencontres didactiques INRP de 1988 !). La carte doit favoriser le passage de l'espace terrestre à l'espace géographique, le passage de l'espace au concept. La carte n'a pas une fin en soi, elle est un outil. L'objectif de la recherche est le phénomène représenté, et la carte doit lui donner un sens. Instrument de découverte et de connaissance, la carte doit aussi permettre de poser des questions, voire de valider des solutions. Une éducation à la carte numérique suppose de reprendre les réflexions entamées sur la cartographie et d'y adjoindre l'apport de la visualisation d'image numérique et du traitement de données numériques. Les apprentissages cartographiques sont conçus dans les programmes scolaires pour être progressifs (de la localisation à la description et à l'analyse géographique). Nous pensons qu'il convient de conduire une véritable réflexion sur les familles d'outils et d'usages de la cartographie numérique (de la visualisation au traitement de l'information), en tenant compte du niveau des élèves et de la progressivité des apprentissages.

Une éducation à la carte numérique et au SIG passe par des stratégies de visualisation nouvelles associant lecture *horizontale* et lecture *verticale* de la carte. Cela veut dire qu'il faut réfléchir aux apprentissages cartographiques fondamentaux, en référence à ce qu'ont été les cartes jusque-là et ce qu'elles sont en train de devenir, dans et hors de la géographie enseignée. L'analyse systémique était déjà pratiquée dans les croquis modélisants ou dans les chorèmes, elle est renouvelée avec les SIG du fait des possibilités de croisement de l'information et de la fonction heuristique renforcée de la carte. La carte doit être fondatrice du raisonnement et non simple justification après coup. La carte sert à poser et à résoudre des problèmes. Le croquis de synthèse ou le croquis d'interprétation ne

constituent pas l'exercice rituel par excellence, auquel toutes les pratiques cartographiques doivent systématiquement conduire. Les itinéraires cartographiques peuvent être multiples et différenciés : des cartes thématiques à la carte de synthèse, mais aussi du modèle d'organisation spatiale à sa remise en cause. L'objectif est de donner le plus d'autonomie possible à l'élève qui doit, à partir de différents éléments du système, être capable de construire un raisonnement.

2) les outils géomatiques sont susceptibles de favoriser la maîtrise du raisonnement géographique par les élèves : analyse systémique, apprentissage de la complexité, démarche de résolution de problème (hypothèse 2)

Les études de cas avec SIG que nous avons pu observer et analyser s'appuyaient d'abord sur une démarche inductive permettant de passer, par paliers, de l'analyse de la situation observée à l'abstraction et à la formulation théorique. Puis il s'agissait de passer à une démarche déductive permettant de réinvestir les logiques géographiques mises en oeuvre par déplacement sur d'autres champs d'analyse. Ces deux étapes successives posent problème, car les élèves ont des difficultés à parvenir à l'abstraction ou à la modélisation. Le modèle reste souvent peu explicite, et lorsqu'il est donné au départ, il est rarement discuté et assez peu utilisé à d'autres échelles. Les enseignants ont tendance à s'appuyer sur des démarches inductives, tandis que les chercheurs privilégient la méthode hypothético-déductive. Nous pensons qu'il ne faut pas trop opposer les deux démarches. L'outil géomatique permet de faire ce que les Anglo-Saxons appellent du « *eye thinking* » ou « *visual thinking* ». Ce concept est surtout développé aux Etats-Unis et dans la géomatique anglo-saxonne. Il permet de réconcilier deux démarches d'analyse spatiale (souvent opposées) :

- la démarche "ascendante" (de type inductif) fondée sur la fouille de données* (*data mining*) qui consiste à extraire de l'information, voire de la connaissance dans le meilleur des cas, à partir d'une analyse exploratoire de bases de données, constituées de documents statistiques, cartographiques ou textuels. Le gros défaut de la démarche ascendante, dont on reconnaît les qualités de découverte, réside dans l'absence d'hypothèse préalable. On imagine mal quelqu'un qui n'aurait aucune idée en tête, aucune connaissance, aucune hypothèse, se mettre à chercher et finir par trouver quelque chose, même modeste.

- la démarche "descendante" (de type hypothético-déductif) ou démarche modélisatrice qui part d'un modèle, exécute des simulations et surtout qui essaie de valider sur des exemples concrets les résultats ou éventuellement de dégager les écarts au modèle. Les tenants de la modélisation graphique dans l'enseignement de la géographie ont eu tendance à privilégier l'approche moderne et scientifique de la déduction, comme si la démarche déductive était directement transposable en classe, comme si la démarche inductive était "ringarde", alors qu'elle est complémentaire (Masson, 1992).

Avec les SIG, nous pouvons avancer l'idée que la démarche est nécessairement « mixte ». Le but est de faire progresser le raisonnement, soit en privilégiant la « pensée visuelle » (*eye thinking)*, c'est-à-dire sans recours à une modélisation préalable, soit en favorisant le raisonnement sur les données en privilégiant le traitement de l'information. Il importe alors de connaître les modèles d'analyse qui ont été utilisés. Dans les deux cas, il convient que les élèves puissent s'appuyer sur une problématique spatiale, prendre de l'information dans le système, sélectionner, mettre en relation ces informations et ces notions spatiales pour élaborer des éléments de réponse à la question posée. Il semble que l'approche que nous avons retenue permette d'établir un pont entre des stratégies d'apprentissage à base de « pensée visuelle » (*visual thinking*) et des stratégies fondées sur la résolution de problème (*problem-based learning*).

3) les outils géomatiques sont susceptibles de modifier la relation enseignant-élèves (en particulier le statut du professeur), mais aussi l'image et les finalités de la discipline géographique (hypothèse 3)

Sur le plan des résultats scientifiques, cette recherche a permis aussi de montrer que les SIG n'étaient pas des outils innovants en eux-mêmes : ils étaient « neutres », au sens où ils pouvaient revêtir un caractère différent en fonction des modes d'apprentissage dans lesquels ils s'inséraient (apprentissage par imposition *versus* apprentissage par exploration). Cependant cette neutralité est toute relative, dans la mesure où elle n'est pas donnée *a priori.* Elle résulte de la mise en place de situations d'apprentissage et de scénarios pédagogiques, aptes à instrumenter des démarches bien définies au préalable :

« *L'outil, parce qu'il intègre une stratégie cognitive ou experte, parce qu'il dispose des informations en situation contrainte de collecte et de traitement, n'est pas neutre a*

priori. Sa « neutralité », comme outil de raisonnement, doit être conquise et elle ne peut l'être que si on sait, dans la classe, qui fait quoi, comment, pour qui et avec quel objectif de résultat ». (Baldner & Baldner, 2003)

Si l'usage d'outils géomatiques peut avoir un impact sur les apprentissages des apprenants, nous avons également montré qu'il pouvait aussi faire évoluer les rapports entre enseignants et élèves. En laissant à l'outil SIG le rôle de faire les traitements cognitifs, l'enseignant est mieux à même de jouer un rôle de « *guide* » ou de « *médiateur* » auprès des élèves. Toutes les expérimentations que nous avons pu conduire en témoignent : les enseignants se déclarent satisfaits par ce rôle de « *tuteur* » et, en même temps, un peu inquiets d'être sur-sollicités par les élèves qui n'hésitent pas à poser des questions au cours de leurs investigations. Le rôle de concepteurs d'activités pédagogiques est clairement assumé par les enseignants, mais ils rencontrent beaucoup plus de difficultés pour la conception de jeux de données qui ne semble pas relever, à quelques exceptions près, du « métier » d'enseignant d'histoire-géographie.

Du côté des élèves, l'attrait de l'outil informatique n'est pas le seul facteur de renouvellement de l'enseignement de la géographie. Ils ont conscience de pratiquer une géographie plus concrète, plus vivante et plus dynamique. Surtout l'usage d'outils géomatiques ayant une légitimité et une utilité reconnue dans la société renforce chez l'élève le sentiment de faire de la géographie avec les outils d'aujourd'hui. Comme l'a montré notre enquête auprès des élèves, l'image de la géographie s'en trouve donc quelque peu renouvelée.

4) les outils géomatiques sont susceptibles d'apporter une « plus-value » pédagogique, si on les adapte aux besoins des enseignants et des élèves. (hypothèse 4)

L'usage d'un SIG éducatif conduit à définir des dispositifs, des ressources et des stratégies d'enseignement et de formation, qui prennent en compte le renouvellement des méthodes cartographiques et le renouvellement de la géographie. Si chaque professeur de géographie ne doit pas être spécialiste de géomatique, l'enseignant est amené de plus en plus, dans sa vie quotidienne et professionnelle, à utiliser des cartes numériques et il doit donc avoir des bases minimales de connaissances et de savoirs-faire pour maîtriser ces technologies. Les outils géomatiques renouvellent en partie les outils d'intelligibilité du

monde ; en tant que tels, ils nécessitent une double culture, cartographique et informatique. Lire et construire des cartes numériques, et *a fortiori* utiliser des SIG, ne sont pas des pratiques courantes, si l'on excepte la consultation de cartes ou d'images numériques disponibles sur Internet. Cela signifie faire faire des cartes, ce qui ne signifie pas faire faire des cartes uniquement à la main.

Notre recherche a montré que, malgré leur complexité, les SIG peuvent être accessibles aux élèves et que l'on peut dépasser le temps des « pionniers » où il s'agissait seulement de prouver l'intérêt de tel ou tel outil. Notre apport a consisté à dégager des types d'usages et des démarches de raisonnement où l'utilisation des SIG pouvait s'avérer pertinente, efficace et apte à faire évoluer l'enseignement de la géographie. L'usage de la géomatique est de nature à stimuler deux formes essentielles de la pensée, la « pensée visuelle » (perception directe par l'œil) et la pensée logique (appréhension par le raisonnement)

Au terme de cette étude, nous espérons que notre travail de recherche pourra nourrir une réflexion sur le renouvellement des pratiques de classe, en particulier en ce qui concerne les pratiques cartographiques instrumentées dans l'enseignement de la géographie. Cette recherche apporte des pistes de mise en œuvre pédagogique des outils géomatiques en classe. Nous espérons qu'elle pourra aussi contribuer à développer une nouvelle éducation géographique. Notre objectif est de pouvoir conduire d'autres expérimentations mettant en jeu des outils d'acquisition et d'édition de données géospatiales, par exemple à travers l'usage des globes virtuels qui sont actuellement en plein essor au sein de la géographie scolaire.

BIBLIOGRAPHIE

Alibrandi, M. (2003). *Gis in the Classroom : Using Geographic Information Systems in Social Studies and Environmental Science,* Portsmouth, Heinemann.

Andrieu, D. et Lévy, J. (2007). *L'archipel français. Les votes de 2007, indicateurs d'une nouvelle configuration de l'espace français.* <http://espacestemps.net/document2861.html> (consulté le 03.05.2008).

Antoni, J.-P., Klein, O. et Moisy, S. (2004). *Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique.* <http://www.cybergeo.eu/index2621.html> (consulté le 15.01.2008).

Arnheim, R. (1976, ed. orig. 1969). *La pensée visuelle*, Paris, Flammarion.

Arnoud, P. et Biaggi, C. (2002). *Cartes et images dans l'enseignement de la géographie.* Actes du colloque "Apprendre l'histoire et la géographie à l'école" (Paris - 12 au 14 décembre 2002), <http://eduscol.education.fr/D0126/hist_geo_Arnould.htm> (consulté le 20.02.2008).

Artigue, M. (1990). L'ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques,* 9/3, p. 287-305.

Astolfi, J.-P. (1994). Situation-problème. *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation*, Paris, Nathan.

Astolfi, J.-P. et Develay, M. (1989). *La didactique des Sciences*, Paris, PUF.

Audigier, F. (1991). *Actes du colloque "Analyser et gérer les situations d'enseignement-apprentissage"* (mars 1991) Paris, INRP.

Audigier, F. (1993). *Les représentations que les élèves ont de l'histoire et de la géographie. A la recherche des modèles disciplinaires entre leur définition par l'institution et leur appropriation par les élèves*. Thèse pour le doctorat de didactique, Université de Paris VII.

Audigier, F. (1995). *Construction de l'espace géographique*, Paris, Didactique des disciplines, INRP.

Audigier, F. (1996). *Recherches de didactiques de l'histoire, de la géographie et de l'éducation civique. Un itinéraire pour contribuer à la construction d'un domaine de recherche*, Paris, Université Denis Diderot.

Audigier, F. (2001). Le monde n'est pas disciplinaire, les élèves non plus, et la connaissance ? in Baillat, G., Renard, J.-P., (dir), *Interdisciplinarité, polyvalence et formation en IUFM*, Paris, CNDP, p. 43-59.

Aysegul, T. et Roche, S. (2007). *Vers une typologie des PPGIS*. Colloque SAGEO, <http://www.emse.fr/site/SAGEO2007/CDROM/CQFD17.pdf> (consulté le 10.06.2007).

Baker, T. R. et Bednarz, S. (2003). Lessons learned from reviewing research in GIS education. *Journal of Geography - Research on GIS in Education*, 102 (6), p. 231-233.

Baldner, J.-M. et Baldner, T. (2003). SIG et géographie scolaire, prendre les élèves au sérieux. *Cartes et Systèmes d'Information Géographique, Dossiers de l'Ingénierie Educative, CNDP*, 44, octobre 2003.

Baldner, J.-M. et Bigorre, F. (2001). *Usages des ressources technologiques et conventions scolaires en classe d'histoire-géographie de collège*. L'usage des manuels scolaires et des ressources technologiques dans la classe (Recherche INRP n°40124), <http://www.inrp.fr/Tecne/Savoirplus/Rech40124/Pdf/annee01/creteil01.pdf> (consulté le 27.03.2008).

Baron, G.-L. (2003). Les TICE au delà des frontières : ordinateurs et changement en éducation. A propos du livre récent de L. Cuban. *Dossiers de l'ingénierie éducative*, 42, p. 72-73.

Baron, G.-L. (2007). Usages et usagers des TICE en milieu scolaire : quelles perspectives ? *Dossiers de l'ingénierie éducative*, "TICE : l'usage en travaux", hors série, septembre 2007.

Baron, G.-L. et Bruillard, E. (2006). Usages en milieu scolaire : caractérisation, observation et évaluation. in Grandbastien, M., Labat, J.-M., (dir.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, Paris, Lavoisier, p. 269-284.

Barrot, J. (1988). *Ce qui se conçoit bien, s'en-carte clairement*. Géopoint 86 "La carte pour qui ? La carte pour quoi ?" Avignon, 87-94.

Bavoux, J.-J. (2002). *La géographie, objets, méthodes, débats*, Paris, Collection U, Armand Colin.

Bednarz, R. S. et Bednarz, S. W. (1995). Teaching geography skills. *Spaces and Places : A Geography Manual for Teachers. Geographic Education National Implementation Project*, Washington DC, p. 53-72.

Bednarz, R. S. et Petersen, J. F. (1994). *A Decade of Reform in Geographic Education. Inventory and Prospect*. National Council for Geographic Education Indiana, Pennsylvania.

Bednarz, S. W. et Van der Shee, J. (2006). Europe and Unisted States : the implementation of Geographic Information Systems in secondary education in two contexts. *Technology, Pedagogy and Education*, 15 (2), p. 191-205.

Bélisle, C. *et alii* (2004). Etudes d'usages des TICEs. Etudier les usages pédagogiques des technologies de l'information et de la communication : une pratique de recherche ou/et de légitimation ? *Education permanente*, 159, juillet-août 2004.

Bergeron, M. (1992). *Vocabulaire de la géomatique : terminologie technique et industrielle* Québec, Les Publications du Québec.

Bertrand, G. (1991). *Pour une didactique de la géographie physique*. Enseigner la géographie du collège au lycée, Journées d'études nationales 3 au 6 juin 1991 - Amiens, CRDP de Picardie.

Bétrancourt, M. (2007). Pour des usages des TIC au service de l'apprentissage. *Dossiers de l'ingénierie éducative. "L'usage en travaux"*, N° spécial, CNDP.

Biebrach, T. (2007). *What impact has GIS had on geographical education in secondary schools ?* , <http://www.geography.org.uk/download/GA_PRSSBiebrach.doc> (consulté le 13 avril 2008).

Blaser, A. D., Sester, M. et Egenhofer, M. J. (2000). Visualization in a early stage of the problem-solving process en GIS. *Computers and Geosciences*, 26 (1), p. 57-66.

Blondel, F.-M. et Salamé, N. (1987). *Du satellite à la classe. Images de télédétection en physique, géographie et sciences naturelles*. Rencontres pédagogiques, 17, Paris, INRP.

Bord, J.-P. (2007). *Qu'apporte l'Information Géographique en matière de connaissance des territoires ?* 1er Colloque international GéoTunis (15-17 nov. 2007), Tunis.

Bord, J.-P. et Baduel, P.-R. (2004). *Les cartes de la connaissance*. Colloque "Cartographie, Géographie et Sciences sociales" (Tours - 21 au 23 septembre 2000), Edition Karthala.

Bourdieu, P. (1972). *Esquisse d'une théorie de la pratique*, Paris, Droz.

Brunet, R. (1979). Système et approche systémique en géographie. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 465, p. 404-415.

Brunet, R. (2008). La tectonique du socle. *Les Cahiers pédagogiques*, 460, Dossier "Enseigner la géographie aujourd'hui".

Bulletin Officiel de l'Education Nationale (1997). *Epreuve obligatoire d'histoire-géographie du baccalauréat général* n°12, 20 mars 1997.

Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2000). *Programme de Seconde*, 31 août 2000, n°6.

Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2004). *Epreuve obligatoire d'histoire-géographie du baccalauréat général*, n°7, 12 février 2004.

Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2006). *Socle commun de connaissances et de compétences*, n°29, 20 juillet 2006.

Bulletin Officiel de l'Education Nationale (2008). *Programmes des enseignements d'histoire-géographie et éducation civique en Collège*, hors série, 28 août 2008.

Burkhardt, H. et Schoenfeld, A. H. (2003). Improving educational research : Toward a more useful, more influential, and better-funded enterprise. *Educational Researcher*, 32 p. 3-14.

Calbérac, Y. (2005). *En quête du terrain. Approche historique et épistémologique du terrain en géographie*. Mémoire de master de géographie, Ecole normale supérieure Lettres et Sciences humaines.

Campmeil, J.-P. (1995). La résistible ascension de la chorématique dans les manuels scolaires. *Hérodote - Les géographes, la science et l'illusion*, 76, p. 52-71.

Card, S. K., Mackinlay, J. D., Schneiderman, B. et (ed.) (1999). *Readings in Information Visualization : Using Vision to Think*, San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers.

Carlot, Y. (2003). *Fin de partie ?* , Association Française pour le Développement de la Géographie, <http://www.afdg.org/spip/article.php3?id_article=3> (consulté le 17.11.2006).

Carlot, Y. et Genevois, S. (2004). Les SIG didactiques permettent-ils des apprentissages innovants au service de la discipline scolaire ? *Journées d'études didactiques de l'histoire et de la géographie, Caen*, octobre 2004 (publication sur cédérom).

Carlot, Y. et Genevois, S. (2005). Des SIG didactiques peuvent-ils favoriser l'apprentissage de la complexité ? *Bulletin de la société géographique de Liège*, 45, p. 97-105.

Caron, C. et Roche, S. (2001). Vers une typologie des représentations spatiales. *Espace géographique*, 1, p. 1-12.

Casti, E. (2003). Article Cartographie. in Lévy, J., Lussault, M., *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Belin.

Casti, E. (2004). L'iconisation cartographique en Afrique coloniale. in Bord, J.-P., Baduel, P.-R., (dir), *Les cartes de la connaissance*, Edition Karthala.

Cathala, S. (2003). *Inondations et aménagement du territoire. Précipitations à Sommières*. Dossiers de l'Ingénierie Educative, CNDP, 44, octobre 2003, p 28-31, <http://www.cndp.fr/archivage/valid/44520/44520-7476-7417.pdf> (consulté le 25.09.2005).

Chabrol, J.-P. (2005). Construire des graphes sagittaux pour penser la complexité et initier les élèves à la démarche systémique. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 45, p. 15-23.

Chambat, P. (1994). Usage des Tic : évolution des problématiques. *Technologie de l'information et société*, 6 (3), p. 249-270.

Chaptal, A. (2003). *L'efficacité des technologies éducatives dans l'enseignement scolaire : analyse critique des approches française et américaine*. Coll. Savoir et formation, Paris, L'Harmattan.

Chaptal, A. (2007). Paradoxes des usages des TICE : réflexions croisées sur les usages en classe par les enseignants en France, aux Etats-Unis et au Royaume-Uni. *Dossiers de l'ingénierie éducative*, "TICE : l'usage en travaux" (hors série), p. 73-92.

Chazelet, P., Coumes, G. et Péméja, J. (2003). *Les TICE et l'enseignement de l'Histoire-Géographie. Évaluer l'impact des TICE dans l'enseignement de l'Histoire-Géographie*. Académie de Paris - IUFM de Toulouse, <http://innovalo.scola.ac-paris.fr/PAI4/1/16/cadres.htm> (consulté le 15.12.2007).

Chervel, A. (1988). L'histoire des disciplines scolaires. *Histoire de l'Education*, 38, Paris, INRP, p. 59-119.

Chevalier, J.-P. (1992). *Les cartes et l'enseignement de la géographie aux élèves de 5 à 11 ans depuis 1969*. Thèse de Doctorat, Université Paris I.

Chevalier, J.-P. (1997). *Quatre pôles dans le champ de la géographie ?* , Cybergéo, <http://www.cybergeo.eu/index6498.html> (consulté le 08.10.2007).

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*, Grenoble, La Pensée sauvage.

Ciatoni, A. et Veyret, Y. (2003). *Les fondamentaux de la géographie*, collection Campus, Armand Colin.

Clarke, K. C. (2002). *Getting Started with GIS*, University of California, Santa Barbara, Prentice Hall.

Claval, P. (1993). *La nouvelle géographie*, Paris, Que sais-je ? n°1693, PUF.

Clerc, P. (2002). *La culture scolaire en géographie : le monde dans la classe.* collection Espace et territoires, Presses universitaires de Rennes.

Coen, P.-F. et Schumacher, J. (2006). Construction d'un outil pour évaluer le degré d'intégration des TIC dans l'enseignement. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, p. 7-17.

Costa, O. S. (2007). *Can the Use of Geographic Information Systems (GIS) Technology Improve Geographic Literacy in Secondary Education ?* .

Coulter, B. (2003). *Maximizing the Potential for GIS to Enhance Education*. <http://gis.esri.com/library/userconf/educ03/p5023.pdf> (consulté le 10.07.2008).

Cros, F. (2001). *L'innovation scolaire*, Paris, INRP.

Cuban, L. (1986). *Teachers and Machine : the Classroom Use of Technology since 1920*, New York, Teachers college press.

Cuban, L. (1993). *Computers Meet Classroom ; Classroom Wins*. <http://www.edweek.org/ew/articles/1992/11/11/10cuban.h12.html> (consulté le 13.01.2006).

Cuban, L. (2001). *Oversold and underused : Computers in the classroom*, Cambridge, Harvard University Press.

Dardel, E. (1952, réed. 1990). *L'Homme et la terre. Nature de la réalité géographique*, Paris, Éditions du CTHS.

De Blomac, F. (2003). SIG : enjeux sociétaux et stratégiques. *Dossiers de l'Ingénierie Educative, CNDP*, 44 (octobre 2003), p. 5-7.

Debarbieux, B. (2003). Imaginaire géographique. in Levy, J., Lussault, M., *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Paris, Belin, p. 489-491.

Debarbieux, B. (2004, ed. orig. 1984). Les problématiques de l'image et de la représentation en géographie. in Bailly, A., (dir), *Les concepts de la géographie humaine*, Collection U, Armand Colin, p. 199-212.

Debray, R. (1992). *Vie et mort de l'image. Une histoire du regard en Occident*, Paris, Gallimard.

Demeers, M. N. (2000). *Fundamentals of Geographic Information Systems*, New Mexico State University, John Wiley and Sons.

Denègre, J. et Salgé, F. (1996). *Les systèmes d'information géographique*. Que sais-je ?, 3122, PUF.

Denis, M. (1989). *Image et cognition*, Paris, Psychologie d'aujourd'hui, PUF.

Depover, C., Karsenti, T. et Komis, V. (2007). *Enseigner avec les technologies. Favoriser les apprentissages, développer les compétences*, Presses de l'Université du Québec.

Depover, C. et Strebelle, A. (1997). Un modèle et une stratégie d'intervention en matière d'intégration des TIC dans le processus éducatif. in Pochon, L.-O., Blanchet, A., (dir.), *L'ordinateur à l'école : de l'introduction à l'intégration* Neuchâtel, Institut de recherche et de documentation pédagogique (IRDP), p. 73-98.

Depover, C., Strebelle, A. et De Lièvre, B. (2007). Une modélisation du processus d'innovation s'articulant sur une dynamique de réseaux d'acteurs. in Baron, M.,

Guin, D., Trouche, L., *Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage. Conception et usages, regards croisés*, Hermès - Lavoisier.

Desgagné, S. *et alii* (2001). L'approche collaborative de recherche en éducation : un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des Sciences de l'Education*, 1.

Desplanques, P. (1991). La didactique de la géographie. *L'information géographique*, 55 (2), p. 44-48.

Desplanques, P. (1993). Géographie enseignée au collège et au lycée et géographie universitaire. *L'Information Géographique*, 57, p. 29-31.

Desquesnes, J. et Grandbastien, J.-F. (2002). *L'ordinateur aide-t-il à apprendre l'histoire et la géographie ?* , Actes du colloque "Apprendre l'histoire et la géographie à l'école" (Paris - 12 au 14 décembre 2002), <http://eduscol.education.fr/D0126/hist_geo_Desquesnes.htm> (consulté le 23.11.2007).

Develay, M. (1996). *Donner du sens à l'école*, Paris, E.S.F.

Di Méo, G. (2005). *Un regard de géographe*. in Bord, J.-P. et Baduel, P.-R., Colloque Cartographie, Géographie et Sciences sociales (Tours - 1999), 649-662.

DiBiase, D. (1999). Evoking the visualization experience in computer-assisted geographic education. in Raper, A. S. C. J., *Spatial Multimedia and Virtual Reality*, London, Taylor & Francis, p. 89-101.

Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning ? in Dillenbourg, P., (dir.), *Collaborative learning : cognitive and computational approaches*, Oxford, Elsevier, p. 1-19.

Direction de l'Evaluation de la Prospective et de la Performance (2007). *Image de la discipline et pratiques d'enseignement en histoire-géographie et éducation civique au collège*. <http://media.education.gouv.fr/file/91/4/4914.pdf> (consulté le 07.03.2007).

Donert, K. (2005a). The Use of ICT in Geography departments in European higher education. in Donert, K., Charzynski, P., *Changing Horizons in Geography Education*, Torun, Herodot network, p. 22-31.

Donert, K. C., P. (2005b). *Changing Horizons in Geography Education*, Torun, Herodot network.

Dorel, G. (1997). La Carte (Avant propos). *Cartes et images dans l'enseignement de l'histoire et de la géographie , Revue de l'IREGH*, 4.

Dossiers de l'Ingénierie Educative (2003). *Cartes et Systèmes d'Information Géographique*. Scéren-CNDP, 44.

Dumolard, P. (2006). Les SIG au coeur de la géographie ? La géographie au coeur des SIG ? *Géographes associés* n° spécial. Savoir penser et partager l'information géographique : les SIG, 30, p. 151-167.

Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. in Engeström, Y. *et alii*, *Perspectives on Activity Theory*, Cambridge, University Press.

Ernult, B., Le Roux, A. et Thémines, J.-F. (1999). Un modèle référentiel pour analyser les pratiques cartographiques dans l'enseignement et la formation. *Cahiers de géographie du Québec*, 43 (120), p. 473-493.

Fabre, G. et alii (2005). Le rapport disciplinaire à l'innovation et ses composantes chez les professeurs d'histoire-géographie utilisant les TICE. in Fontanabona, J., Thémines, J.-F., *Innovation et histoire-géographie dans l'enseignement secondaire*, INRP, p. 59-78.

Fabre, M. (1993). De la résolution de problème à la problématisation. *Les Sciences de l'Education*, 4-5, p. 71-101.

Fabre, M. (1998). *Situations-problèmes et savoirs scolaires*, Paris, collection Education et formation, PUF.

Farinelli, F. (1989). Pour une théorie générale de la géographie. *Géorythmes, Recherches géographiques*, 5.

Ferland, Y. (1997). *Les défis théoriques posés à la cartographie. Colloque "30 ans de sémiologie graphique" (Paris, 12-13 décembre 1997).* <http://www.cybergeo.presse.fr/semiogra/bord/bord.htm> (consulté le 25.11.2007).

Ferras, R. (1994). *99 réponses sur... la géographie*, CRDP-CDDP Languedoc-Roussillon.

Ferras, R. et Hussy, C. (2004). Les concepts de la cartographie : leur rôle dans la recherche géographique. in Bailly, A. d., *Les concepts de la géographie humaine*, Paris, Armand Colin, p. 287-298, 1984.

Fontanabona, J. (2001a). *Cartes et modèles graphiques : analyse de pratiques en classes de géographie*, Paris, INRP.

Fontanabona, J. (2001b). Concevoir le langage cartographique comme un système d'expression cartographique. in Fontanabona, J., *Cartes et modèles graphiques : analyse de pratiques en classes de géographie*, Paris, INRP, p. 43-63.

Fontanabona, J. (2006a). *Langage cartographique et connaissances géographiques*. INRP, <http://ecehg.inrp.fr//ECEHG/enseigner-apprendre/langage-cartographique/langagecartographique-fontanabona-pdf.pdf> (consulté le 16.11.2006).

Fontanabona, J. (2006b). *Quels croquis de géographie au baccalauréat ?* , Mappemonde, 81 <http://mappemonde.mgm.fr/actualites/croq_bac.html> (consulté le 03.09.2008).

Fontanabona, J. (2008). Enseigner la géographie dans la France d'aujourd'hui. *Les Cahiers pédagogiques*, 460, Dossier "Enseigner la géographie aujourd'hui".

Fontanabona, J. et Thémines, J.-F. (2005). *Innovation et histoire-géographie dans l'enseignement secondaire*. Coll. Documents et travaux de recherche en éducation, 52, Lyon, INRP.

Genevois, S. (2007). *NASA Worldwind, Google Earth, Géoportail à l'école : un monde à portée de clic ?* , Mappemonde, 85, <http://mappemonde.mgm.fr/num13/internet/int07101.html> (consulté le 13.12.2007).

Genevois, S. et Joliveau, T. (2005). Traiter l'information géographique avec des outils géomatiques : l'exemple du cyclone Katrina. *Dossiers de l'Ingénierie Educative, CNDP*, 52, octobre 2005, p. 34-37.

Genevois, S. et Jouneau-Sion, C. (2008). Utiliser les « globes virtuels » pour enseigner la géographie de la France. *L'information géographique*, 3, p. 59-71.

Genevois, S. et Mériaux, P. (2007). Usages et enjeux des technologies de l'information et de la communication en histoire-géographie et éducation civique. *Education et Formations*, 76 (décembre 2007), p. 119-126.

Gerber, R. (2001). The State of Geographical Education in Countries Around the World. *International Research in Geographical and Environment Education*, 10 (4), p. 349-362.

Gérin-Grataloup, A.-M., Solonel, M. et Tutiaux-Guillon, N. (1994). Situations problèmes et situations scolaires en histoire-géographie : les didactiques de l'histoire et de la géographie. *Revue française de pédagogie*, 106, p. 25-37.

Gibson, J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*, Erlbaum, Hillsdale.

Gillies, C. (2007). La géographie du moi ! Révolution 2.0. *Courrier International*, décembre 2007.

Goodchild, M. et Kemp, K. K. (1990). *The NCGIA Core Curriculum in GIS. National Center for Geographic Information and Analysis*, Santa Barbara, California.

Goodchild, M. F. (2008). *Citizens as sensors : the world of volunteered geography*. <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Goodchild_VGI2007.pdf> (consulté le 10.07.2008).

Grataloup, C. (1998). Sous l'influence des conventions scolaires. Histoire-Géographie. 1. L'arrangement. *Espaces Temps*, 66/67, p. 63-79.

Grataloup, C. (2000). *Centre - Périphérie*. Hypergéo, encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la géographie, <http://www.hypergeo.eu/article.php3?id_article=10> (consulté le 30.08.2008).

Gregg, M. (1993). *Learning geographical reasoning : mapping the course*. Departement of education, Cognitives studies, University of Pittsburgh.

Groupe-Mu (1992). *Traité du signe visuel. Pour une rhétorique de l'image*, Paris, Seuil.

Guermond, Y. (1992). Géomatique (article). in Lévy, J., Lussault, M., (dir), *Dictionnaire de géographie et de l'espace des sociétés*, Paris, Economica, p. 402-403.

Guihot, P. (1999). *Technologies, multimédia et enseignement de la géographie*. Thèse de doctorat, Université Paris 7 Denis Diderot.

Hatt, T. (1988). Images pédagogiques, images professionnelles ? Quelles images satellitaires pour la classe ? *Revue de géographie de Lyon*, 63 (2-3), p. 46-54.

Hernandez, J. (2006). *Katrina, une tragédie américaine ?* , <http://fig-st-die.education.fr/actes/actes_2006/hernandez/article.htm> (consulté le 3 avril 2007).

Héry, E. (2007). *Les pratiques pédagogiques dans l'enseignement secondaire au XX° siècle*, L'Harmattan.

Hill, A. D. et Solem, M. N. (1999). Geography on the Web : changing the learning paradigm ? . *Journal of Geography*, 98, p. 100-107.

Houtsonen, L. (2003). Maximising the use of technologies in geographical education. in Gerber, R., *International Handbook on Geographical Education*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 47-63.

Houtsonen, L. (2006). GIS in the school curriculum: pedagogical viewpoints. in Johansson, T., *Geographical Information Systems Applications for Schools (GISAS)*, Helsinki, University of Helsinki, p. 23-29.

Hugonie, G. (1989). Enseigner la géographie actuelle dans les lycées. *L'espace géographique*, 2, p. 129-133.

Hugonie, G. (2002). Erreurs et traitement des erreurs dans le cours de géographie. *L'information géographique*, 4.

Hugonie, G. (2004). *Le détournement du modèle constructiviste dans les apprentissages géographiques en Seconde*. Les apprentissages des élèves dans les recherches de didactiques de l'histoire, de la géographie Journées d'Etudes de Didactiques de l'histoire, de la géographie (Caen - 19-20 octobre 2004), IUFM de Basse-Normandie.

Jacob, C. (1992). *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*. Thèse de doctorat, Albin Michel.

Jarraud, F. (2003). La carte, état des lieux : enquête auprès des enseignants. *Dossiers de l'Ingénierie Educative, Cartes et systèmes d'information géographique*, 44 (octobre 2003), CNDP, p. 14-16.

Jekel, T., Koller, A. et Donert, K. (2008). *Learning with geoinformation III*, Wichmann.

Johansson, T. (2006a). *Geographical Information Systems Applications for Schools (GISAS)*, Helsinki, University of Helsinki.

Johansson, T. (2006b). *GIS in Teacher Education – Facilitating GIS Applications in Secondary School Geography*, Helsinki, University of Helsinki.

Joliveau, T. (2002). La participation à la décision territoriale : dimension socio-géographique et enjeux informationnels d'une question politique. *Géocarrefour*, 76.3/01, p. 273-279.

Joliveau, T. (2004). *Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherche sur un usage géographique des SIG*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches en Sciences Humaines, Université de Rouen.

Joliveau, T. (2005). *Les SIG et la recherche française en géographie. Bilan et questions*. Actes du Colloque international : Géomatique et applications n°1 - Apports des SIG au monde de la recherche Orléans, 13-14 mars 2003, Presses Universitaires d'Orléans, 35-55.

Joliveau, T. (2007a). *Géomatique 2.0 ?* , sur le site "Monde géonumérique", <http://mondegeonumerique.wordpress.com/2007/11/13/geomatique-20/> (consulté le 23.01.2008).

Joliveau, T. (2007b). *Géomatique et géonumérisation*. <http://mondegeonumerique.wordpress.com/geomatique-et-geonumerisation/> (consulté le 19.03.2008).

Joliveau, T., Calcagni, Y. et Mayoud, R. (2006). Géowebexplorer, un outil géomatique collaboratif au service des enseignants et des élèves. *Géographes associés, n° spécial. Savoir penser et partager l'information géographique : les SIG*, 30, p. 169-178.

Joliveau, T. et Genevois, S. (2007). *Une plateforme pédagogique collaborative pour enseigner la géographie au lycée. Analyse, principes et mise en oeuvre*. Conférence Québéco-Française pour le Développement de la Géomatique (CQFD-Géo), SAGEO 2007, Rencontres internationales Géomatique et territoire, Clermont-Ferrand, 15, <http://www.emse.fr/site/SAGEO2007/CDROM/CQFD09.pdf> (consulté le 05.10.2007).

Joliveau, T. et Genevois, S. (2008). Travail collaboratif et information géographique pour l'enseignement secondaire. *Revue Internationale de Géomatique* 2008, (à paraître), Lavoisier.

Jonassen, D. H., Peck, K. et Wilson, B. (1999). *Learning to solve problems with technology : a constructivist perspective*, Colombus, Merrill/Prentice-Hall.

Jouët, J. (1993). Usages et pratiques des nouveaux outils. in Sfez, L., (dir), *Dictionnaire critique de la communication*, 1, Paris, PUF, p. 371-376.

Jouët, J. (2000). Retour critique sur la sociologie des usages. *Réseaux*, 100, p. 487-521.

Jouneau-Sion, C. (2008). *Jouer au citoyen avec Google Earth*. <http://www.cahiers-pedagogiques.com/article.php3?id_article=3551> (consulté le 12.05.2008).

Journées d'études nationales INRP-IGEN (1992). *Enseigner la géographie au collège et au lycée - Atelier 3 : "le raisonnement géographique"* (3-6 juin 1991, Amiens), CRDP de Picardie.

Journot, M. (1998). La production par les élèves de croquis modèles. *Contributions à l'étude de la causalité et des productions des élèves dans l'enseignement de l'histoire et de la géographie*, Paris, INRP, p. 399-433.

Journot, M. (1999). Schématisation et modélisation cartographiques en France : des pratiques scolaires en débat. *Cahiers de Géographie du Québec*, 43 (120), p. 495-515.

Journot, M. et Oudot, C. (1997). *Modélisation cartographique. Pratiques scolaires en collège et en lycée*, Dijon, CRDP de Bourgogne.

Kerski, J. (2000). *The Implementation and Effectiveness of GIS Technology and Methods in Secondary Education*. Dissertation for a PhD, University of Colorado-Boulder.

King, H. (2006). Understanding spatial literacy: cognitive and curriculum perspectives. *Planet*, 17.

Klein, U. (2007). *Geomedienkompetenz : Untersuchung zur Akzeptanz und Anwendung von Geomedien im Geographieunterricht unter besondere Berücksichtigung moderner Informations- und Kommunikationstechniken*. Ph.D. Dissertation, <http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_2116> (consulté le 12.05.2008).

Knafou, R. (1997). *L'état de la géographie. Autoscopie d'une science*, collection Mappemonde, Paris, Belin.

Korevaar, W. et Van der Schee, J. (2004). Modern aardrijkskundeonderwijs met GIS op de kaart gezet. *Geografie*, 13 (11), p. 44-46.

Korzybski, A. (1998, éd. orig. 1933). *La carte n'est pas le territoire. Prolégomènes aux systèmes non aristotéliciens et à la sémiotique générale*, Paris, L'Eclat.

Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind*, Cambridge, Harvard University Press.

Kraak, M. J. (2005). *The re-engineering of ITC geoinformatics education to accomodate GDI developments*. <http://www.uneca.org/codi/Documents/WORD/2005_codi14_kraak.doc> (consulté le 30.03.2008).

Kuhn, W. (1995). Questions and Answers about Metaphors for GIS user interfaces. in T. L. Nyerges, D. M. M., R. Laurini, M. J. Egenhofer, *Cognitive Aspects of Human-Cumputer Interaction for Geographic Information Systems*, 83, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 113-122.

Lacoste, Y. (1980). Les différents niveaux d'analyse du raisonnement géographique et stratégique. *Hérodote*, 18.

Lacoste, Y. (1995). Les géographes, la science et l'illusion. *Hérodote*, 76, p. 3-21.

Laurin, S. (1999). Géographie et éducation. *Cahier de géographie du Québec*, 43 (120).

Lawrence, V. (2004). Mapping out the future. *Teaching Geography*, 29 (10), p. 116-119.

Le Marec, Y., Bois, H., Fillaud, B. et Marchand, N. (2001). *Enseigner l'histoire-géographie en salle multimédia : un nouveau métier ?* , <http://www.inrp.fr/Tecne/Savoirplus/Rech40124/Pdf/annee01/nantes01.pdf> (consulté le 07.05.2008).

Le Roux, A. (1995). Le problème dans l'enseignement de la géographie. *L'information géographique*, 5, p. 209-215.

Le Roux, A. (2003, ed. orig. 1997). *Didactique de la géographie*, Caen, Presses universitaires de Caen.

Le Roux, A. (2004). *Enseigner l'histoire-géographie par le problème ?*, collection Recherches et innovations sur et pour des enseignants et des formateurs, Paris, L'Harmattan.

Leat, D. (1999). *Thinking Through Geography*, Cambridge, Chris Kington Publishing.

Leclerc, E. et Retaillé, D. (2004). Dénaturaliser les cartes : le pouvoir et l'autorité. in Bord, J.-P., Baduel, P.-R., (dir), *Les cartes de la connaissance*, Tours, Editions Karthala, p. 165-172.

Lefort, I. (1992). *La lettre et l'esprit, géographie scolaire et géographie savante en France*. Thèse de doctorat, Edition du CNRS.

Legras, C. (1992). *De la géographie universitaire à la géographie scolaire : le didacticiel de géographie*. Thèse de doctorat, Université de Rouen.

Lévy, J. (1997). *Europe. Une géographie*. Carré géographie, Hachette.

Lévy, J. (2002). Un tournant cartographique ? in Debarbieux, B., Vanier, M., *Ces territorialités qui se dessinent*, La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR, p. 129-144.

Lévy, J., Poncet, P. et Tricoire, E. (2004). La carte, enjeu contemporain. *Documentation photographique*, La Documentation Française (8036).

Lidstone, J. et Williams, M. (2006). *Geographical Education in a Changing World. Past Experience, Current Trends and Future Challenges*, Springer.

Linard, M. (1996). *Des machines et des hommes. Apprendre avec les nouvelles technologies*, Paris, L'Harmattan.

Lindner-Fally, M. (2007). *Global Learning - Pedagogical concepts involving Virtual Globes*. ESRI European User Conference - 26-28 September 2007 Stockholm.

Lussault, M. (1996). *L'espace en action. De la dimension spatiale des politiques urbaines*. Diplôme d'habilitation à diriger des recherches en géographie, Vol. 1, texte de synthèse, Université François Rabelais.

Lussault, M. (2003). L'espace avec les images. in Debarbieux, B., Lardon, S., *Les figures du projet territorial*, La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR, p. 39-59.

Lussault, M. (2007). *L'Homme spatial. La construction sociale de l'espace humain*. La couleur des idées, Seuil.

MacEachren, A. M. (2004, ed. orig. 1994). *How maps work. Representation, visualization and design*, New York, Guilford Press.

MacEachren, A. M. et Brewer, I. (2004). Developing a conceptual framework for visually-enabled geocollaboration. *International Journal of Geographical Information Science*, 18(1), p. 1-34.

MacEachren, A. M., Kraak, M.-J. et Dykes, J. (2005). *Exploring Geovisualization*, Pergamon.

Mallein, P. et Toussaint, Y. (1994). L'intégration sociale des TIC: une sociologie des usages. *Technologie de l'information et société*, 6 (4), p. 315-335.

Malone, L., Palmer, A. M. et Voigt, C. L. (2002). *Mapping Our World : Gis Lessons for Educators*, ESRI Press.

Marceau, D. J. (2001). La géographie et la révolution de l'information. in Laurin, S., Klein, J. L., Tardif, C., *Géographie et société : vers une géographie citoyenne*, Sainte-Foy (Québec), Presses de l'Université du Québec, p. 199-213.

Marconis, R. (1995). Ambiguïtés et dérives chorématiques. *Hérodote*, 76.

Martinais, E. (2007). La cartographie au service de l'action publique. *EspacesTemps.net*.

Martinand, J.-L. (1982). *Contribution à la caractérisation de l'initiation aux sciences et techniques*. Thèse d'Etat, Université de Paris XI.

Martinand, J. L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*, Paris, INRP.

Masselot-Girard, M. *et alii* (1999). *Image, langages - Recherches et pratiques enseignantes*, Paris, INRP.

Masson-Vincent, M. (2005). *Jeu, géographie et citoyenneté. De l'école à l'université*, Collection L'Université pratique, Seli Arslan.

Mathian, H. (2004). Cartographie et analyse statistique spatiale. in Bord, J.-P., Baduel, P.-R., (dir), *Les cartes de la connaissance*, Tours, Karthala, p. 135-146.

McCormick, B., Defanti, T. A. et Brown, M. D. (1987). Visualization in Scientific Computing. *Computer Graphics, Special issue ACM SIGGRAPH*, 21 (6).

Meirieu, P. (1993). Objectif, obstacle et situation-problème. in Houssaye, J., (dir), *La pédagogie, une encyclopédie*, Paris, E.S.F.

Meirieu, P. (2004). *L'évolution du statut de l'image dans les pratiques pédagogiques*. CRDP de Lyon, <http://savoirscdi.cndp.fr/rencontrelyon/meirieu/meirieu.htm> (consulté le 02.11.2006).

Meirieu, P. (2006). *Image : de la sidération à l'éducation*. Images et savoirs. Les Imagies 2006, <http://canalc2.u-strasbg.fr/video.asp?idvideo=5296> (consulté le 10.05.2007).

Mendibil, D. (1997). *Textes et images de l'iconologie de la France (de 1840 à 1990). Essai d'iconologie géographique*. Thèse, Université de Paris I.

Mérenne-Schoumaker, B. (2005). *Didactique de la géographie. Organiser les apprentissages*. Sciences humaines, De Boeck.

Meyer, J. W., Butterick, J., Olkin, M. et Zack, G. (1999). GIS in the K-12 curriculum : a cautionary note. *Professional Geographer*, 51 (4), p. 571-578.

Monmonier, M. (1993). *Comment faire mentir les cartes : du mauvais usage de la géographie*, Paris, Flammarion.

Mottet, G. (1995). *Images et construction de l'espace. Apprendre la carte à l'école*, Paris, INRP.

Muller, J.-M. et Laurini, R. (1997). La cartographie de l'an 2000. *Revue Internationale de Géomatique*, 7, p. 87-107.

National Geographic Education Foundation (2006). *Geographic Literary Study. Final Report National Geographic*, Washington, Roper Public Affairs.

National Research Council (1997). *Rediscovering Geography : New Relevance for Science and Society*, Washington D. C., National Academy Press.

Niclot, D. (1999). Images de la vulgate scolaire dans les manuels de géographie français (classe de seconde, 1981 à 1996). *Cahiers de Géographie du Québec*, 43 (120), p. 605-624.

Niclot, D. (2003). *Les manuels de géographie de l'enseignement secondaire. En comprendre les logiques pour mieux les utiliser*, Reims, CRDP de Champagne-Ardenne.

Norman, D. (1993). Les artefacts cognitifs. *Raisons Pratiques*, 4, p. 15-34.

O'Dea, E. K. (2002). *Integrating Geographic Information Systems and Community Mapping into Secondary Science Education. A Web GIS Approach*. Masters Thesis, Oregon State University.

OCDE (2004). *OECD Survey of Upper Secondary Schools - Technical Report*. OCDE, <http://www.oecd.org/dataoecd/4/47/27446844.pdf> (consulté le 06.09.2008).

Oléron, P. (1977). *Le raisonnement*. coll. Que sais-je ?, 1671, Paris, PUF.

Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal process*, New York, Holt, Rinehart & Winston.

Paivio, A. (1986). *Mental representation : A dual coding approach*, New York, Oxford University Press.

Palsky, G. (1996). *Des chiffres et des cartes. La cartographie quantitative au XIXe siècle*. Thèse de doctorat, Edition CTHS.

Partoune, C. (2004). *Un modèle pédagogique global pour une approche du paysage fondée sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Élaboration progressive et analyse critique*. Thèse de doctorat de l'Université de Liège, Faculté des sciences. Département de géographie.

Paterson, N. W., Reeve, K. et Page, D. (2003). Integrating Geographic Information Systems into the Secondary Curricula. *Journal of Geography*, 102 (6), p. 275-281.

Peirce, C. S. (1978). *Écrits sur le signe, rassemblés et commentés par G. Deledalle*, Paris, Seuil.

Penisson, M. (2000). Les professeurs d'histoire et géographie et l'utilisation des logiciels de cartographie numérique. in Fontanabona, J., (dir), *Cartes et modèles graphiques. Analyse de pratiques en classe de géographie.*, Didactiques des disciplines, INRP, p. 125-152.

Pernin, J.-P. (2003). Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ? *Sciences et Techniques Educatives*, Hors série avril 2003, "Ressources numériques, XML et éducation", éditions Hermès, p. 179-210.

Pernin, J.-P. et Lejeune, A. (2004). *Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios* <http : //archiveedutice.ccsd.cnrs.fr/docs/00/02/75/99/PDF/Pernin_Le jeune.pdf> (consulté le 10.09.2007).

Perriault, J. (1989). *La logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*, Paris, Flammarion.

Perriault, J. (2002). *Education et nouvelles technologies. Théorie et pratiques.* Nathan Université, Paris.

Pinchemel, P. (1991). *La géographie en perspectives*. Enseigner la géographie au collège et au lycée, Journées d'études nationales 3 au 6 juin 1991 - Amiens, CRDP de Picardie, 41-55.

Poirier-Proulx, L. (1999). *La résolution de problèmes en enseignement. Cadre référentiel et outils de formation*, Bruxelles, De Boek.

Pornon, H. (1992). *Les SIG, mise en oeuvre et applications*, Paris, Hermès.

Pornon, H. (2007). Bilan et perspectives de 20 années de géomatique. Vers des SIG plus collaboratifs. La Géo-Collaboration. *Géomatique Expert*, 58 (août-septembre 2007).

Puimatto, G. (2007). L'usage en travaux. Présentation. *Dossiers de l'ingénierie éducative*, N° spécial, CNDP.

Rabardel, P. (1995). *Les Hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, Armand Colin.

Raffestin, C. (1989). Théories du réel et géographicité. *EspacesTemps, Histoire-géographie, 1. L'arrangement*, 40-41, p. 26-31.

Retaillé, D. (1996). La vérité des cartes. *Le Débat*, 92 (novembre-décembre 1996), p. 87-98.

Retaillé, D. (1997). *Le monde du géographe*, Paris, Presses de Sciences Po.

Retaillé, D. (2000). Penser le monde. in Levy, J., Lussault, M., (dir), *Logiques de l'espace, esprit des lieux. Géographes à Cerisy*, coll. Mappemonde, Belin p. 273-286.

Reynaud, A. (1981). *Société, espace, justice*, Paris, PUF.

Reynaud, A. (1992). Centre et périphérie. *Encyclopédie de la géographie*, Paris, Economica, p. 599-616.

Robic, M.-C. (2005). *Géographicité*. Hypergéo (consulté le 13.05.2007).

Roche, S. (2003). Usages sociaux des technologies de l'information géographique et participation territoriale. in Debarbieux, B., Lardon, S., *Les figures du projet territorial*, La Tour-d'Aigues, Ed. de l'Aube. DATAR, p. 61-82.

Roques, G. (2006). *Décrypter le monde aujourd'hui. La crise de la géographie*, Autrement-Frontières.

Roumegous, M. (2001). *Trente ans de didactique de la géographie en France. 1968-1998. Enjeux et pratiques*. Thèse de doctorat de géographie, Paris I Panthéon-Sorbonne.

Rozenblat, C. et Cicille, P. (2003). *Les Villes européennes, analyse comparative*, La documentation française.

Sanchez, E. (2007). *Investigation scientifique et modélisation pour l'enseignement des sciences de la Terre. Contribution à l'étude de la place des technologies numériques dans la conduite d'une classe de terrain au lycée*. Thèse de doctorat de l'Université de Lyon, Laboratoire d'études du phénomène scientifique (LEPS).

Sanders, L. (2001). *Modèles en analyse spatiale*, Paris, Hermès-Lavoisier.

Sanders, L. (2006). Les SIG au coeur du savoir géographique ? *Géographes associés*, , n° spécial. Savoir penser et partager l'information géographique : les SIG, 30, p. 29-40.

Savaton, P. (1998). *La carte géologique dans le secondaire. Bilan historique et didactique ; réflexion et proposition d'apprentissage*. Thèse de sciences de l'éducation, Université Paris 7 Denis Diderot.

Schubert, J. C. et Uphues, R. (2008). Kumulatives Lernen mit Geoinformation - Uberlegungen zu einem GI(S)-Kompetenzentwicklungsmodell. in Jekel, T., Koller, A., Donert, K., *Learning with geoinformation III*, Wichmann, p. 49-59.

Söderström, O. (1999). Les géographes et le visuel : de l'iconophilie à une expertise des images. in Chivallon, C., Ragouet, P., Samers, M., *Discours scientifiques et contextes culturels. Géographies françaises et britanniques à l'épreuve postmoderne*, 253-270, Talence, MSHA (Maison des sciences de l'homme d'Aquitaine).

Steenstra, C. (2003). *Geography's contribution to general education. An international comparative study*, Eburon.

Sui, D. Z. (1995). A Pedagogic Framework to Link GIS to the Intellectual Core of Geography. *Journal of Geography*, 94 (6), p. 578-591.

Tachon, F. (1995). Une merveille à maîtriser, les SIG. in Morlin, E., (dir), *Penser la terre, stratèges et citoyens*, 152, p. 159-165.

Thémines, J.-F. (2006a). *Géographicité et enseignement de la géographie*. <http://ecehg.inrp.fr/ECEHG/methodologie-de-la-recherche/geographicite-jft.pdf> (consulté le 15.06.2007).

Thémines, J.-F. et François, P. (2003). L'innovation cartographique en classe de géographie. *Dossiers de l'Ingénierie Educative*, Cartes et systèmes d'information géographique, 44 (octobre 2003), CNDP, p. 17-19.

Thémines, J. F. (2006b). Connaissance géographique et pratiques cartographiques dans l'enseignement secondaire. *Mappemonde*, 82.

Thémines, J. F. (2006c). *Enseigner la géographie : un métier qui s'apprend*, CRDP Basse Normandie, Hachette Education.

Thériault, M. (1995). *Systèmes d'information géographique, concepts fondamentaux. Notes et documents de cours*. Université de Laval.

Tricot, A., Pierre-Demarcy, C. et El Boussarghini, R. (1998). Définitions d'aides en fonction des types d'apprentissages dans des environnements hypermedias. *4e colloque Hypermédias et apprentissages, octobre 1998*

Turner, A. (2006). *Introduction to Neogeography*, O'Reilly Media.

Van der Schee, J. (2007). *Geografische Informatie Systemen, geografisch besef en aardrijkskundeonderwijs*, Onderwijscentrum VU, Vrije Universiteit Amsterdam.

Vauzelle, M. (1987). Traitement numérique des images. *Du satellite à la classe. Images de télédétection en physique, géographie et sciences naturelles, Rencontres pédagogiques, INRP*, 17, p. 30-34.

Vergnolle, C. et Sourp, R. (2004). *Les concepts et les modes de raisonnement mobilisés par la géographie scolaire en vue de l'éducation à l'environnement et au développement durable*. <http://ecehg.inrp.fr/ECEHG/formations/journees-d-etude-didactique/copy_of_jed2004/jed2004vergnolle_sourp.pdf> (consulté le 18.06.2008).

Vincent, G. (1994). Forme scolaire et modèle républicain : l'éducation de la démocratie. in Vincent, G., *L'éducation prisonnière de la forme scolaire ? Scolarisation et socialisation dans les sociétés industrielles*, Lyon, Presses Universitaires de Lyon, p. 207-227.

Volz, D., Viehrig, K. et Siegmund, A. (2008). GIS as a means for competence development - Questions for an integrated GIS didactics. in Jekel, T., Koller, A., Donert, K., *Learning with geoinformation III*, Wichmann, p. 42-48.

Wenger, E. (1998). *Communities of Practice. Learning, Meaning and Identity*, Cambridge University Press.

Wiegand, P. (2001). Geographical Information Systems (GIS) in Education. *Research in Geographical and Environmental Education*, 10 (1), p. 68-71.

Wilmet, J. (2004, ed. orig. 1984). La télédétection. in Bailly, A., (dir), *Les concepts de la géographie humaine*, Armand Colin, p. 299-307.

Yalamas, P. et Pornon, H. (2006). *Mission d'analyse, d'étude et de conseil stratégique sur le développement et la mise en oeuvre de logiciels SIG dans un contexte éducatif. Evaluation des orientations et stratégies*, IETI Consultants, Ministère de l'Education Nationale (Sous Direction TICE).

Zaninetti, J.-M. (2007). Dynamiques urbaines de la Nouvelle-Orléans avant Katrina : étalement urbain et ségrégation sociale. *Annales de géographie*, 654, p. 188-209.

Zhao, Y. et Franck, K. A. (2003). Factors affecting technology uses in schools : a ecological perspective. *American Educational Research Journal*, 40 (4), p. 807-840.

GLOSSAIRE

Ce glossaire reprend un ensemble de termes géomatiques, utilisés dans le texte et dont l'explicitation au fil de l'eau rendrait plus difficile la lecture. Il s'attache principalement à définir les termes qui reviennent plusieurs fois, ou encore les éléments de registres technique ou professionnel qui ne relèvent pas de l'épure de cette recherche, mais qui sont néanmoins nécessaires à sa compréhension. Ce glossaire ne prétend pas à l'exhaustivité et s'attache à définir les termes employés dans notre travail de recherche, sans prétention à couvrir toutes les questions de terminologie posées par la géomatique. L'objectif est de fournir des définitions simples et compréhensibles pour des enseignants et des formateurs, pour des non géographes ou des non spécialistes de la géomatique.

Pour élaborer ce glossaire, nous nous sommes appuyé principalement sur les sources suivantes :

- Bergeron, M. (1992), *Vocabulaire de la géomatique : terminologie technique et industrielle*, Les Publications du Québec
- Chrisman, N. (1997). *Exploring geographic information*, New York, John Wiley & Sons systems (glossaire en ligne) : <http://www.wiley.com/college/chrisman/glossary.html> (consulté le 12.06.08)
- Clarke, K. C. (2002). *Getting Started with GIS, University of California*, Santa Barbara, Prentice Hall
- Demeers, M. (2000). *Fundamentals of Geographic Information Systems*, New Mexico State University, John Wiley and Sons
- Dumolard, P et alii (2001). *L'outil informatique en géographie.* (manuel en ligne) : <http://iga.ujf-grenoble.fr/book_geoinfo.pdf> (consulté le 12.06.08)
- Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec, *Vocabulaire de la géomatique* (consulté le 12.06.08) : http://www.mrnf.gouv.qc.ca/territoire/geomatique/geomatique-vocabulaire.jsp;
- Sommer, S., Wade, T. (2006). *A to Z GIS : an Illustrated Dictionary of Geographic Information Systems*, ESRI Press.

Les termes sont indiqués en italique lorsqu'ils font eux-mêmes l'objet d'une définition.

affichage cartographique : procédé qui permet de faire apparaître une carte ou une image sur un écran d'ordinateur. L'affichage, qui est un procédé technique d'affichage graphique (du côté informatique), est souvent confondu avec la *visualisation* qui relève d'un mode de perception par l'œil (du côté utilisateur).

analyse spatiale : terme polysémique qui désigne au départ un ensemble d'opérations prenant en compte la répartition spatiale des *objets géographiques* et qui débouche sur des méthodes d'explication formalisées des structures et des dynamiques spatiales, à partir de leur localisation géographique. Le but général de l'analyse spatiale est de déceler en quoi la localisation apporte un élément utile pour la connaissance des *objets géographiques.* L'analyse spatiale est à la base des *SIG,* car elle seule permet de croiser des données graphiques et alphanumériques, contenues dans la *base de données* (par exemple : quelles sont les zones d'habitat résidentiel situées à moins de 200 mètres d'une autoroute ?). Les fonctions d'analyse spatiale fournies par les *SIG* sont principalement l'inclusion, l'intersection de surfaces, le calcul de distances et de surfaces, la création de *zone tampon*. L'analyse spatiale peut revêtir différentes formes : modélisation graphique, approches systémiques formalisées mathématiquement dans des modèles ou réduites à de simples relations, statistiques spatiales (forme la plus courante qui montre que l'analyse quantitative n'est pas complètement disjointe de l'analyse spatiale). L'analyse spatiale des risques est l'un des domaines d'application des *SIG*, qui permettent d'établir des cartes d'exposition aux risques, des cartes de vulnérabilité, de probabilité ou d'intensité du risque, utiles pour la prévision, la gestion et la prévention.

attribut : valeur qui renseigne sur une *entité* (*objet géographique*) ou une relation (entre deux objets). Chaque attribut correspond à un champ dans la *base de données* (ou table). Les attributs concernent en général le nom de l'entité, son code, ses *coordonnées géographiques*, sa surface, ses caractéristiques. Un *SIG* stocke les attributs dans des bases de données et les lie aux *objets géographiques* sur la carte.

base de données : ensemble structuré de données, qui permet de gérer le stockage et l'accès aux *données géographiques*. Les données sont stockées dans des tables sous forme de lignes et de colonnes, où chaque ligne correspond à une seule *entité*. L'interrogation de données se fait au moyen de *croisements* et de *requêtes* sur leurs *attributs*.

carte : représentation fondée sur un langage, caractérisé par la construction d'une image analogique d'un espace. La carte constitue un système sémiotique complexe, mêlant des éléments de langage graphique et des éléments de langage verbal.

cartographie interactive sur Internet (en anglais *webmapping*) : ensemble de techniques permettant de consulter, éditer, traiter, télécharger des cartes et des données numériques sur Internet. Cela va de simples sites de consultation (du type atlas en ligne) à des serveurs d'applications cartographiques, en passant par des serveurs de données (du type fournisseurs de données) et des *SIG* en ligne. L'essor rapide des technologies de type web 2.0 permet de déporter les outils et les ressources géomatiques et de faciliter l'accès à l'*information géographique.* Les *globes virtuels* constituent un exemple typique de cette nouvelle cartographie sur Internet.

cartographie numérique : désigne au sens large tous les types de techniques cartographiques utilisant un système de traitement automatique de l'information, comportant un ordinateur et généralement des périphériques spécialisés. Elle comprend les outils de *cartographie thématique,* mais aussi les cartes numériques sur Internet ou sur CD-ROM…

cartographie thématique : forme de cartographie sur ordinateur utilisant des informations quantitatives (statistiques) ou qualitatives, stockées dans des *bases de données* et permettant de réaliser rapidement (d'où le terme de cartographie automatique) des documents cartographiques en choisissant la *discrétisation* et la *symbolisation*. Les SIG comportent à la fois des fonctions d'analyse thématique et des fonctions d'*analyse spatiale.*

classe : groupe ou catégorie de valeurs attributaires. La détermination de classes est à la base de la *discrétisation* et détermine en grande partie la légende en *cartographie thématique*.

coordonnées géographiques : les coordonnées géographiques x et y correspondent à la latitude et à la longitude d'un objet géographique et servent à la *géolocalisation* et au *géoréférencement* sur une carte.

couches : ensemble de données organisées sous forme de plan d'information et regroupées par thèmes ou éléments géographiques de même type (routes, parcelles, communes, …)

couverture : pour une zone déterminée, ensemble des *données* saisies afin d'en obtenir une représentation. Par exemple, la BD carto de l'IGN offre une couverture de l'ensemble du territoire français.

croisement spatial : processus qui consiste à croiser des *couches* (thèmes) de *données géographiques* occupant le même espace dans le but d'étudier les relations qui existent entre ces données. On distingue les croisements « verticaux » (du type superposition) et les croisements horizontaux (du type *zone tampon*)

discrétisation : manière de fixer des seuils et de déterminer des classes dans des séries statistiques, afin de faire apparaître des typologies ou des classements en légende.

discrimination : manière d'isoler des *entités géographiques* soit en sélectionnant des entités spatiales directement sur la carte, soit à partir de requêtes spatiales ou attributaires. A distinguer de la *discrétisation*.

données géographiques : informations renseignant sur les objets observés à la surface de la Terre, comprenant leur position géographique (*coordonnées*), leurs formes (données géométriques), leurs caractéristiques (*attributs)*, et leur description (*métadonnées*). Même si elle est souvent élaborée et mise en forme, la donnée est descriptive alors que l'*information géographique* relève déjà du choix et de l'interprétation par son utilisateur.

échelle : rapport entre la distance mesurée sur la carte et la distance réelle mesurée sur l'espace terrestre. Sur un écran d'ordinateur, l'échelle est souvent confondue avec le zoom qui sert à agrandir ou à réduire l'image cartographique. Le niveau de précision d'une carte (même numérique) n'est pas donné seulement par le fait de rapprocher le regard, mais par le niveau d'échelle auquel ont été cartographiées les données et par le degré de résolution de l'image.

entité géographique : phénomène repérable au sol, par l'intermédiaire des sens ou sans eux, et pouvant être représenté sur une carte. L'entité géographique est au stade de notion, alors que l'*objet géographique* en est sa représentation.

fouille de données (en anglais *data mining*) : consiste à extraire des informations ou des connaissances originales, auparavant inconnues, potentiellement utiles à partir de gros volumes de données stockés dans les *SIG*. Cette fouille de données peut être visuelle (*visual data mining*) et faire appel également à l'*analyse spatiale.*

géocodage : traitement qui consiste à attribuer des coordonnées x et y à des *données,* qui ne sont pas au départ dans un format spatial (par exemple le géocodage d'adresses postales)

géolocalisation : processus qui consiste à localiser de manière qualitative un lieu (par exemple par le nom ou par l'adresse), sans forcément avoir recours au géoréférencement. Avec les satellites ou les bornes radios terrestres, la plupart des outils de géolocalisation ont recours aujourd'hui à un *système de référence spatial* précis.

géomatique : terme apparu au Canada dans les années 1960, afin de désigner l'utilisation des technologies numériques pour acquérir, traiter, visualiser et communiquer l'*information géographique.* Assez proche des métiers de la cartographie et des sciences d'observation de la Terre, la géomatique tend aujourd'hui à s'ouvrir aux sciences humaines et sociales. Elle débouche sur un grand nombre d'applications, qui dépassent le champ de la géographie, dans le domaine de l'aménagement, de l'urbanisme, du géomarketing, de

l'histoire, de l'archéologie… La géomatique comprend une panoplie d'outils, dont les *Systèmes d'Information Géographique* (SIG), mais également les *bases de données* à références spatiales, les systèmes de *télédétection* et de modélisation numérique, les outils de localisation et de navigation en deux ou trois dimensions (*cartographie sur Internet),* les environnements virtuels (*globes virtuels)*…. L´outil central et fédérateur de la géomatique est le *Système d'Information Géographique* (SIG). Dans la mesure où la géomatique désigne plus globalement l'association de la géographie et de l'informatique, on peut également y inclure les outils de *cartographie numérique*. Pour certains auteurs, l'association elle seule de la géographie et de l'informatique n'est pas suffisante pour définir la géomatique, c'est l'association pour une finalité et avec des méthodes dans un projet qui fonde la problématique.

géoréférencement : processus qui consiste à établir les *coordonnées géographiques* x et y, c'est-à-dire la position exacte en latitude et en longitude d'un objet géographique sur une carte, en fonction d'un *système de référence spatial*. Le géoréférencement est indispensable pour caler des *couches* d'information ou pour superposer de nouvelles *données*.

géovisualisation : terme polysémique désignant au départ la *visualisation* de données géospatiales. La géovisualisation désigne par extension toutes les formes d'exploration et d'expériences visuelles rendues possibles par les outils géomatiques, en rendant par exemple visible ce qui ne l'est pas ou en explorant le réel sous différents angles (par exemple avec les progrès de l'imagerie numérique et la visualisation de données scientifiques). Pour certains auteurs, la géovisualisation renvoie à des formes de traitement de l'*information géographique* et interroge globalement la manière de construire des connaissances à partir de données géospatiales.

globes virtuels : ces nouveaux outils de *cartographie interactive sur Internet* se présentent sous la forme de globes en trois dimensions permettant de naviguer dans des cartes et des images à très haute *résolution*. Ils résultent de la convergence entre plusieurs phénomènes : l'essor des moteurs de recherche qui permettent de localiser l'information, les progrès de la *télédétection* qui permettent une *couverture* en images numériques de l'ensemble de la Terre, la volonté de rendre l'*information géographique* disponible pour le

citoyen, le développement de nouvelles technologies cartographiques sur Internet, l'explosion des services liés à la *géolocalisation*... Comme les *SIG*, les globes virtuels superposent des *couches* d'information *géoréférencées* et permettent de varier les échelles d'analyse. Mais ils constituent essentiellement des outils de *géovisualisation*, permettant peu de *traitement thématique* ou d'*analyse spatiale*.

GPS *(Global Positioning System)* **:** système permettant de déterminer la position de points à partir de l'observation des signaux radio émis par des satellites. Les appareils de réception GPS donnent les *coordonnées géographiques* et l'altitude d'un point, mais peuvent comporter aussi des fonctions de calcul d'itinéraire et de repérage cartographique. Ils sont utilisés dans les nombreux domaines d'activités ayant recours à la *géolocalisation* et à la navigation.

image aérienne *:* image issue de données enregistrées par photographie aérienne et permettant une lecture directe des informations (contrairement à l'image-satellite). L'image aérienne est intégrée dans un SIG sous la forme d'*orthophotographie*.

image-satellite (ou image satellitale) : image issue de données numériques enregistrées par des capteurs à bord d'un satellite. Il ne s'agit pas de photographies mais d'images en compositions colorées prises par des capteurs, avec différentes longueurs d'ondes radiométriques. Les images satellitales nécessitent des outils de traitements pour être lues et interprétées correctement (traitements numériques, photo-interprétation). L'usage des moyens de *télédétection* suppose d'en connaître les moyens de production et ne dispense pas de recourir en parallèle à d'autres images plus traditionnelles.

information géographique : information déduite à partir de *données* à référence spatiale. L'information relève de la signification attribuée à des *données*, dans un contexte précis et en fonction du cadre de référence utilisé.

interface graphique : mode d'affichage à l'écran permettant à l'utilisateur de visualiser des informations à l'aide de fenêtres.

jeu de données : série de *données* sous forme de fichiers informatiques regroupés, afin d'en faciliter la diffusion et la consultation.

métadonnée : donnée qui renseigne sur la nature de certaines autres *données* et qui permet ainsi leur utilisation pertinente (par exemple le système de projection de la carte, la date et la source de l'image, l'origine et la base de recensement de données statistiques…).

mode vecteur : la forme des objets surfaciques est décrite par leurs limites. Ce mode de représentation cartographique est constitué essentiellement de points, de lignes, de polygones.
Le mode vecteur permet d'affecter des valeurs attributaires à chaque *objet géographique* et de conserver une grande précision d'*affichage*, quel que soit le *zoom*. On peut décider de vectoriser des données *rasters* si l'on souhaite conserver uniquement une limite ou un tracé (par exemple des limites de communes à partir d'un atlas).

mode raster ou **mode image** (pixel): il résulte de l'agrégation de pixels contigus de même valeur (ou couleur sur une image). On peut décider de rastériser des données *vecteurs* si l'on veut s'abstraire des limites géographiques et pouvoir mesurer des phénomènes continus (par exemple la diffusion d'un nuage toxique sur plusieurs régions).

modèle numérique de terrain (M.N.T) : permet de représenter le relief (x, y et z = latitude, longitude, altitude), en donnant à chaque point d'un quadrillage l'altitude du point correspondant sur le terrain. L'usage d'un MNT permet de draper une image sur un relief (2D et demi) ou de créer des environnements virtuels en trois dimensions (vraie 3D).

modélisation : terme polysémique partagé par toutes les disciplines. En géographie, le modèle est une représentation de la réalité, élaborée en vue de la comprendre et de la faire comprendre. Dans un *SIG*, la modélisation intervient à plusieurs niveaux : dans le modèle de structuration des *données* (modèle relationnel, orienté objet, *vectoriel*/*raster*), dans le modèle de traitement de l'*information* (modèle de traitement statistique, modèle d'*analyse spatiale*), dans le modèle de fonctionnement d'un système spatial (modèle de diffusion, de ségrégation…), dans le modèle de compréhension (divers modèles géographiques), etc.

Il est souvent nécessaire de recourir à des outils de modélisation ou de simulation hors du SIG pour rendre plus efficace le travail de modélisation.

objet géographique : phénomène modélisé à des fins de représentation cartographique. L'objet géographique s'exprime par le *point*, la *ligne* et la *surface* ou par une combinaison de ceux-ci.

orthophotographie : *image aérienne* sur laquelle ont été corrigées les déformations dues au relief du terrain, à l'inclinaison de l'axe de prise de vue et à la distorsion de l'objectif. Une fois orthorectifiée, l'orthophoto est *géoréférencée* pour être insérée comme couche *raster* dans un *SIG*.

requêtes : mode d'interrogation pour sélectionner des objets à partir d'une *base de données* (requêtes attributaires) ou à partir de la carte (requêtes spatiales). Les requêtes attributaires obéissent à un langage structuré d'interrogation de données, avec des opérateurs logiques (<, >, =) et mathématiques (+, –, x, :). Les requêtes spatiales reposent sur la sélection d'*objets géographiques* à partir de leurs caractéristiques *topologiques* et sont utilisées pour l'*analyse spatiale*.

résolution : taille du plus petit *objet géographique* représenté sur une carte ou une image. La résolution d'une image donne la précision de l'*information géographique* qu'elle représente

scan 50, scan 25 : carte topographique (du type IGN) au 1/50 0000 ou 1/25 000 numérisée et *géoréférencée,* afin de servir de couche *raster* dans un *SIG* pour permettre le repérage géographique.

superposition (en anglais *overlay*) : elle permet de superposer différentes couches d'information et de mettre en relation des informations issues de sources variées et a priori incompatibles (recensement, télédétection, relevés de terrain etc.) et de nature différente (réseau routier, parcellaire, bâti,….). La superposition est l'opération de *croisement* « vertical » la plus courante.

symbolisation : choix des symboles cartographiques sur une carte (taille, couleurs et textures des figurés). Cette symbolisation peut s'effectuer en fonction des *classes* choisies lors d'une *discrétisation*.

système d'information géographique (S.I.G, en anglais *G.I.S***)** : un SIG permet la saisie, le stockage, le traitement, la visualisation et la diffusion de l'*information géographique*. Par rapport aux autres outils géomatiques, le SIG se caractérise par son approche multi-couche et multisclaire permettant le *croisement* d'*informations géographiques.* Un SIG ne se réduit pas à un environnement informatique. Il combine des ressources de nature différente : une *base de données* (organisée en fonction d'objectifs bien précis), des outils matériels et logiciels pour organiser ces *données* en système d'information, un ensemble de compétences, de procédures et de méthodes pour traiter ces *information*s. Au delà de la simple gestion, le SIG permet de répondre à un problème posé sur un territoire et de mettre en évidence le fonctionnement de systèmes spatiaux. Il permet le *traitement* d'informations très diverses (cartes, images, statistiques, textes), l'*analyse spatiale*, la modélisation et la simulation en testant des hypothèses.

système de projection : système permettant de représenter sur une surface plane une partie de la surface de la Terre. Le choix d'une projection est essentiel pour des opérations de *géoréférencement* ou de *géolocalisation*.

système de référence spatial : système permettant la représentation de la Terre et de sa surface. Il comprend le référentiel géodésique qui situe et oriente la Terre dans l'espace, l'ellipsoïde qui modélise la Terre sous la forme d'un volume de révolution (sphère aplatie) et le *système de projection* qui exprime mathématiquement la position sur une carte plane de tout point de la surface étudiée de la Terre.

technologies de l'information géographique : ensemble de technologies utilisées pour la saisie, le stockage, le traitement, la visualisation et la diffusion de l'*information géographique*. Souvent utilisé de manière proche avec les termes *géomatique* ou *Systèmes d'Information Géographique*, le terme a l'avantage de mettre l'accent sur les enjeux et la

place actuelle de l'information géographique numérique, en les replaçant dans le cadre général des technologies de l'information et de la communication au sein de la société de l'information.

télédétection : ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer, au moyen de mesures effectuées à distance, les caractéristiques physiques et biologiques des phénomènes. Les *images satellitales* et les *images aériennes* font partie de la télédétection.

thème : ensemble d'*entités géographiques* apparentées (voies, parcelles, rivières, …) et les *attributs* (caractéristiques) de ces entités. Dans un SIG, on représente en général un thème par une *couche* d'information.

topologie : étudie la partie géométrique de l'*information géographique*. Au sens mathématique, du terme, cela concerne les propriétés topologiques d'adjacence, de superposition, d'intersection, d'inclusion, de voisinage. Un certain nombre d'opérateurs géométriques ou topologiques permettent de travailler sur les objets spatiaux eux-mêmes, qu'ils appartiennent ou non à une même *couche*.

traitement : ensemble des opérations qu'un ordinateur peut effectuer sur des données ou des images numériques. Le traitement de données correspond à une étape importante dans la chaîne de traitement de l'*information géographique (*acquisition, transformation, visualisation, diffusion). Le traitement vise à transformer ou adapter l'information avant de la visualiser ou de la diffuser.

visualisation : terme polysémique qui désigne au départ le processus de perception par l'œil d'une carte ou d'une image *affichée* à l'écran. Dans un SIG, la visualisation est souvent présentée comme une étape spécifique dans la chaîne de traitement de l'*information géographique* : après l'intégration, l'exploration et l'interrogation des *données*, la visualisation intervient en aval, quand on est à la recherche d'un rendu graphique plus ou moins élaboré et définitif. La visualisation peut intervenir en fait à toutes les étapes du traitement de l'information et donner lieu au développement d'une pensée

visuelle (« *visual thinking* »). Aujourd'hui la recherche s'intéresse de plus en plus aux processus cognitifs mis en jeu dans les démarches de *géovisualisation*.

zone tampon (en anglais *buffer*) : c'est une zone mesurée à partir d'un point, d'une ligne ou d'un polygone. La zone tampon s'obtient par sélection d'un voisinage, qui permet d'évaluer les caractéristiques de différents environnements d'un objet spatial donné. Elle correspond à l'opération de *croisement* « horizontal » la plus courante.

zoom : coefficient de réduction ou d'agrandissement, qui permet d'afficher une *carte* ou une image, de manière à la visualiser ou à la focaliser à l'écran d'un ordinateur. Le coefficient de zoom sert à la visualisation d'un image ou d'une carte numérique, il ne se confond pas avec le rapport d'*échelle*, même s'il intervient pour le modifier.

TABLE DES MATIERES

RESUME **5**

SOMMAIRE **6**

AVANT-PROPOS **8**

La géographie par le détour de la cartographie numérique **8**

Un itinéraire de recherche **11**

Le choix d'une posture de recherche **12**

INTRODUCTION **22**

PREMIERE PARTIE : LA GEOMATIQUE EN CLASSE : ENTRE ENJEUX THEORIQUES ET PRATIQUES SCOLAIRES **29**

1. Questions et hypothèses de recherche **29**

1.1 Contexte et problématique 29

1.2 Les hypothèses de recherche 30

1.3 Une approche nécessairement pluridisciplinaire 32

2. L'approche par les usages des technologies de l'information et de la communication (TIC) **33**

2.1 Utilisation, usage ou pratique : vers une scolarisation des usages 33

2.2 De la « logique de l'usage » à la « genèse instrumentale » 38

2.3 Des usages en question : la fin de l'illusion technologique ? 39

3. L'approche par les pratiques cartographiques **42**

3.1 Des pratiques cartographiques hétérogènes et souvent ritualisées 42

3.2 Du statut de la carte, du croquis et du schéma dans l'enseignement de la géographie 49

3.3 La carte numérique, comme outil de visualisation et de traitement de l'information 53

3.4 Le SIG, un nouvel outil d'investigation pour penser l'espace ? 60

4. L'approche par l'épistémologie et la didactique de la géographie **63**

4.1 Une géographie scolaire entre plusieurs pôles de légitimation 63

4.2 Du modèle disciplinaire à la construction d'un rapport au monde : un problème de posture épistémique ? 67
4.3 Favoriser le raisonnement géographique par de nouvelles démarches : démarche systémique, apprentissage de la complexité et résolution de problème 75
4.3.1 De la démarche systémique en lien avec la complexité du réel 76
4.3.2 Des formes du « raisonnement géographique » : entre démarches inductives et démarches hypothético-déductives 80
4.3.3 De la résolution de problème 84
5. L'approche par la cognition spatiale et le rapport entre image et espace 86
5.1 La carte numérique comme double « artefact cognitif » 87
5.2 De l'image de l'espace à l'espace de l'image : image cartographique à l'écran et processus d'iconisation 91
5.3 « Pensée visuelle » et géovisualisation des phénomènes géographiques 97
6. L'approche par le traitement de l'information géographique 103
6.1 Donnée, information ou connaissance ? 103
6.2 Les étapes de traitement de l'information dans un SIG 107
6.3 Traitement *versus* visualisation de l'information ? 108
Résumé et synthèse de la Partie I : La cartographie numérique et les SIG : un impensé de la géographie scolaire ? 111
DEUXIEME PARTIE : INTEGRER LA GEOMATIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA GEOGRAPHIE : QUELS USAGES POUR QUELLES FINALITES ? 114
7. Des usages et caractères principaux des outils géomatiques 114
7.1 SIG, géomatique, information géographique : des questions uniquement de terminologie ? 114
7.2 Les fonctions principales d'un SIG 116
7.3 Vers une culture de l'information géographique ? 119
8. L'explosion des usages sociaux de la géomatique 121
8.1 Le développement rapide de la géomatique auprès du grand public et du public professionnel 121
8.2 Un regain de réflexion sur la carte et ses usages sociaux 123

9. Le développement relatif des usages scolaires de la géomatique 126

9.1 Des usages géomatiques difficiles à appréhender et encore en construction..... 126
9.2 Un état des pratiques géomatiques dans l'enseignement secondaire (d'après les résultats d'une enquête INRP réalisée en 2007) 130
9.3 Quelques retours d'usage, mais peu de réflexion sur les enjeux de ces outils dans l'enseignement de la géographie..... 148

10. Approche comparative avec d'autres pays 149

10.1 Comparaison avec les Etats-Unis..... 149
10.2 Comparaison avec quelques pays européens 157

11. Le débat sur l'intérêt des outils géomatiques..... 164

11.1 Par rapport aux finalités des TIC à l'école..... 164
11.2 Par rapport aux modes d'apprentissage 169
11.3 Par rapport à la géographie comme discipline scientifique 172
11.4 Par rapport aux finalités de la géographie scolaire 175
11.5 Par rapport à la « citoyenneté » et au socle de compétences 181

Résumé et synthèse de la Partie II : vers des usages spécifiques de la géomatique au service d'une nouvelle éducation géographique 184

TROISIEME PARTIE : CONCEPTION ET EXPERIMENTATION D'UN OUTIL GEOMATIQUE POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA GEOGRAPHIE 186

12. GéoWebExplorer : une plate-forme SIG pour enseigner la géographie 187

12.1 Pourquoi une plate-forme collaborative sur Internet ?..... 187
12.1.1 Des premiers résultats d'une expérimentation pédagogique… 187
12.1.2 …à la conception d'une plate-forme SIG pour l'éducation et la formation..... 192
12.2 Un système d'activités organisé en « tutorats »..... 195
12.2.1 Qu'est-ce qu'un tutorat ? 196
12.2.2 Le tutorat conçu par l'enseignant ou le formateur..... 197
12.2.3 Le tutorat utilisé par les élèves 201

13. La mise en place d'un protocole d'expérimentation 203

13.1 Méthodologie d'ingénierie didactique 203
13.2 Choix des scénarios pédagogiques..... 205

13.3 Méthodes de recueil des données 206
14. Le test de nouvelles démarches d'apprentissage 211
14.1 Utiliser un SIG pour résoudre un problème d'actualité : étude de cas sur le cyclone Katrina 212
14.2 Utiliser un SIG pour une démarche d'investigation sur le terrain : étude de cas sur le SAGE de la basse vallée de l'Ain 222
14.3 Utiliser un SIG pour discuter un modèle (centre/périphérie) : étude de l'organisation spatiale de l'Europe 229
14.4 Utiliser un SIG pour une approche géohistorique : l'enracinement de la République dans le département de la Loire à la fin du XIXe siècle 238
15. Le point de vue des utilisateurs 244
15.1 Le point de vue des enseignants 244
15.2 Le point de vue des élèves 248
16. Bilan global des expérimentations dans le secondaire 251
17. Perspectives d'évolution de la plate-forme pédagogique 258
17.1 Retours d'expérience sur un environnement SIG conçu pour l'enseignement et l'apprentissage 258
17.2 Vers une plate-forme éducative de travail géocollaboratif 260
Résumé et synthèse de la Partie III : Intérêt des SIG éducatifs pour l'enseignement et pour la formation 265
CONCLUSION ET PERSPECTIVES 268
BIBLIOGRAPHIE 275
GLOSSAIRE 294
TABLE DES MATIERES 306
TABLE DES FIGURES 310
TABLE DES ANNEXES 313

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : La leçon de géographie en avion selon L. Cuban (1986) 41

Figure 2 : Les statuts sémiotiques d'une carte selon Fontanabona (2001, p 44)..... 61

Figure 3 : Le nouveau paradigme de la cartographie selon MacEachren (1994)..... 101

Figure 4 : Le paradigme des SIG selon Thériault (1995)..... 104

Figure 5 : Schéma procédural d'un système d'information selon Le Moigne (1973)..... 105

Figure 6 : Etapes de traitement de l'information dans un SIG pédagogique..... 107

Figure 7 : Démarche habituelle de recherche avec un SIG (Dumolard, 2006) 109

Figure 8 : Usages « privés » des outils géomatiques (enquête INRP, 2007)..... 132

Figure 9 : Le succès des « globes virtuels » grand public sur Internet (enquête INRP, 2007)..... 134

Figure 10 : Une moindre utilisation des outils de type « professionnel » (enquête INRP, 2007)..... 135

Figure 11 : Des usages orientés vers l'exploration visuelle (enquête INRP, 2007)..... 136

Figure 12 : Typologie des usages : visualisation - traitement - édition (enquête INRP, 2007)..... 138

Figure 13 : Profils d'usages par discipline (Histoire-Géographie - Sciences de la Vie et de la Terre) 140

Figure 14 : Utilisateurs de Google Earth et de SIG : profils d'usages par population obtenus par tris croisés (enquête INRP, 2007) 141

Figure 15 : Les difficultés exprimées par les enseignants (enquête INRP, 2007)..... 144

Figure 16 : Référentiel de compétences SIG (Houtsonen, 2006). Source : Research and Training Section of the Finnish GIS Advisory Board (2005) 160

Figure 17 : Décalage entre l'intérêt et la fréquence d'utilisation de ressources *géomedia* (Klein, 2005, p 196)..... 163

Figure 18 : Approche modulaire du jeu de données SIG sur Miribel-Jonage 191

Figure 19 : Avantages et inconvénients d'une plate-forme SIG en ligne..... 193

Figure 20 : L'interface du tutorat vue par l'enseignant (GéoWebExplorer) 198

Figure 21 : Conception et gestion des tutorats par l'enseignant (GéoWebExplorer)..... 199

Figure 22 : L'interface du tutorat vue par l'élève (GéoWebExplorer)..... 201

Figure 23 : Visualisation des résultats d'élèves (GéoWebExplorer)..... 203

Figure 24 : L'impact du cyclone Katrina à différentes échelles..... 215

Figure 25 : Erreurs de localisation liées aux problèmes d'observation visuelle ou au manque de vocabulaire géographique (tutorat sur Katrina) 219

Figure 26 : Exploration visuelle et sélection des couches pertinentes pour établir des facteurs explicatifs (tutorat sur Katrina)..... 220

Figure 27 : Interrogation des données sous forme de requêtes attributaires et réponse au problème posé sous forme de carte (tutorat sur Katrina)..... 222

Figure 28 : Etude de cas sur le SAGE Ain - Prise en main de GéoWebExplorer, un QCM simple, peu d'outils, peu de couches (tutorat n°1) 224

Figure 29 : Tutorat sur le SAGE Ain – Plus d'outils, plus de couches et des questions ouvertes (tutorat n°2)..... 224

Figure 30 : Etude de cas sur le SAGE Ain – Jeu de rôle : pour ou contre l'accord de permis de construire, en fonction de l'exposition au risque inondation ? (tutorat n°3) 225

Figure 31 : Etude de cas sur le SAGE Ain – Les élèves donnent une réponse à la demande de permis de construire et joignent une carte pour justifier la décision prise au nom du maire de la commune (tutorat n°3) 226

Figure 32 : Etude de cas sur le SAGE de la basse vallée de l'Ain : la sortie de terrain pour confronter la carte et le réel (tutorat n°3) 227

Figure 33 : Inégalités régionales et étapes d'élargissement de l'Union européenne..... 234

Figure 34 : Analyses thématiques sur les régions et métropoles européennes : à la recherche d'une « dorsale » européenne..... 236

Figure 35 : Les transports transalpins et le projet de liaison Lyon-Turin 238

Figure 36 : « *Le parti républicain vous a envoyé dans la Loire en 1877 pour accroître les idées républicaines…* » (tutorat sur la politisation des campagnes au XIXe siècle) 241

Figure 37 : Comparaison du score électoral des républicains en 1876 à l'échelle municipale et à l'échelle cantonale (tutorat sur la Loire au XIXe siècle) 242

Figure 38 : Zones-tampons pour s'affranchir des limites de circonscriptions électorales (tutorat sur la Loire au XIXe siècle) 243

Figure 39 : Lecture *verticale* et lecture *horizontale* au sein d'un SIG (source : Van der Schee, 2007) 266

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1

Les caractéristiques essentielles d'un SIG…….……314

Le SIG didactique : entre approche instrumentale et approche pédagogique……..……..315

ANNEXE 2

Eléments distinctifs et fonctionnalités de base d'un SIG……...…316

ANNEXE 3

Les usages d'un SIG……..….318

ANNEXE 4

Les types d'images intégrables dans un SIG……..319

ANNEXE 5

Résultats de l'enquête INRP (2007) sur les usages géomatiques dans l'enseignement de l'histoire-géographie et des sciences de la vie et de la Terre……...….320

ANNEXE 6

La structuration du SIG didactique construit à partir de l'exemple du parc nature de Miribel-Jonage (près de Lyon)……...336

ANNEXE 7

Grille de scénario pédagogique GéoWebExplorer……..…...340

ANNEXE 8

Questionnaire élève concernant les séances conduites sur la plate-forme SIG GéoWebExplorer……....342

ANNEXE 9

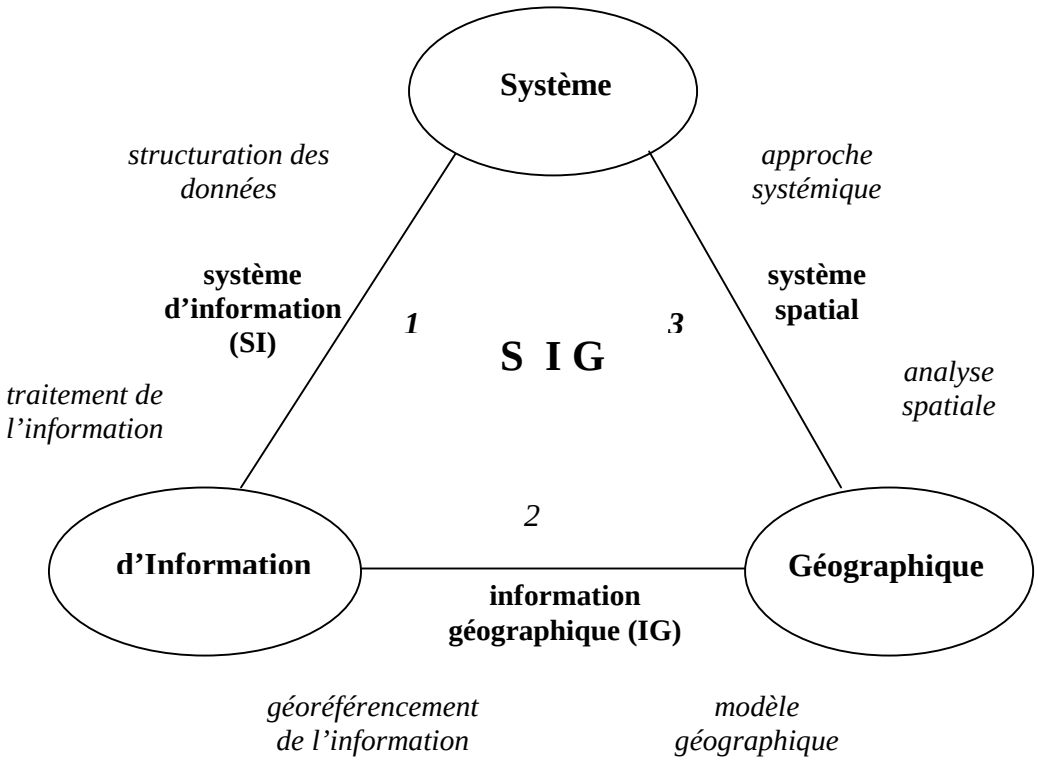
Transcription d'un entretien semi-directif avec une enseignante ayant conduit des séances informatiques sur les globes virtuels et sur la plate-forme GéoWebExplorer ……..347

ANNEXE 10

« *Raisonner en géographie, pour vous c'est…* »……...356

ANNEXE 1

Les caractéristiques essentielles d'un SIG

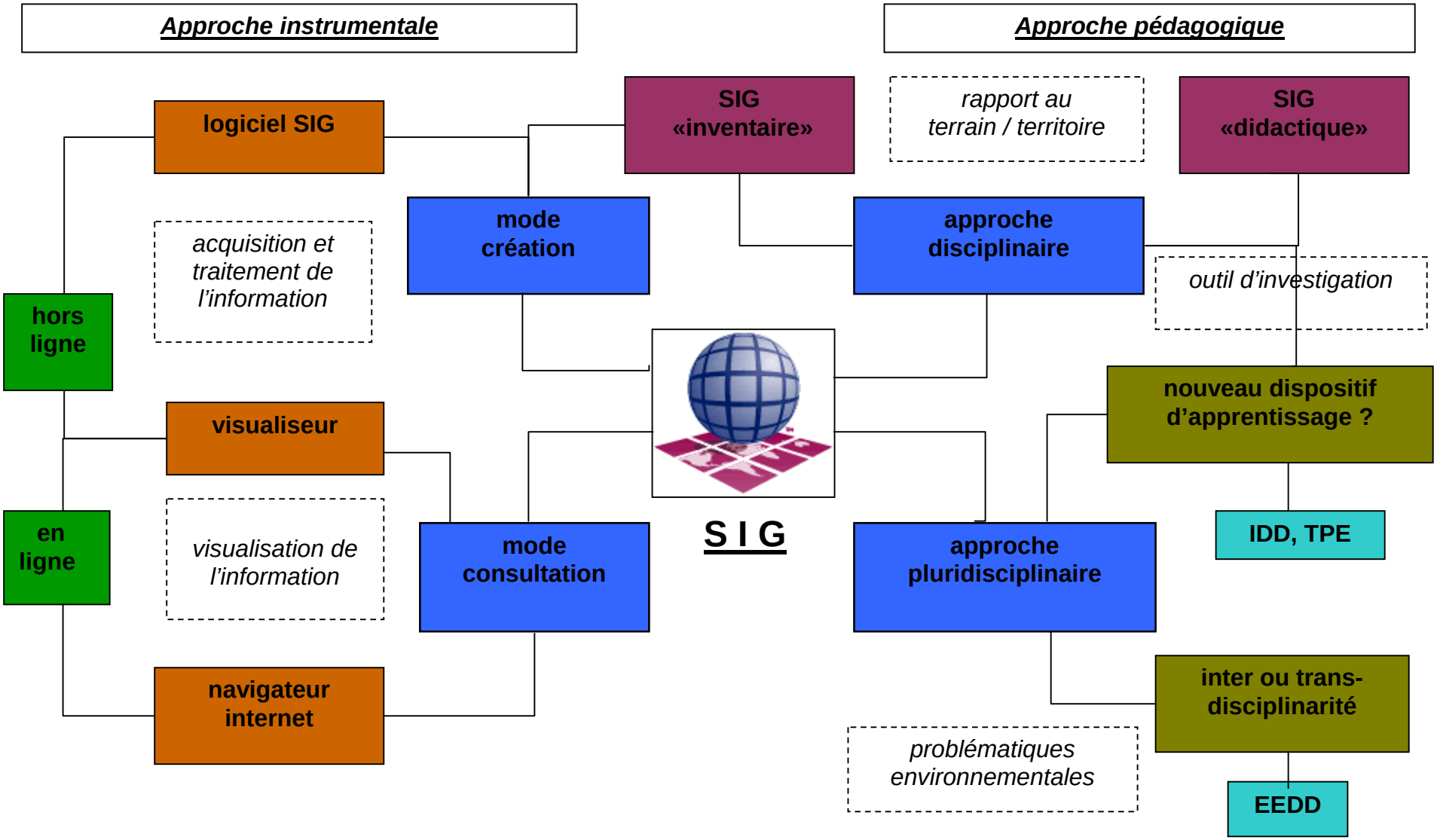


1 : passage de la donnée (brute) à l'information (traitée)

2 : passage de l'information au savoir (géographique)

3 : passage de l'approche systémique à l'analyse spatiale

Le SIG éducatif : entre approche instrumentale et approche pédagogique



ANNEXE 2

Eléments distinctifs et fonctionnalités de base d'un SIG

Quatre éléments distinctifs

- Le géoréférencement des données
- La visualisation multicouche (couches vecteur et couches raster)
- L'approche multiscalaire (zoom et emboîtement d'échelles)
- Les requêtes attributaires et spatiales

Cinq fonctionnalités de base

- *La fonction de saisie ou acquisition des données*
- *La fonction de gestion, organisation et structuration des données*
- La fonction d'analyse, combinaison et synthèse de données
- La fonction d'affichage et de présentation des données
- La fonction d'interrogation et consultation des données

Potentiellement toutes ces fonctionnalités sont mobilisables, mais nous avons privilégié les trois dernières fonctions dans le cadre de SIG éducatifs

ANNEXE 3

Les usages d'un SIG

La multiplicité des domaines d'adaptation :

On peut distinguer trois grands types d'utilisation :

- **La recherche** : inventaire, identification d'organisations complexes (comme les problèmes d'environnement)
- **La gestion** : comme par exemple :
  - celle des territoires par les collectivités (cadastre, PLU, élections…)
  - celle des réseaux et des flux (navigation embarquée)
  - celle des espaces productifs (forêts, cultures…)
- **L'aménagement** : aide à la décision pour des travaux à réaliser

Un nouvel usage : l'enseignement et la formation, mais une nécessaire adaptation...

ANNEXE 4

Les types d'images intégrables dans un SIG

Selon un ordre d'iconicité décroissante (ou d'abstraction croissante) :

- Images photographiques,
- Photos aériennes et/ou images satellitales,
- Cartes topographiques à différentes échelles,
- Cartes thématiques (images produites par des traitements à partir de la base de données),
- Croquis et schémas (images produites par l'utilisateur),
- Modèles numériques (dont ceux « de terrain » en 3D).

Un apprentissage par l'image ?

Malgré les risques de dérive vers un « *tout-image* », le SIG reste tributaire d'une triple intentionnalité :

- celle du concepteur qui intègre et structure les données
- celle de l'enseignant qui organise les activités sur lesquelles les élèves vont travailler
- celle des élèves qui auront à résoudre une « situation-problème ».

ANNEXE 5

Résultats de l'enquête INRP (2007) sur les usages géomatiques dans l'enseignement de l'histoire-géographie et des sciences de la vie et de la Terre

Les tableaux présentés ci-dessous donnent les résultats pour l'ensemble de la population ainsi que les résultats distinguant les enseignants d'histoire-géographie et les enseignants des sciences de la vie et de la Terre. Les non-réponses sont exclues pour le calcul des proportions. Lorsqu'une question est à choix multiples, le cumul des proportions de réponses peut dépasser 100 % dans la mesure où il est égal au rapport nombre de réponses sur nombre de répondants à la question, de sorte que pour une modalité de réponse, nous connaissons la part des individus ayant donné cette réponse.

A- Echantillon et caractéristiques des répondants

1. Enseignant

	Effectifs	%
Oui	862	100,0%
Total	862	

2. Discipline *(deux réponses possibles)*

	Effectifs	%
Les sciences de la vie et de la Terre	430	49,9%
L'histoire-géographie	432	50,1%
Une autre discipline	43	5,0%
Total	862	105,0%

Interrogés : 862 / Répondants : 862 / Réponses : 905

3. Métier *(plusieurs réponses possibles)*

	Effectifs	% (NR exclues)
Non réponse	7	-
Biologiste	382	44,7%
Géologue	230	26,9%
Historien	332	38,8%
Géographe	153	17,9%
Total	862	127,3%

Interrogés : 862 / Répondants : 855 / Réponses : 1097

4. Académie

	Effectifs	% (NR exclues)
Non réponse	1	-
AIX-MARSEILLE	26	3,0%
AMIENS	13	1,5%
BESANCON	25	2,9%
BORDEAUX	19	2,2%
CAEN	17	2,0%
CLERMONT-FERRAND	7	0,8%
CRETEIL	23	2,7%
DIJON	28	3,3%
GRENOBLE	51	5,9%
GUADELOUPE	9	1,0%
GUYANE	5	0,6%
LILLE	10	1,2%
LIMOGES	3	0,3%
LYON	46	5,3%
MARTINIQUE	2	0,2%
MONTPELLIER	44	5,1%
NANCY-METZ	22	2,6%
NANTES	23	2,7%
NICE	26	3,0%
ORLEANS-TOURS	150	17,4%
PARIS	9	1,0%
POITIERS	85	9,9%
REIMS	16	1,9%
RENNES	35	4,1%
REUNION	3	0,3%
ROUEN	19	2,2%
STRASBOURG	60	7,0%
TOULOUSE	33	3,8%
VERSAILLES	40	4,6%
AUTRE	12	1,4%
Total	862	100%

5. Sexe

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	7	-	-	-
Une femme	380	44,4%	40,4%	48,5%
Un homme	475	55,6%	59,6%	51,5%
Total	862	100%	100%	100%

6. Age

	Effectifs	% (NR exclues)	% cumulés
Non réponse	3	-	-
< 30 ans	142	16,5%	16,5%
30 à 40 ans	280	32,5%	49,1%
40 à 50 ans	254	29,5%	78,6%
50 à 60 ans	177	20,6%	99,3%
> 60 ans	6	0,6%	100%
Total	862	100%	

7. Stagiaire IUFM

	Effectifs	%
Oui	32	3,7%
Non	830	96,3%
Total	862	100%

8. Grade

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	2	-	-	-
Adjoint d'enseignement	9	1,0%	0,9%	1,2%
Agrégé	214	24,9%	19,7%	30,1%
Certifié et assimilé	602	70,0%	74,7%	65,3%
Contractuel enseignant	7	0,8%	0,5%	1,2%
Maître auxiliaire	9	1,0%	0,5%	1,6%
Professeur d'enseignement général de collège	6	0,7%	0,7%	0,7%
Autre	13	1,5%	3%	
Total	862	100%	100%	100%

9. Etablissements d'enseignements *(plusieurs réponses possibles)*

	Effectifs	%	Histoire-Géo	SVT
Collège	477	55,3%	54,6%	56,0%
Lycée général ou technique	415	48,1%	41,0%	55,3%
Lycée professionnel	47	5,5%	9,7%	1,2%
Lycée agricole	1	0,1%		0,2%
IUFM	30	3,5%	4,4%	2,6%
Université	8	0,9%	1,2%	0,7%
Autre	10	1,2%	1,6%	0,7%
Total	862	114,6%	112,5%	116,7%

10. Fonctions *(plusieurs réponses possibles)*

Au moins 65% des enseignants exercent une des fonctions citées (69% en HG et 61% en SVT).

	Effectifs	% (NR incluses)	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	299	34,7%	-	30,6%	38,8%
Maître de stage	189	21,9%	33,6%	22,7%	21,2%
Formateur IUFM	143	16,6%	25,4%	16,7%	16,5%
Concepteur de sujets d'examen ou de concours	162	18,8%	28,8%	21,8%	15,8%
Responsable de laboratoire/cabinet	395	45,8%	70,2%	47,9%	43,7%
Membre d'une équipe de recherche	107	12,4%	19,0%	13,7%	11,2%
Autre	104	12,1%	18,5%	15,0%	9,1%
Total	862	127,6%	195,4%	168,3%	156,3%

B- L'utilisation des outils numériques

11. a. Utilisation personnelle du GPS

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	54	-	-	-
Non	596	73,8%	75,1%	72,4%
Episodiquement	157	19,4%	18,9%	20,0%
Fréquemment	55	6,8%	6,0%	7,6%
Sous-total Oui	*212*	*26,2%*	*24,9%*	*27,6%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

11. b. Utilisation personnelle de sites ou logiciels de calcul d'itinéraires

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	3	-	-	-
Non	55	6,4%	8,6%	4,2%
Episodiquement	353	41,1%	42,4%	39,8%
Fréquemment	451	52,5%	49,1%	56%
Sous-total Oui	*804*	*93,6%*	*91,4%*	*95,8%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

11. c. Utilisation personnelle d'autres logiciels d'orientation

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	130	-	-	-
Non	598	81,7%	83,1%	80,3%
Episodiquement	79	10,8%	10,8%	10,8%
Fréquemment	55	7,5%	6,1%	8,9%
Sous-total Oui	*134*	*18,3%*	*16,9%*	*19,7%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

12. a. Utilisation avec les élèves du GPS

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	70	-	-	-
Non	714	90,2%	97%	83,3%
Occasionnellement	76	9,6%	3,0%	16,2%
Fréquemment	2	0,3%		0,5%
Sous-total Oui	*78*	*9,8%*	*3,0%*	*16,7%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

12. b. Utilisation avec les élèves de sites ou logiciels de calcul d'itinéraire

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	43	-	-	-
Non	678	82,8%	77,5%	88,4%
Occasionnellement	136	16,6%	21,8%	11,1%
Fréquemment	5	0,6%	0,7%	0,5%
Sous-total Oui	*141*	*17,2%*	*22,5%*	*11,6%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

12. c. Utilisation avec les élèves d'autres logiciels d'orientation

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	83	-	-	-
Non	668	85,8%	88,3%	83,2%
Occasionnellement	95	12,2%	10,6%	13,7%
Fréquemment	16	2,1%	1,0%	3,1%
Sous-total Oui	*111*	*14,2%*	*11,7%*	*16,8%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

13. a. Utilisation de Géoportail (IGN)

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	50	-	-	-
Non	199	24,5%	18,2%	31,1%
Seulement à titre personnel	377	46,4%	47,0%	45,8%
Occasionnellement avec les élèves	217	26,7%	31,7%	21,5%
Fréquemment avec les élèves	19	2,3%	3,1%	1,5%
Sous-total avec les élèves	*236*	*29,1%*	*34,8%*	*23,0%*
Sous-total Oui	*613*	*75,5%*	*81,8%*	*68,9%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

13. b. Utilisation de Google Earth ou Google Maps

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	15	-	-	-
Non	84	9,9%	9,6%	10,3%
Seulement à titre personnel	346	40,9%	38,3%	43,4%
Occasionnellement avec les élèves	342	40,4%	40,2%	40,6%
Fréquemment avec les élèves	75	8,9%	11,9%	5,7%
Sous-total avec les élèves	*417*	*49,2%*	*52,1%*	*46,3%*
Sous-total Oui	*763*	*90,1%*	*90,4%*	*89,7%*
Total	862	100 %	100%	100%

13. c. Utilisation de Virtual Earth (Microsoft)

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	165	-	-	-
Non	604	86,7%	82,1%	91,5%
Seulement à titre personnel	75	10,8%	14,8%	6,5%
Occasionnellement avec les élèves	16	2,3%	2,5%	2,1%
Fréquemment avec les élèves	2	0,3%	0,6%	
Sous-total avec les élèves	*18*	*2,6%*	*3,1%*	*2,1%*
Sous-total Oui	*93*	*13,3%*	*17,9%*	*8,5%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

13. d. Utilisation de World Wind (NASA)

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	139	-	-	-
Non	512	70,8%	70,2%	71,4%
Seulement à titre personnel	126	17,4%	19,0%	15,8%
Occasionnellement avec les élèves	75	10,4%	9,6%	11,1%
Fréquemment avec les élèves	10	1,4%	1,1%	1,7%
Sous-total avec les élèves	*85*	*11,8%*	*10,7%*	*12,8%*
Sous-total Oui	*211*	*29,2%*	*29,8%*	*28,6%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

14. Intention d'utiliser certains de ces sites en classe

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	43	-	-	-
Oui	654	79,9%	80,7%	79,0%
Non	165	20,1%	19,3%	21,0%
Total	862	100 %	100 %	100 %

15. Utilisation de logiciels de traitement d'image

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	12	-	-	-
Non	238	28,0%	33,9%	22,1%
Seulement à titre personnel	411	48,4%	50,4%	46,4%
Occasionnellement avec les élèves	170	20,0%	12,7%	27,3%
Fréquemment avec les élèves	31	3,6%	3,1%	4,2%
Sous-total avec les élèves	*201*	*23,6%*	*15,8%*	*31,5%*
Sous-total Oui	*612*	*72,0%*	*66,1%*	*77,9%*
Total	862	100%	100%	100%

16. Utilisation de logiciels de traitement d'image satellitale

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	23	-	-	-
Non	677	80,7%	87,4%	74%
Seulement à titre personnel	44	5,2%	6,7%	3,8%
Occasionnellement avec les élèves	106	12,6%	5,5%	19,8%
Fréquemment avec les élèves	12	1,4%	0,5%	2,4%
Sous-total avec les élèves	*118*	*14,1%*	*6,0%*	*22,1%*
Sous-total Oui	*162*	*19,3%*	*12,6%*	*26,0%*
Total	862	100 %	100%	100%

17. Utilisation de logiciels de cartographie

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	10	-	-	-
Non	588	69,0%	55,5%	82,4%
Seulement à titre personnel	123	14,4%	20,9%	8,0%
Occasionnellement avec les élèves	115	13,5%	18,8%	8,2%
Fréquemment avec les élèves	26	3,1%	4,7%	1,4%
Sous-total avec les élèves	*141*	*16,5%*	*23,5%*	*9,6%*
Sous-total Oui	*264*	*31,0%*	*44,5%*	*17,6%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

18. Utilisation de Systèmes d'Information Géographique

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	19	-	-	-
Non	666	79,0%	74,9%	83,1%
Seulement à titre personnel	103	12,2%	15,4%	9,0%
Occasionnellement avec les élèves	66	7,8%	9,0%	6,7%
Fréquemment avec les élèves	8	0,9%	0,7%	1,2%
Sous-total avec les élèves	*74*	*8,8%*	*9,7%*	*7,9%*
Sous-total Oui	*177*	*21,0%*	*25,1%*	*16,9%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

19. Utilisation de bases de données à références spatiales

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse	26	-	-	-
Non	701	83,9%	86,2%	81,5%
Seulement à titre personnel	58	6,9%	8,6%	5,3%
Occasionnellement avec les élèves	72	8,6%	5,0%	12,2%
Fréquemment avec les élèves	5	0,6%	0,2%	1,0%
Sous-total avec les élèves	*77*	*9,2%*	*5,3%*	*13,2%*
Sous-total Oui	*135*	*16,1%*	*13,8%*	*18,5%*
Total	862	100 %	100 %	100 %

20. Si vous utilisez des sites ou des logiciels d'imagerie ou de cartographie numériques, indiquez l'usage que vous en faites :

	Non			Seulement à titre personnel			Occasionnellement avec les élèves			Fréquemment avec les élèves			Total	Non réponse (y compris non utilisateurs)
	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT		Total
20. a. Usage de cartes ou d'images numériques	16,2%	17,3%	15,2%	28,5%	32,6%	24,2%	45,2%	39,9%	50,6%	10,1%	10,3%	10,0%	100%	22,2%
20. b. Usage d'images en 3D	34,4%	42,6%	26,3%	22,4%	28,2%	16,8%	38,9%	27,6%	49,8%	4,3%	1,6%	7,0%	100%	25,1%
20. c. Usage de la mesure de distances sur la carte	50,7%	51,5%	49,8%	18,0%	18,1%	17,8%	28,4%	26,9%	30%	2,9%	3,6%	2,3%	100%	29,0%
20. d. Usage de la détermination d'un itinéraire à parcourir sur la carte	36,5%	34,5%	38,5%	45,2%	43,3%	47,2%	17,5%	21,3%	13,6%	0,8%	0,9%	0,6%	100%	27,1%
20. e. Usage de la production de cartes par ordinateur	54,7%	34,9%	76,1%	19,7%	25,5%	13,5%	19,7%	29,6%	9,1%	5,8%	10%	1,3%	100%	28,3%
20. f. Usage de calculs statistiques pour produire des cartes	79,1%	65%	94,2%	10,6%	16,7%	4,1%	9,1%	16,1%	1,7%	1,2%	2,3%		100%	30,2%
20. g. Usage de l'intégration de données à la carte numérique	73,4%	66%	81%	15,2%	21,1%	9,2%	9,7%	10,6%	8,8%	1,7%	2,3%	1,0%	100%	30,6%
20. h. Usage du recueil sur le terrain des données	85,3%	88,5%	82%	7,2%	6,9%	7,5%	7,2%	4,6%	9,9%	0,3%		0,7%	100%	30,6%
20. i. Usage de traitements pour l'analyse d'images satellitales	77,6%	83,4%	71,9%	8,9%	12,3%	5,6%	12,4%	4,3%	20,5%	1,0%		2,0%	100%	29,9%
20. j. Usage de croisement de couches d'information	73,8%	69,4%	78,4%	10,5%	12,7%	8,2%	14,2%	16,3%	12%	1,5%	1,6%	1,4%	100%	30,5%
20. k. Usage de coordonnées géographiques pour caler des informations sur une carte	75,7%	75,9%	75,4%	13,6%	16%	11,1%	9,9%	7,8%	12,1%	0,8%	0,3%	1,3%	100%	29,9%
20. l. Usage des outils de requête spatiale ou attributaire	88,1%	87,6%	88,5%	6,0%	6,7%	5,2%	5,1%	5%	5,2%	0,9%	0,7%	1,0%	100%	32,0%

	Sous-total avec les élèves			*Sous total oui*		
		HG	*SVT*		*HG*	*SVT*
20. a. Usage de cartes ou d'images numériques	*55,3%*	*50,1%*	*60,6%*	*83,8%*	*82,7%*	*84,8%*
20. b. Usage d'images en 3D	*43,2%*	*29,2%*	*56,9%*	*65,6%*	*57,4%*	*73,7%*
20. c. Usage de la mesure de distances sur la carte	*31,4%*	*30,4%*	*32,3%*	*49,3%*	*48,5%*	*50,2%*
20. d. Usage de la détermination d'un itinéraire à parcourir sur la carte	*18,3%*	*22,3%*	*14,2%*	*63,5%*	*65,5%*	*61,5%*
20. e. Usage de la production de cartes par ordinateur	*25,6%*	*39,6%*	*10,4%*	*45,3%*	*65,1%*	*23,9%*
20. f. Usage de calculs statistiques pour produire des cartes	*10,3%*	*18,3%*	*1,7%*	*20,9%*	*35,0%*	*5,8%*
20. g. Usage de l'intégration de données à la carte numérique	*11,4%*	*12,9%*	*9,8%*	*26,6%*	*34,0%*	*19,0%*
20. h. Usage du recueil sur le terrain des données	*7,5%*	*4,6%*	*10,5%*	*14,7%*	*11,5%*	*18,0%*
20. i. Usage de traitements pour l'analyse d'images satellitales	*13,4%*	*4,3%*	*22,5%*	*22,4%*	*16,6%*	*28,1%*
20. j. Usage de croisement de couches d'information	*15,7%*	*17,9%*	*13,4%*	*26,2%*	*30,6%*	*21,6%*
20. k. Usage de coordonnées géographiques pour caler des informations sur une carte	*10,8%*	*8,1%*	*13,5%*	*24,3%*	*24,1%*	*24,6%*
20. l. Usage des outils de requête spatiale ou attributaire	*6,0%*	*5,7%*	*6,3%*	*11,9%*	*12,4%*	*11,5%*

21. Si vous utilisez des sites, des logiciels d'imagerie ou de cartographie numérique avec vos élèves…

21. a. Mise en oeuvre des outils avec vos élèves *(plusieurs réponses possibles)*

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse (yc non utilisateurs)	261	-	-	-
En utilisant un vidéoprojecteur	457	76,0%	75,8%	76,3%
En utilisant un tableau blanc interactif (TBI)	43	7,2%	10,0%	4,7%
En faisant travailler les élèves seuls sur un poste	199	33,1%	40,9%	26,3%
En faisant travailler les élèves à plusieurs sur un poste	392	65,2%	57,7%	71,9%
Autre	21	3,5%	4,3%	2,8%
Total	862	185,0%	188,6%	181,9%

Interrogés : 862 / Répondants : 601 / Réponses : 1112

21. b. Niveaux de classe concernés *(plusieurs réponses possibles)*

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse (yc non utilisateurs)	219	-	-	-
Sixième	155	24,1%	28,7%	19,9%
Cinquième	153	23,8%	28,0%	19,9%
Quatrième	254	39,5%	36,5%	42,3%
Troisième	131	20,4%	33,6%	8,3%
Seconde	277	43,1%	40,1%	45,8%
Première	264	41,1%	38,1%	43,8%
Terminale	217	33,7%	30,0%	37,2%
Université	14	2,2%	2,3%	2,1%
IUFM	22	3,4%	5,2%	1,8%
Autre	27	4,2%	7,2%	1,5%
Total	862	235,5%	249,5%	222,6%

21. c. Cadres d'utilisation *(plusieurs réponses possibles)*

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse (yc non utilisateurs)	229	-	-	-
En travail à la maison	106	16,7%	22,3%	11,7%
En travail au CDI	121	19,1%	28,3%	10,8%
En cours, avec la classe entière	368	58,1%	70,7%	46,8%
En groupes de travaux pratiques	377	59,6%	37,0%	79,9%
En groupes de modules	120	19,0%	37,0%	2,7%
En TPE ou IDD	168	26,5%	19,7%	32,7%
Lors d'ateliers de pratique scientifique	25	3,9%	1,0%	6,6%
En club (foyer socio-éducatif...)	15	2,4%	2,3%	2,4%
Sortie pédagogique, école de terrain	92	14,5%	5,7%	22,5%
Total	862	219,9%	224,0%	216,2%

21. d. Thèmes du programme concernés *(plusieurs réponses possibles)*

	Effectifs	% (NR exclues)	Histoire-Géo	SVT
Non réponse (y compris non utilisateurs)	227	-	-	-
Environnement	265	41,7%	34,6%	48,1%
Ecologie	73	11,5%	4,7%	17,5%
Aménagement du territoire	241	38,0%	64,4%	14,5%
Géologie	294	46,3%	0,3%	86,9%
Climatologie	132	20,8%	11,1%	29,4%
Hydrologie	58	9,1%	3,4%	14,2%
Ressources naturelles	78	12,3%	12,4%	12,2%
Risques naturels et technologiques	191	30,1%	30,5%	29,7%
Villes et espaces urbains	270	42,5%	83,6%	6,2%
Activités économiques	122	19,2%	37,9%	2,7%
Peuplement et répartition de la population	241	38,0%	73,8%	6,2%
Flux et réseaux de transport	157	24,7%	51,3%	1,2%
Etudes locales ou régionales	179	28,2%	47,7%	11,0%
Autre	36	5,7%	7,0%	4,5%
Total	862	368,0%	462,8%	284,3%

22. Si vous connaissez des sites ou des logiciels d'imagerie ou de cartographie numérique, indiquez votre degré d'accord

	Pas d'accord			Plutôt d'accord			Tout à fait d'accord			*Total d'accord*			NR
	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	*Total*	*HG*	*SVT*	Total
22. a. Ils permettent de développer la motivation des élèves	4,1%	4,2%	4,0%	62,0%	62,0%	61,9%	33,9%	33,7%	34,1%	*95,9%*	*95,8%*	*96,0%*	21,0%
22. b. Ils permettent de développer l'autonomie des élèves	13,3%	13,1%	13,4%	58,5%	56,6%	60,3%	28,2%	30,3%	26,2%	*86,7%*	*86,9%*	*86,6%*	22,3%
22. c. Ils permettent de renouveler les pratiques dans la classe	1,2%	1,2%	1,1%	43,0%	41,0%	44,8%	55,9%	57,8%	54,1%	*98,8%*	*98,8%*	*98,9%*	19,8%
22. d. Ils permettent de développer des compétences informatiques	7,8%	8,0%	7,6%	51,6%	52,1%	51,1%	40,6%	39,9%	41,2%	*92,2%*	*92,0%*	*92,4%*	21,1%
22. e. Ils permettent de valider des compétences du B2i	12,2%	12,5%	11,8%	47,5%	49,5%	45,5%	40,4%	38,0%	42,7%	*87,8%*	*87,5%*	*88,2%*	28,4%
22. f. Ils permettent de développer des compétences disciplinaires	5,9%	3,9%	7,8%	65,0%	63,0%	66,9%	29,2%	33,0%	25,4%	*94,1%*	*96,1%*	*92,2%*	22,9%
22. g. Ils permettent de mieux traiter certains thèmes de la discipline	6,6%	7,9%	5,5%	55,4%	52,6%	58,1%	38,0%	39,6%	36,4%	*93,4%*	*92,1%*	*94,5%*	21,5%
22. h. Ils permettent de travailler en interdisciplinarité	28,1%	29,9%	26,3%	55,0%	52,9%	57,1%	16,9%	17,2%	16,6%	*71,9%*	*70,1%*	*73,7%*	26,6%
22. i. Ils permettent de former aux techniques cartographiques	24,0%	16,1%	32,8%	56,0%	59,0%	52,8%	19,9%	24,8%	14,5%	*76,0%*	*83,9%*	*67,2%*	29,0%
22. j. Ils permettent une meilleure perception de l'espace	9,2%	10,8%	7,6%	54,8%	55,6%	54,1%	36,0%	33,6%	38,3%	*90,8%*	*89,2%*	*92,4%*	24,2%
22. k. Ils participent à une éducation à la « citoyenneté »	43,2%	39,0%	47,5%	43,8%	47,0%	40,5%	13,0%	14,1%	12,0%	*56,8%*	*61,0%*	*52,5%*	28,8%
22. l. Ils permettent de développer un raisonnement scientifique	23,1%	19,1%	26,8%	60,8%	65,0%	56,9%	16,1%	15,9%	16,3%	*76,9%*	*80,9%*	*73,2%*	25,1%

	Pas d'accord			Plutôt d'accord			Tout à fait d'accord			*Total d'accord*			NR
22. m. Ils permettent l'emploi de la modélisation, la simulation	12,9%	21,1%	5,4%	53,7%	56,5%	51,2%	33,4%	22,4%	43,5%	*87,1%*	*78,9%*	*94,6%*	25,3%
22. n. Ils permettent de travailler sur des situations proches du réel	12,9%	16,3%	9,6%	60,8%	59,2%	62,3%	26,3%	24,5%	28,0%	*87,1%*	*83,7%*	*90,4%*	24,5%
22. o. Ils permettent de travailler sur la complexité	16,6%	14,5%	18,8%	58,2%	57,4%	58,9%	25,2%	28,1%	22,3%	*83,4%*	*85,5%*	*81,2%*	28,2%

23. Si vous utilisez des sites ou des logiciels d'imagerie ou de cartographie numérique avec vos élèves, quels sont les principaux problèmes que vous rencontrez ?

	1-Pas de problème			2-Problème secondaire			3-Problème important			4- Problème principal			*Problème 3+4*			Non réponse
	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total	*HG*	*SVT*	Total
23. a. Le parc informatique de votre établissement	25,3%	20,9%	29,7%	26,2%	26,3%	26,2%	28,6%	31,0%	26,2%	19,9%	21,8%	18,0%	*48,5%*	*52,8%*	*44,2%*	26,6%
23. b. Le coût d'acquisition des logiciels	9,2%	6,2%	12,1%	19,0%	19,0%	19,0%	40,7%	40,8%	40,6%	31,1%	34,0%	28,3%	*71,8%*	*74,8%*	*68,9%*	28,0%
23. c. La difficulté et le temps de prise en main des logiciels	8,2%	4,5%	11,8%	22,3%	21,7%	23,0%	45,0%	45,3%	44,7%	24,4%	28,5%	20,5%	*69,4%*	*73,8%*	*65,2%*	26,8%
23. d. Le manque d'exemples d'applications pédagogiques	11,7%	7,8%	15,6%	30,0%	30,7%	29,2%	41,5%	42,5%	40,6%	16,8%	19,0%	14,6%	*58,3%*	*61,4%*	*55,2%*	28,8%
23. e. Le coût d'acquisition des données	10,5%	5,8%	15,5%	20,6%	19,9%	21,4%	39,5%	37,8%	41,3%	29,4%	36,4%	21,8%	*68,9%*	*74,2%*	*63,1%*	34,8%
23. f. Le manque de jeux de données adaptés au contexte éducatif	7,1%	6,2%	8,0%	24,2%	26,3%	22,0%	48,5%	44,6%	52,4%	20,2%	22,8%	17,5%	*68,7%*	*67,5%*	*69,9%*	33,3%
23. g. L'intérêt de ces outils pour votre discipline	60,5%	61,7%	59,2%	23,3%	22,4%	24,1%	12,8%	13,8%	11,7%	3,5%	2,1%	5,0%	*16,3%*	*15,9%*	*16,7%*	33,6%
23. h. L'inadaptation des programmes	41,7%	40,7%	42,8%	33,8%	32,2%	35,5%	17,9%	19,0%	16,9%	6,5%	8,1%	4,8%	*24,4%*	*27,1%*	*21,7%*	32,1%
23. i. L'absence d'évaluation dans les examens	38,8%	34,1%	43,8%	35,1%	34,8%	35,4%	18,2%	19,1%	17,4%	7,8%	12,0%	3,5%	*26,1%*	*31,1%*	*20,8%*	31,9%
23. j. La difficulté d'intégrer ces outils dans votre enseignement	32,8%	28,0%	37,7%	30,1%	30,6%	29,7%	29,5%	30,6%	28,3%	7,6%	10,9%	4,3%	*37,1%*	*41,4%*	*32,7%*	29,9%
23. k. Le manque d'information sur les outils disponibles	13,3%	14,1%	12,5%	27,1%	30,9%	23,3%	44,0%	42,1%	45,9%	15,6%	12,8%	18,4%	*59,6%*	*54,9%*	*64,3%*	29,4%
23. l. Le manque de formation pour leur prise en main	9,7%	9,4%	10,0%	21,1%	18,6%	23,5%	39,2%	37,8%	40,6%	30,0%	34,2%	25,8%	*69,2%*	*72,0%*	*66,5%*	28,4%

24. Quelles sont vos attentes par rapport à l'usage des logiciels d'imagerie et de cartographie numérique ?

	1-Accessoire			2-Utile			3-Très utile			4-Indispensable			Non réponse
	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total	HG	SVT	Total
24. a. Un usage des TICE plus facile dans votre établissement	10,5%	9,4%	11,6%	27,6%	25,7%	29,6%	28,8%	30,3%	27,3%	33,1%	34,6%	31,5%	14,7%
24. b. Des logiciels libres et gratuits	1,3%	1,5%	1,0%	9,0%	10,0%	7,9%	28,6%	31,2%	25,9%	61,2%	57,3%	65,1%	9,4%
24. c. L'accès à des données cartographiques ou statistiques libres de droit	1,2%	0,8%	1,6%	10,4%	10,0%	10,8%	27,9%	28,8%	26,9%	60,5%	60,4%	60,7%	10,9%
24. d. La mise à disposition d'exemples d'applications pédagogiques	1,2%	1,3%	1,0%	18,5%	20,2%	16,9%	41,7%	42,6%	40,8%	38,6%	36,0%	41,3%	9,9%
24. e. L'accès à des données adaptées au contexte éducatif	2,2%	2,1%	2,4%	17,4%	18,3%	16,4%	41,0%	41,9%	40,2%	39,3%	37,7%	41,0%	11,3%
24. f. La possibilité d'échanger des séquences pédagogiques	5,5%	5,7%	5,3%	22,8%	21,8%	23,7%	47,6%	49,4%	45,9%	24,1%	23,1%	25,1%	11,8%
24. g. Des programmes prenant en compte ces outils	15,4%	16,6%	14,1%	31,7%	29,1%	34,4%	31,7%	32,7%	30,6%	21,2%	21,6%	20,9%	12,5%
24. h. Des examens prenant en compte ces outils	40,9%	39,2%	42,7%	29,3%	29,3%	29,2%	17,9%	17,1%	18,7%	11,9%	14,4%	9,4%	14,4%
24. i. Des stages de formation	5,3%	3,8%	6,8%	19,6%	17,1%	22,1%	30,4%	28,1%	32,8%	44,7%	51,0%	38,3%	10,0%

24. Quelles sont vos attentes par rapport à l'usage des logiciels d'imagerie et de cartographie numérique ? (suite)

	Très utile, voire indispensable (3+4)		
	Total	*Histoire-Géo*	*SVT*
24. a. Un usage des TICE plus facile dans votre établissement	*61,9%*	*64,9%*	*58,8%*
24. b. Des logiciels libres et gratuits	*89,8%*	*88,5%*	*91,0%*
24. c. L'accès à des données cartographiques ou statistiques libres de droit	*88,4%*	*89,2%*	*87,6%*
24. d. La mise à disposition d'exemples d'applications pédagogiques	*80,3%*	*78,6%*	*82,1%*
24. e. L'accès à des données adaptées au contexte éducatif	*80,4%*	*79,6%*	*81,2%*
24. f. La possibilité d'échanger des séquences pédagogiques	*71,7%*	*72,5%*	*70,9%*
24. g. Des programmes prenant en compte ces outils	*52,9%*	*54,3%*	*51,5%*
24. h. Des examens prenant en compte ces outils	*29,8%*	*31,5%*	*28,1%*
24. i. Des stages de formation	*75,1%*	*79,1%*	*71,1%*

ANNEXE 6

La structuration du SIG didactique construit à partir de l'exemple du parc nature de Miribel-Jonage (près de Lyon)

La première expérimentation pédagogique réalisée entre 2000 et 2004 a concerné le parc de Miribel-Jonage. Situé à 10 km du centre de Lyon et couvrant 2 200 hectares, ce parc nature est l'un des plus grands parcs périurbains d'Europe et subit les fortes pressions de la métropole lyonnaise. Nous avions choisi cet exemple pour son intérêt didactique en géographie : espace bien délimité et diversifié tant au niveau des milieux que des activités, mais aussi espace de complexité du fait de sa situation administrative (à cheval sur huit communes et deux départements), du fait des enjeux d'aménagement (ressources en eau potable, exploitation agricole, flux autoroutiers, activités de loisirs) et des enjeux d'environnement (gestion des crues et de la nappe phréatique, protection de la faune et de la flore). L'étude de cet espace géographique à l'aide d'un SIG fournissait un exemple intéressant pour mettre en valeur des conflits d'usages et des logiques d'acteurs à plusieurs échelles. L'étude des espaces urbains figurait aux programmes des classes de seconde et première. Nous avions aussi l'opportunité de disposer d'un atlas complet du parc, dont la numérisation des cartes et le géoréférencement* des informations furent confiés à des étudiants de licence au CRENAM.

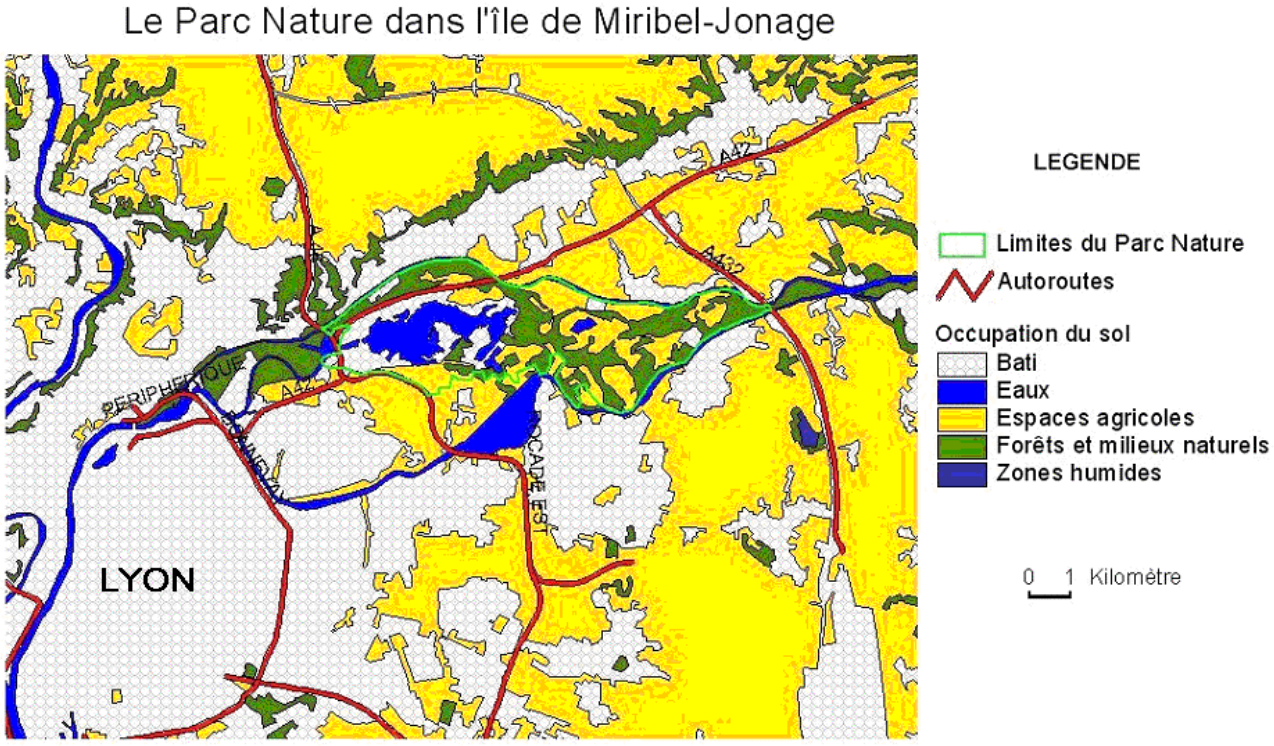
Les séances s'articulaient autour de trois modules (voir conducteur ci-dessous) et mobilisaient deux logiciels : le visualiseur Arcexplorer (de la société ESRI) pour la découverte du jeu de données en mode visualisation et le logiciel Géoanalyste[219] (développé par le CRENAM-Université de Saint-Etienne) pour traiter l'information sous forme de requêtes spatiales ou attributaires. Les jeux de données étaient rassemblés sous forme de projets directement mobilisables dans ces deux logiciels, afin de faciliter l'accès aux données et le traitement de l'information.

[219] Le logiciel Géoanalyste est téléchargeable sur le site du CRENAM (Université de Saint-Etienne) : <http://portail.univ-st-etienne.fr/61643898/0/fiche_LABCREN__pagelibre/> (consulté le 25.07.2008).

Projet 1 : Il s'agissait d'une présentation du parc nature de Miribel-Jonage sous forme de « visite virtuelle ». Ce module privilégie les formes d'exploration visuelle (comme on pourrait le faire aujourd'hui sur un globe virtuel*)

Projet 2 : Ce projet replaçait le parc de Miribel-Jonage dans son environnement géographique. Il avait pour objectif l'approche des notions de géoréférencement, d'approche multicouche, de raisonnement multiscalaire. Ce module privilégiait l'apprentissage de l'outil géomatique et de ses fonctionnalités.

Projet 3 : Ce projet avait pour thème l'artificialisation et la fréquentation du parc nature péri-urbain. Il avait pour but de montrer comment images et fonctions SIG favorisent le raisonnement géographique, à partir de requêtes attributaires et d'une analyse spatiale simple. Ce module privilégiait la démarche de résolution de problème.



Conducteur des séances sur Miribel-Jonage

1ère étape : découverte du parc nature (1 à 2 h)	
Outil utilisé	ARCEXPLORER
Objectifs pédagogiques de la séance	Présenter le parc de Miribel-Jonage Découvrir les fonctionnalités du logiciel ArcExplorer (ESRI). Un tutoriel est fourni aux élèves pour faciliter cette découverte.
Déroulement	Présentation du parc par l'enseignant à partir de pages HTML (10 mn) 1er projet ArcExplorer sur la végétation commenté et manipulé par le professeur(15 mn) Puis 2e projet sur la fréquentation et les activités, manipulé par les élèves avec assistance du professeur (20 mn). Sauvegarde de la carte réalisée sous forme d'image et sous forme de projet « aep » (format ArcExplorer)
Ressources	Une documentation papier par poste sur les fonctionnalités ArcExplorer
2e étape : exemple d'analyse spatiale dans le parc de Miribel (1 h)	
Outil utilisé	GEOANALYSTE
Objectifs pédagogiques de la séance	Présenter un exemple d'analyse spatiale (dernière séance du module 1 : bruit et plages) Voir les fonctionnalités de GeoAnalyste (mêmes fonctions qu'ArcExplorer + sélections sur les couches « voiries » et « lieux de baignade »)
Déroulement de la séance	But : les baigneurs se plaignent du bruit : trouver les zones de baignade à moins de 500 mètres d'une autoroute → est-ce qu'ArcExplorer pourrait le faire ? Quelles sont les couches à mobiliser pour répondre à la question et les traitements à opérer (OU, ET…) ? 1) faire une sélection manuelle d'objet, ou plutôt une sélection automatique (TYPE VOIE= »autoroutes ») en enregistrant l'historique sous forme de fichier texte (les opérations suivantes sont enregistrées automatiquement) 2) Indiquer l'unité de mesure (menu Opérations → unité de mesure = mètre) 3) Calcul des zones tampon à partir de la fonction " Union de 2 thèmes " et Objet + contour extérieur 4) Fusion des zones tampons* 5) Effacer les couches inutiles à la fin (en prenant soin d'abord d'effacer ces couches de la légende) 6) Possibilité d'intersecter « zone de baignade » et « lieu de baignade » (trouver un nom à la couche : « baignade bruit ») 7) Afficher éventuellement la couche extraite comme nouvelle donnée dans ArcExplorer avec les couches « Surfeau » et « Restauration »)

Ressources	Démo par l'enseignant en pas à pas, en faisant noter les étapes par écrit, puis demander aux élèves de refaire en 15 mn Vérification que les élèves ont compris en posant la question " à quel endroit doit-on installer des murs anti-bruit ? " (à partir des couches « surfautoroute » et « surfbaignade »)
3e étape : découverte du problème des prairies sèches, puis réponse par analyse spatiale et production de carte (1 à 2 h)	
Enoncé de la proposition d'aménagement	« *Suite à différentes réunions techniques, nous envisageons le plan d'action suivant :* *- interdire aux voitures les routes et voies carossables qui traversent les zones à orchidées* *- clôturer les zones de pelouse sèche à moins de 800 mètres d'un parking ou si elles sont suffisamment vastes (plus d'1 ha)* *- (en complément) déplacer les sentiers et pistes à VTT qui traversent ou passent à moins de 20 mètres d'une zone à orchidées de moins de 1 ha* *Pouvez-vous réaliser une carte localisant ces différents aménagements et quantifier le kilométrage de routes à couper, de clôtures à installer et de sentiers à déplacer (en complément) ainsi que les superficies de pâtures, afin d'envisager la faisabilité du projet ?* » (le Directeur du parc)
Outil utilisé	GEOANALYSTE et ARCEXPLORER
Objectifs pédagogiques de la séance	Faire de l'analyse spatiale sur le thème des pelouses à orchidées Production d'une carte de synthèse d'aménagement du parc sur ce sujet
Déroulement de la séance	Présentation du problème lié aux orchidées en utilisant le site simplifié But : le directeur veut mettre en protection les prairies à orchidées menacées par la fréquentation dans le parc. Quelles sont les zones à mettre en protection (routes à couper et clôtures à installer) ? 1)"vegetation2002" -> sélection de condition : FACIES = 'Prairies sèches' -> enregistrer la couche sous le nom "prairies.shp" 2)"voirieparc" -> sélection de condition : TYPE = 'Route goudronnée' or TYPE = 'Piste carrossable' -> enregistrer la couche sous le nom "pistes.shp" 3) "prairies2" -> Intersection avec pistes -> enregistrer la couche sous le nom "routesacouper.shp" 4) "parking" -> Zone tampon de taille 800 mètres et de type objet et contour extérieur -> enregistrer la couche sous le nom "parkingtampon800.shp" 5) "parkingtampon800" -> Fusion -> "parkingfusion.shp" 6) "parkingfusion" -> Intersection avec prairies2 -> enregistrer la couche sous le nom « prairiesrisques.shp" 7) "prairiesrisques" -> sélection de condition: Area >= 10000 -> enregistrer la couche sous le nom « cloture.shp"
Ressources	Créer les répertoires en écriture sur le réseau de l'établissement pour sauvegarder les historiques Un support de calcul de statistiques dans les requêtes d'ArcExplorer

ANNEXE 7

Grille de scénario pédagogique (GéoWebExplorer)

<table>
<tr><td>Niveau de classe</td><td colspan="3">Classe de Première (et possibilité d’utilisation en classe de Quatrième)</td></tr>
<tr><td>Place dans le programme</td><td colspan="3">En Première : réseaux et flux en Europe + disparités régionales
la métropolisation et les réseaux urbains (hiérarchie urbaine)
les réseaux de communication et les flux majeurs

En Quatrième : organisation de l’espace européen à travers des cartes et mise en évidence de la « dorsale » européenne à partir du modèle « centre/périphérie »</td></tr>
<tr><td>Titre des séances et problématique</td><td colspan="3">4 modules (tutorats) construits pour être utilisables en une quarantaine de minutes (éventuellement 2 x 40 mn pour les plus longs), pour répondre aux impératifs d'utilisation des salles informatiques :

• Tutorat n°1 (T1) : quel poids et quelle influence des régions et des villes à l’échelle européenne ? (repérage de la « dorsale » européenne)

• Tutorat n°2 (T2) : quels sont les réseaux de transport et les projets d'aménagement liés à ces pôles et ces réseaux urbains ?

• Tutorat n°3 (T3) : approche identique aux modules 1 et 2, mais centrée sur la région Rhône-Alpes (organisation, pôles, réseaux, aménagement, acteurs)

• Tutorat n°4 (T4) : étude locale des grands aménagements de transport, centrée sur la ligne Lyon-Turin entre Bourgoin et Chambéry.</td></tr>
<tr><td>Objectifs d’apprentissage

(compétences et savoir-faire)</td><td>disciplinaires

• T1 : construire la notion de métropolisation
• T2 : construire la notion de réseau
• T3 : appliquer ces notions à l’échelle de la région Rhône-Alpes
• T4 : notions d’acteurs et d’aménagement</td><td>technologiques

Connaître et savoir-utiliser les fonctions de base d’un SIG

Utiliser des outils avancés pour faire des traitements et des sélections</td><td>transversaux

La carte, comme outil de traitement et d’investigation

Education à une citoyenneté européenne et locale (choix de tracé, étude d'impact...)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">Outils
et ressources
nécessaires</td><td>outils utilisés</td><td>données utilisées</td><td>types d’utilisation</td></tr>
<tr><td>Plate-forme pédagogique GéoWebExplorer pour l’expérimentation

Application SIG ouverte (version java) accessible pour tous les enseignants

Site Internet associé pour déposer les séances pédagogiques et expliquer l’architecture du SIG pour les nouveaux utilisateurs</td><td>• T1 : données par Nuts 2 sur population, emploi, PIB/hab et leurs variations 1990-2005 (source Eurostat) + 30e de métropoles

• T2 : données sur les grands réseaux de transport et localisation des grands projets d'aménagement (avec éventuellement données ponctuelles)

• T3 : données Rhône-Alpes et aires d’influences des grandes villes

• T4 : données de tout type, elles doivent permettre de mettre l'élève en situation d'acteur décisionnel dans le cadre d'un jeu de rôle.</td><td>discrétisations pour faire apparaître les disparités régionales

requêtages attributaires à partir de différents critères de métropolisation (explications à fournir → lien sur site donnant la composition des indices)

éventuellement travail de recueil de données sur le terrain par les élèves</td></tr>
<tr><td>Déroulement du scénario</td><td colspan="3">• T1 :
- étape 1 : débat sur les seuils (pour ne retenir qu'une trentaine de villes européennes > 1 million d’habitants)
- étape 2 : hiérarchisation des villes retenues (avec des seuils propres à chaque élève) en fonction de plusieurs critères (tous transcris en points d’indices) → production de cartes démographiques, politiques, économiques,… puis une carte de synthèse à partir de l'indice composite
- étape 3 : mise en relation avec les données surfaciques par Nuts (pour comparaison avec la « dorsale » européenne) et analyse des arcs européens.
• T2 :
- étape 1 : réflexion sur l'organisation spatiale des réseaux de transport européens
- étape 2 : mise en relation des réseaux et des grands projets d'aménagement avec les dynamiques métropolitaines et l'ouverture de l'Europe vers l'est.
• T3 :
- étape 1 : réflexion sur l'organisation spatiale de la région Rhône-Alpes
- étape 2 : mise en relation des réseaux et des grands projets d'aménagement avec les dynamiques métropolitaines à l’intérieur de la région.
• T4 :
- étape 1 : localisation du projet de liaison Lyon-Turin et des différents tracés (contraintes et acteurs de l’aménagement)
- étape 2 : comparaison avec d’autres projets de transport à l’échelle européenne et à l’échelle régionale (réseaux transalpins)
- étape 3 : étude d’impact du projet à l’échelle locale</td></tr>
<tr><td>Evaluation
(formes et critères d’évaluation)</td><td colspan="3">Traces informatiques des élèves enregistrées sur la plate-forme
Grille commune d’évaluation :
1 = réponse attendue
2 = réponse partielle
3 = réponse erronée
4 = erreur significative
0 = pas de réponse</td></tr>
</table>

ANNEXE 8

Questionnaire élève concernant les séances conduites sur la plate-forme SIG GéoWebExplorer

Ce questionnaire a pour objectif de connaître le point de vue des élèves concernant les séances conduites sur la plate-forme GéoWebExplorer. Les questions portent sur les conditions d'utilisation de l'outil informatique, sur l'intérêt que manifestent les élèves vis-à-vis des séances réalisées, sur les problèmes qu'ils peuvent rencontrer. Il s'agit en particulier de déterminer si les élèves sont motivés par l'usage de l'informatique, par la pratique de la cartographie, par la façon de traiter un thème ou de « faire de la géographie ». Le questionnaire a été distribué auprès de six classes de collège-lycée : deux classes de quatrième, trois classes de seconde et une classe de première. Il a porté sur un effectif de 156 élèves. Nous donnons ici le texte du questionnaire, puis les résultats sous forme de graphiques.

LE QUESTIONNAIRE

1- Utilisez-vous l'informatique chez vous ? *(indiquer par des croix dans le tableau)*

	régulièrement	parfois*	jamais
A- l'ordinateur			
B- Internet			
C- des sites de calcul d'itinéraire (Mappy, Google Maps…)			
D- des "globes virtuels" (Google Earth, Géoportail…)			

(* pas plus de 2 ou 3 fois dans l'année)

2- Utilisez-vous l'informatique en histoire-géographie ? *(indiquer par des croix dans le tableau)*

	régulièrement	parfois*	jamais
A- l'ordinateur			
B- Internet			
C- des logiciels de cartographie			
D- des "globes virtuels" (Google Earth, Géoportail…)			

(* pas plus de 2 ou 3 fois dans l'année)

3- Avez-vous utilisé la plate-forme GéoWebExplorer ? *(plusieurs réponses possibles)*

A- en classe	
B- en salle informatique	
C- à votre domicile	
D- au CDI	
E- ailleurs (précisez)	

4- Avez-vous apprécié ces séances sur ordinateur ? *(une seule réponse)*

A- beaucoup	
B- moyennement	
C- assez	
D- pas du tout	

5- Qu'est-ce qui vous a le plus motivé ? *(indiquer par des croix dans le tableau)*

	beaucoup	assez	moyen	pas du tout
A- Utiliser l'outil informatique				
B- Changer la façon de faire de la géographie				
C- Pouvoir travailler à votre rythme				
D- Etudier un thème à partir de l'actualité, à partir du terrain…				
E- Faire des cartes par ordinateur				

Autre problème éventuel :

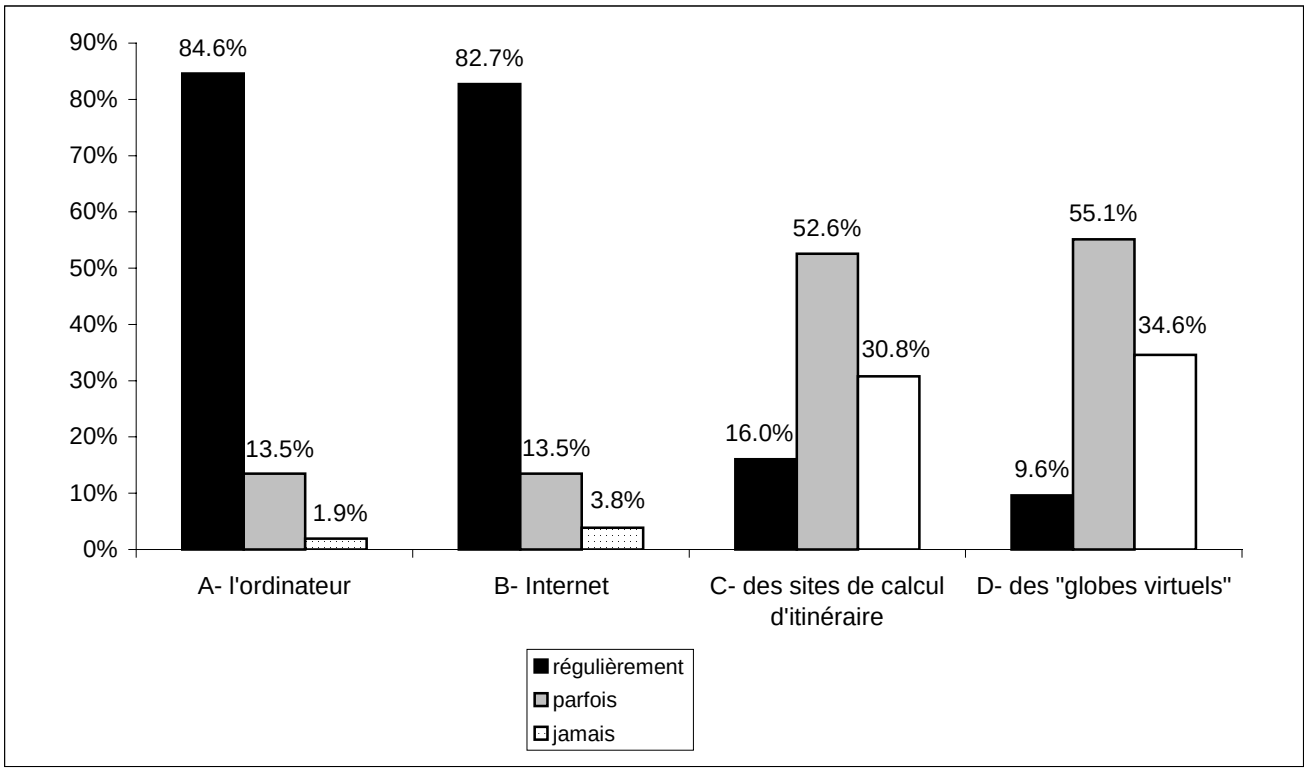
6- Quels problèmes avez-vous rencontrés ? *(indiquer par des croix dans le tableau)*

	beaucoup	assez	moyen	pas du tout
A- Manque de temps				
B- Difficulté de connexion				
C- Pouvoir travailler à votre rythme				
D- Difficulté à comprendre les questions				
E- Difficulté à rédiger les réponses				

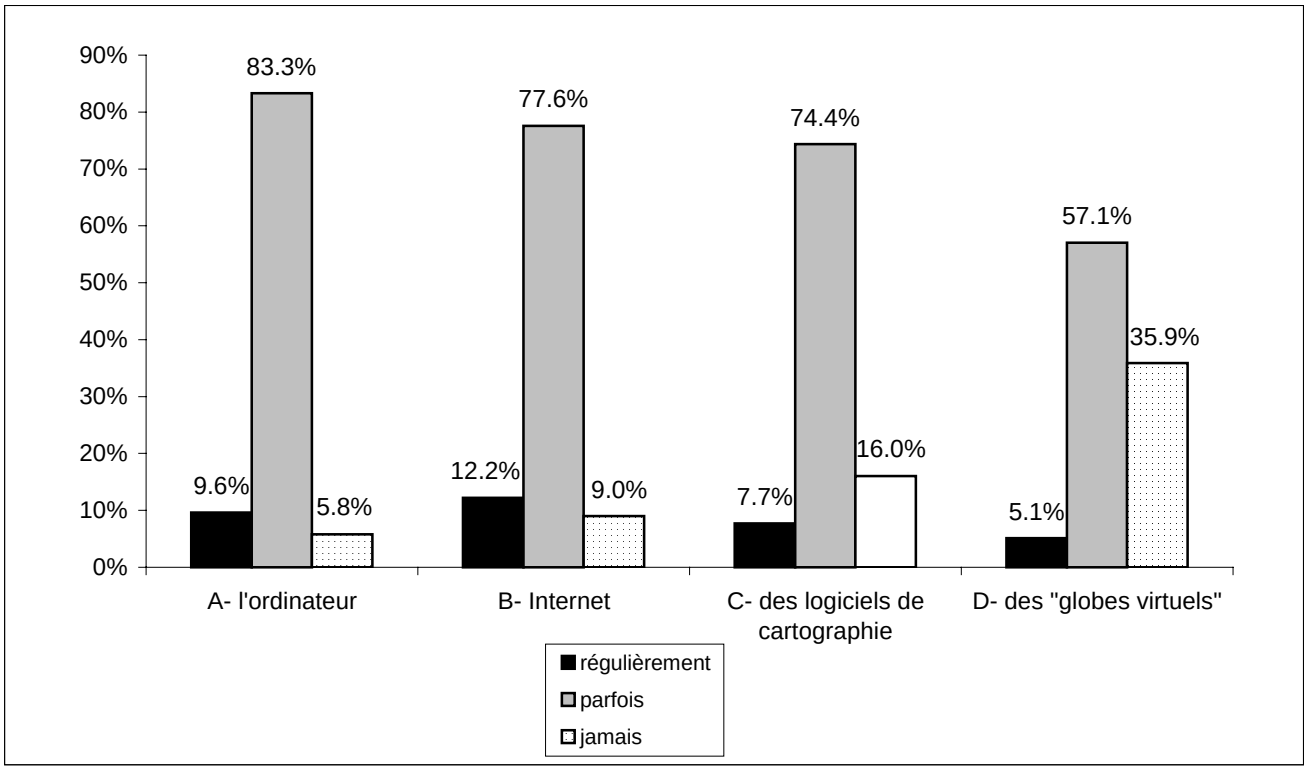
Autre problème éventuel :

TRAITEMENTS GRAPHIQUES DU QUESTIONNAIRE ELEVE

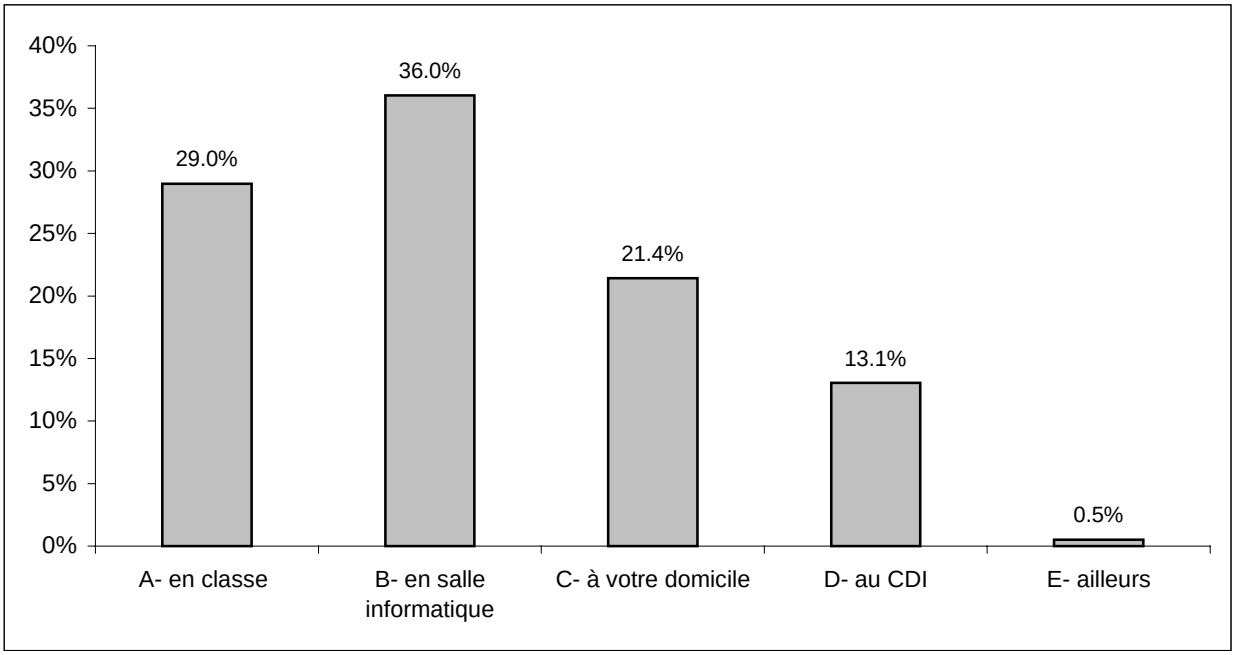
1- Utilisez-vous l'informatique chez vous ?



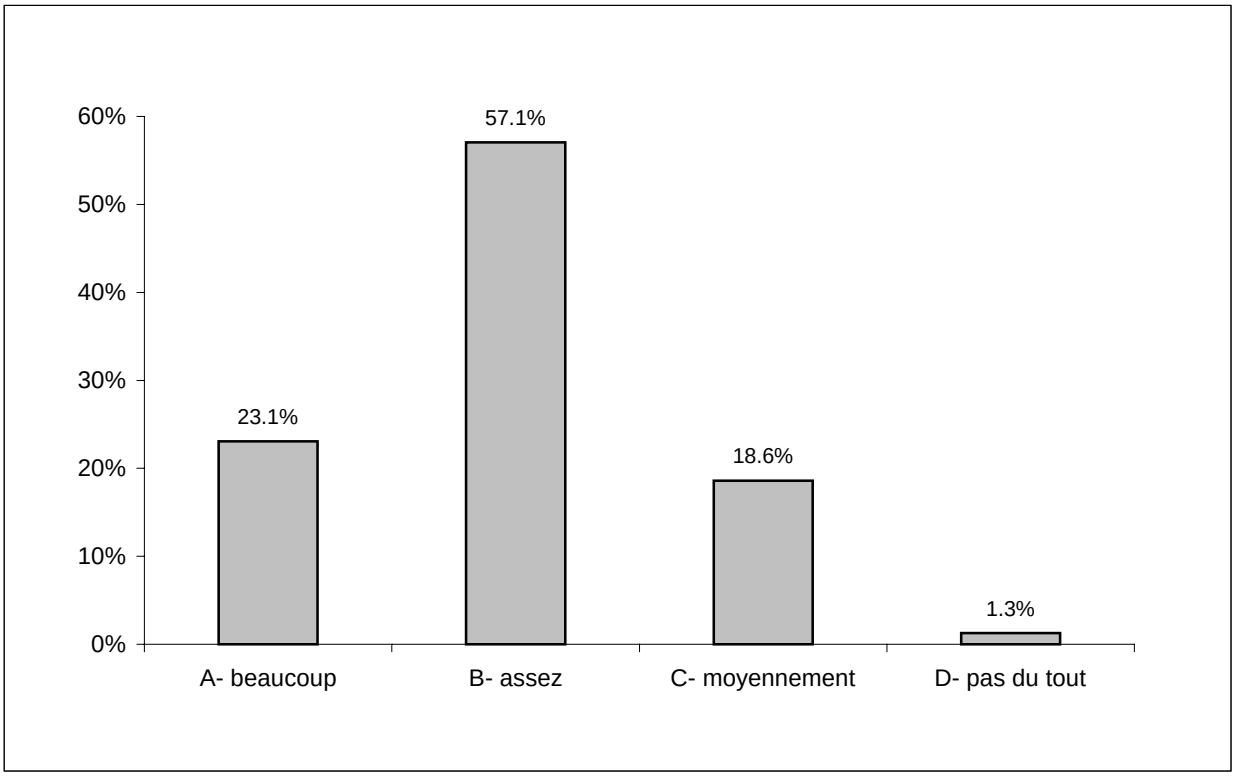
2- Utilisez-vous l'informatique en histoire-géographie ?



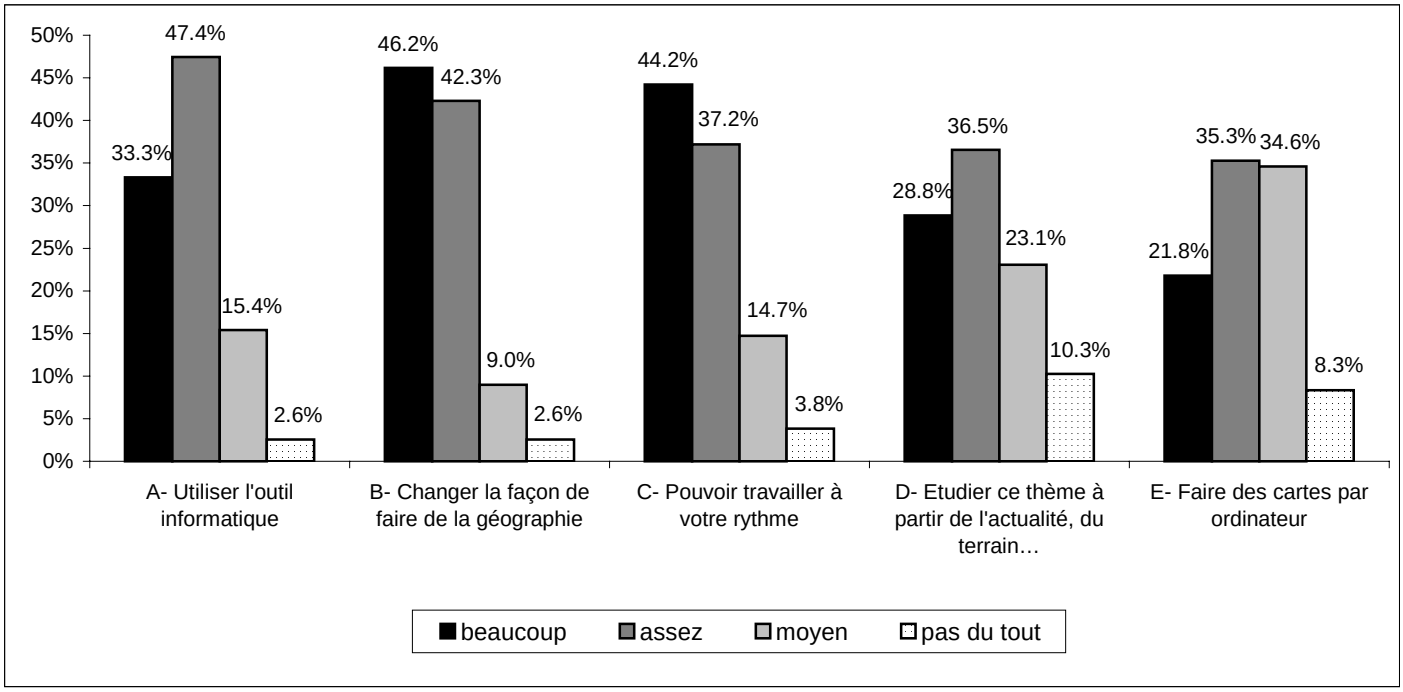
3- Avez-vous utilisé la plate-forme GéoWebExplorer ? *(plusieurs réponses possibles)*



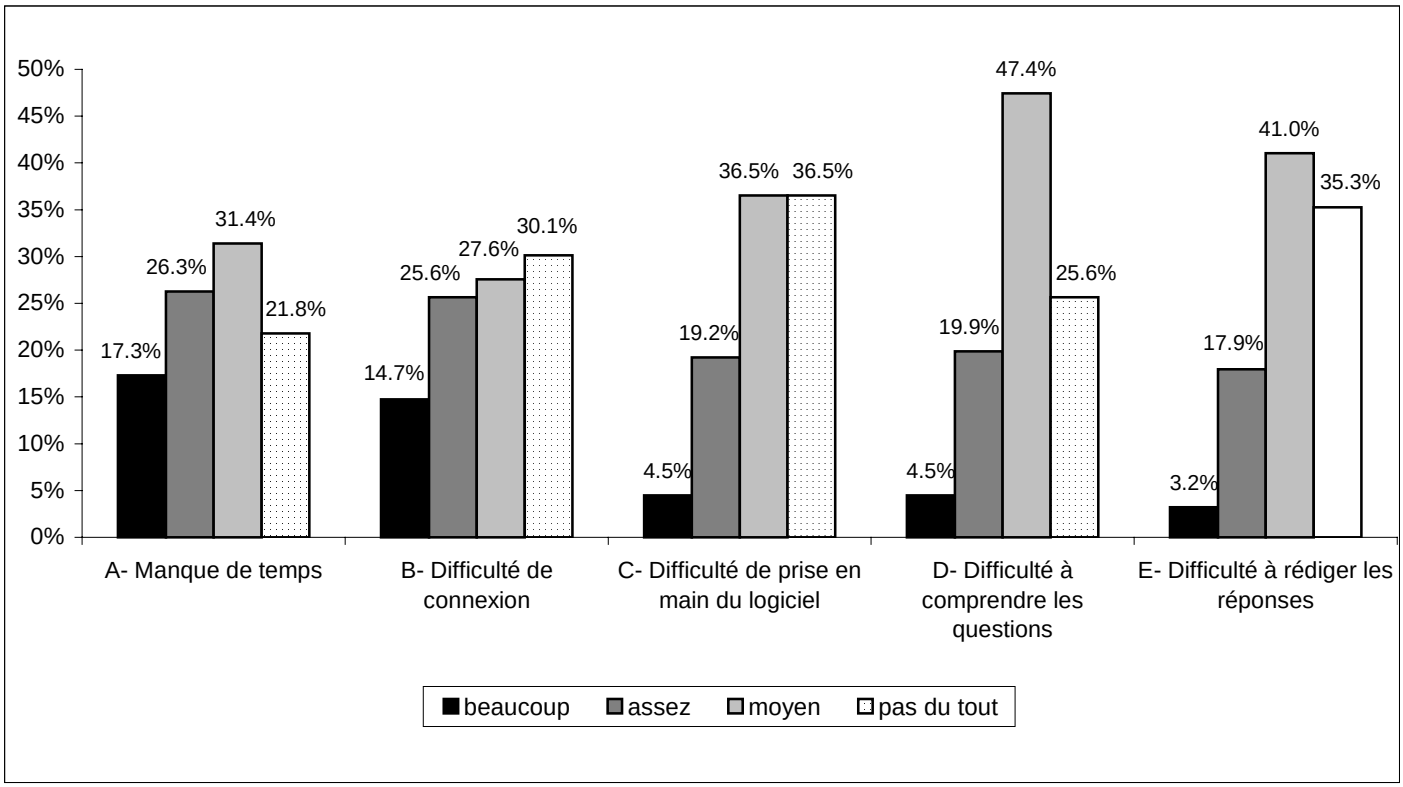
4- Avez-vous apprécié ces séances sur ordinateur ? *(une seule réponse)*



5- Qu'est-ce qui vous a le plus motivé ?



6- Quels problèmes avez-vous rencontrés ?



ANNEXE 9

Transcription d'un entretien semi-directif avec une enseignante ayant conduit des séances informatiques sur les globes virtuels et sur la plate-forme GéoWebExplorer (niveau collège)

Q :	Quelle est votre pratique des TICE avec les élèves ? Depuis combien de temps pratiquez-vous l'informatique en classe, avec quels outils et pour quels types de séances ?
R :	Cela fait au moins 6 ou 7 ans. Cela fait 9 ans que j'enseigne, donc j'ai commencé assez vite à faire des TICE avec les élèves. Je vais très souvent en salle informatique avec les élèves pour les faire pratiquer. C'est très divers. Cela peut être sur Internet, cela peut être des questionnaires, aussi la rédaction sur des wikis, fabriquer des pages sur un thème précis… C'est vraiment varié. J'ai aussi un vidéo-projecteur, un ordinateur et une connexion dans ma classe, qui permet de vidéo-projeter des choses et de leur faire faire des choses. Par contre, je n'ai pas de TBI [*Tableau Blanc Interactif*]
Q :	En ce qui concerne la géographie, quels usages de l'informatique avez-vous avec les élèves ?
R :	Au vidéo-projecteur, je trouve déjà qu'il y a des choses à montrer, ne serait-ce que dans la classe, des cartes, des globes virtuels…
Q :	Vous avez déjà montré des globes virtuels ?
R :	Je me méfie un petit peu, je trouve que l'illusion est trop forte. Mais en 6^{e}, cette année c'est la première fois que je l'ai fait, on a montré une carte. Sur la façon de représenter la Terre, on a montré un planisphère, on a montré un globe en plastique et on a montré un globe virtuel. Donc les globes virtuels sont rentrés dans les types de représentation que je leur donne à voir et à décortiquer. Par exemple, on a vu que les planisphères, ça déforme. Et on a vu que les globes virtuels, c'était des représentations de la Terre à différents moments puisque les photographies sont prises à des moments différents et

	cela se voit très bien sur le quadrillage. On a travaillé là dessus et il y avait juste à montrer pour faire comprendre que ce n'était pas une représentation de la réalité, pas plus que d'autres représentations. Cela posait autant de problème qu'un planisphère. Des problèmes d'ordre différent.
Q :	Une fois que vous avez utilisé ce type de représentations cartographiques, est-ce que vous l'avez réutilisé avec eux ? Et pour faire quoi ?
R :	Bien sûr. Ensuite avec les 6e toujours, on a fait un jeu de repérage sur Google Earth. C'était un jeu de piste où les élèves devaient réutiliser les connaissances acquises, sur latitude-longitude, sur les continents, les océans, quelques endroits remarquables (un isthme, un détroit…), pour retrouver des petits repères et pour retrouver une phrase mystère. Ce qui les obligeait à utiliser certaines fonctionnalités du logiciel comme la recherche de grille, la lecture de latitude et longitude. Mais aussi pour mobiliser leurs connaissances acquises sur un planisphère. Ce qui est difficile pour eux, par exemple les océans et les continents sur un planisphère et reporter ces connaissances sur un globe virtuel, ce n'est pas la même représentation. Donc cela leur pose un problème. Du coup ils ont été obligés de mettre en relation ce qu'ils avaient appris sur le planisphère avec ce qu'ils voyaient sur le globe, et à essayer de trouver le moyen de faire le lien.
Q :	Le problème de report du globe virtuel au planisphère, pour vous c'est le passage de 2 à 3 dimensions, ou ce sont d'autres problèmes ?
R :	Oui, c'est le passage de la 2e à la 3e dimension. Sur un planisphère ils voient tout d'un coup et puis visuellement ils ont l'habitude des formes que prennent les continents, qui ne sont pas les mêmes sur le globe virtuel qui, lui, ne donne pas tout à voir d'un coup. Et donc il y a une impression de rotondité. Par exemple, l'Afrique sur un globe virtuel ne ressemble pas tout-à-fait à l'Afrique.
Q :	Pourtant ce sont les mêmes contours…
R :	Oui mais un planisphère, il déforme.
Q :	D'autres choses posent problème, selon vous ?
R :	Oui, le Nord n'est plus en haut. Du coup, cela les oblige à comprendre ce qu'est le Nord. Le Nord, ce n'est pas en haut. Le Nord, c'est une direction et donc s'ils ont mis la Terre à l'envers, ben voilà…il faut qu'ils retrouvent le Nord.
Q :	Vous pensez que cela a pu aider les élèves à localiser de manière géographique ou au contraire, par rapport à l'acquisition des grands repères spatiaux en 6e, cela les trouble

	un peu ?
R :	J'ai fait l'évaluation sur un planisphère après, le même type d'exercice mais sur un planisphère. En fait, il y en a beaucoup qui se sont perdus. Voilà. Ils ont un peu mélangé des trucs… Mais comme ils vont refaire l'exercice à la maison, le fait de refaire l'exercice ensuite à la maison, cela va remettre en place. Je pense qu'il faut se perdre quelquefois pour remettre en cause ses certitudes et ensuite réfléchir, revenir dessus et acquérir de manière plus efficace. Parce que apprendre ses repères sur un planisphère, on les oublie et puis voilà. Tandis que si on s'est trompé, on se demande pourquoi on s'est trompé, on va revoir dans le manuel pourquoi on s'est trompé…
Q :	Quand vous dites à la maison, est-ce que vous envisagez que les élèves consultent un globe virtuel chez eux ?
R :	Oui, ils y sont allés parce que je l'ai mise en ligne [*la séquence*]. Donc il y en a plein qui ont montré à leurs parents, qui ont fait le jeu de piste, donc ils ont eu un usage familial. Alors ils ont eu des problèmes pour installer le logiciel. Enfin il y a eu pas mal de retours d'expérience.
Q :	Est-ce que vous avez eu d'autres utilisations du globe virtuel ou est-ce que vous souhaiteriez en avoir d'autres ?
R :	J'en ai fait d'autres. En 4^{e}, sur l'aménagement du territoire en France, j'ai deux activités, l'une sur Géoportail où il s'agit de faire correspondre un paysage avec des aménagements, de les retrouver sur la carte et puis essayer de faire un changement d'échelle, de positionner les aménagements dans l'espace à une échelle plus petite. J'en ai une autre, la boucle d'essai sur Google Earth. Donc là c'est un jeu de rôle où ils se servent de Google Earth pour prendre de l'information et ensuite pour construire un argumentaire.
Q :	Passons maintenant à l'expérimentation que vous avez faite sur la plate-forme GéoWebExplorer. D'abord si on fait un bilan global, selon vous, qu'est-ce qui a bien fonctionné et qu'est-ce qui a posé problème, d'un point de vue technique et pédagogique ?
R :	D'abord ce qui a bien fonctionné. Ils ont été très motivés et ils ont eu une prise en main extrêmement facile de l'outil. Je m'attendais à beaucoup de difficultés, notamment pour superposer les couches. Le fait qu'il y ai des données sur les couches, pour moi cela a été très difficile à comprendre. Le fait qu'il y ait ce que vous appelez des données

	attributaires, j'ai mis des années à comprendre cela. Et eux en cinq minutes, c'était bon quoi…
Q :	Comment l'expliquez-vous ?
R :	En fait, je crois que le fait d'aller sur Internet, parce que c'est leur source d'information principale maintenant – ils ne sont plus tellement dans les encyclopédies, les dictionnaires et les bouquins – donc cela veut dire qu'une page, ce n'est plus une feuille en deux dimensions. Une page Internet donne accès à des données. Quand on clique, on a accès à autre chose. Le système de liens, quelquefois il y a des pages dynamiques, on rentre des choses, on obtient d'autres informations. C'est une habitude…
Q :	Ils maîtrisent donc la navigation...
R :	Oui, mais c'est plus que ça je pense. Ils n'en ont pas conscience mais ils savent que, sur une page web, il y a des données qui sont associées. Et donc cela ne leur semble pas aberrant que sur une couche du SIG il y ait des données qui soient associées. C'est quelque chose qui leur paraît naturel. En tout cas, je l'explique comme cela.
Q :	Et le fait d'aller sur une plate-forme avec un mot de passe, cela leur a posé problème ?
R :	Oui beaucoup de problèmes ! Surtout qu'il y a deux mots de passe. J'avais rentré le premier, mais je ne pouvais pas faire cela à chaque fois. Cela a bien pris 10 à 15 minutes par séance. Il y en a même qui ont mis 45 minutes à se connecter ! Parce qu'il y a une majuscule dans le mot de passe, après il y a le tiret du 8.
Q :	S'ils avaient pu changer leur mot de passe, vous pensez que cela aurait pu les aider ?
R :	Oui, mais en même temps ils l'auraient oublié.
Q :	Mais quand ils vont sur Internet, sur des outils de conversation en ligne, ils ont bien des mots de passe aussi…
R :	Oui mais à ce moment-là, il faudrait qu'ils aient leur identifiant et leur mot de passe. Deux mots de passe, c'est trop… surtout qu'ils en ont trois. Ils doivent d'abord se connecter au réseau pédagogique de l'établissement.
Q :	D'accord. Maintenant du point de vue de la géographie et de la façon de faire des cartes, qu'est-ce que vous avez trouvé bien et moins bien avec l'ordinateur ?
R :	C'est un peu difficile de répondre, car je n'ai pas encore assez de recul. Avec l'une des deux classes, on a fait un retour. On a l'impression déjà qu'ils ont compris ce que peut être la notion de « centre ». Ils y ont réfléchi, ça c'est certain. Ils ont réussi à mettre en

	cause des certitudes. On était parti du manuel, il y a un « centre » en Europe et il est continu. Là, ils ont vu que cela méritait d'être discuté. D'abord il y avait des ruptures. Par endroits, il y avait des blancs, un centre pouvait donc être discontinu. Ils ont vu par exemple que Madrid et Paris apparaissaient, ressortaient plus fort, alors qu'ils ne sont pas dans la zone centrale de l'Europe. Alors ils ont dit : « Madame, on ne peut pas les laisser de côté, ce n'est pas normal. Ils ont droit à être dans le centre aussi ». Ils avaient réfléchi. Ils avaient une idée, ils tenaient à l'argumenter. Je ne pense pas que j'ai déjà vu cela dans un cours sur l'Europe. Le fait de réfléchir individuellement d'abord, puis ensemble, le fait de tenir à son point de vue sur une notion de géographie, quand même ils essayaient de le défendre…»
Q :	Ils essayaient donc de déconstruire la notion, de comprendre qu'il n'y avait pas de certitude et que finalement, derrière ces notions, on peut discuter. Vous avez regardé la façon dont ils travaillaient à l'écran. Est-ce qu'ils utilisaient plutôt la carte, en mettant par exemple des couleurs (en foncé pour le centre et en clair pour les périphéries), ou est-ce qu'ils utilisaient plutôt les données ? Et dans ce cas-là, quelles sont les différences, quels sont les problèmes ?
R :	Ils préfèrent passer par la carte. Pour eux, c'est plus lisible. Mais ils ont été obligés de passer par la base de données pour les villes, parce qu'ils ne connaissaient pas les noms des villes et on ne les voyait pas affichés. Mais beaucoup n'ont pas réussi à les afficher par l'outil de symbolisation. Certains ont pensé à passer par l'icône « Information » pour faire apparaître chaque nom de ville sur la carte. Cela va plus vite pour répondre, ils sont utilitaires. Ils n'ont pas besoin de rechercher dans les villes, c'est là. Mais pour faire une analyse de localisation, c'est plus facile pour eux de passer par la carte.
Q :	Quand vous dites « analyse », qu'est-ce qu'ils ont analysé dans les données et dans la carte ? Est-ce qu'ils ont cherché par exemple à mettre des couleurs sur la carte ?
R :	Alors… les filles mettent du rose parce que c'est plus joli. Mais c'est une minorité. Il y en a beaucoup qui ont essayé des couleurs, qui se sont dit : « cela ne va pas, on ne voit rien », ou des tailles : « qu'est ce que tu fais quand tu ne vois rien, et bien je vais changer la couleur ou la taille… ». Ils mettaient des couleurs pour mieux voir et pas du tout des couleurs qui exprimaient quelque chose. Par exemple, pour les villes dynamiques, ils n'ont pas choisi le rouge pour exprimer le dynamisme, mais pour que cela se voit.

Q :	Est-ce que vous pensez donc que vous pouvez utiliser l'outil SIG pour leur apprendre à maîtriser le langage cartographique ou que ce n'est pas forcément ce type d'outil qu'il faut utiliser ?
R :	Je pense qu'il y a des outils plus efficaces pour cela. Par exemple des outils de cartographie en ligne ou des cédéroms de carto… ou même le papier-crayon, je pense que cela va bien.
Q :	Alors quel intérêt à utiliser la plate-forme SIG du point de vue des compétences cartographiques ?
R :	Je pense que cela permet de croiser des informations. Ce n'est pas tellement pour la maîtrise du langage que c'est utile, c'est plutôt pour l'apprentissage de la sélection de l'information géographique, pour la construction d'une carte qui a du sens et qui porte un message. Je pense que c'est porteur d'une idée, d'une théorie…
Q :	Vous voulez dire que la carte est plus démonstrative ? Les élèves l'ont-ils saisi ?
R :	Oui, les élèves l'ont saisi. Certains l'ont saisi. Dans la dernière séance, quand il s'agit de leur dire de choisir une carte qui montre les différences entre les villes et entre les régions, ils ont posé deux ou trois questions : « je sais pas la différence de quoi, qu'est-ce que tu as vu, quel type de différence tu as vu ? » Il y en a qui ont dit « Madame, c'est bien de rajouter les réseaux routiers parce que cela explique pourquoi il y a des différences. » Ça, c'est quand même du raisonnement. Ils sont allés chercher la couche qui permettait d'expliquer les inégalités, à leur sens en tout cas. Ça, je trouve que c'est intéressant. Après quelles villes on va afficher ? Ce qui est le plus intéressant, c'est qu'ils ont le choix (les villes, les ports, les bourses…), donc ils ont le choix. Ils ont vraiment choisi en réfléchissant, ils n'ont pas choisi au hasard. Parce qu'ils avaient déjà travaillé sur les villes, ils ont vu que les ports, cela n'affichait que les ports, donc ce n'était pas très intéressant. Du coup, il n'y avait pas Paris. Et par une sorte de « nationalisme », ils ont cherché une donnée qui affichait l'idée qu'ils avaient déjà en tête en quelque sorte. C'est rigolo, quand même…
Q :	Ils argumentaient donc par rapport à ce qu'ils avaient envie de montrer. Certains élèves ont-ils rencontré des choses qu'ils n'attendaient pas forcément ? Ou tous les élèves sont-ils arrivés à la conclusion qu'il y avait une dorsale européenne, un « centre » ?
R :	Alors ça c'était en classe à l'oral, pas forcément à l'écrit. Parce que les élèves ont de grosses difficultés à passer à l'écrit. Par contre, à l'oral, c'est eux qui m'ont dit :

	« Madame, il y a des trous dans cette dorsale. Dans le manuel, elle est continue. Là, il y a des trous. » C'est eux qui ont dit : « Il y a Madrid, Paris… Faut quand même en faire quelque chose. On va pas les laisser de côté sous prétexte qu'ils ne sont pas dans la dorsale. Ils ressortent quand même. » Sur les périphéries, ils ont eu du mal à comprendre la notion de périphérie. Peut-être parce que dans l'exercice, elle n'était pas travaillée autant. On en parlait juste au début, c'était la première partie de l'exercice, montrer les régions les moins densément peuplées et les plus pauvres. Cela leur a échappé, cette notion-là.
Q :	Par rapport à votre façon de travailler d'habitude, par rapport à votre pratique, avez-vous déjà eu l'occasion de partir d'un modèle pour enseigner la géographie ? Ou est-ce que c'est nouveau pour vous de partir du livre et d'utiliser l'ordinateur pour déconstruire le modèle ?
R :	Je ne l'avais jamais fait. Jamais sérieusement en tout cas. On critiquait la carte du manuel, mais pas vraiment le modèle…en tout cas pas avec des hypothèses.
Q :	Si vous deviez maintenant changer des choses pour améliorer la séance, qu'est-ce que vous changeriez ?
R :	Il y a des questions que je changerais, parce qu'elles sont mal formulées, notamment sur les villes. Il y a des choses qui ne vont pas. Le problème, c'est qu'il y a des choses dans le logiciel qui ne fonctionnent pas et qui rendent l'exercice infaisable à la fin [*allusion aux sélections qui ne sont pas conservées à l'écran ni enregistrées sous forme de nouvelle couche*]. Il faudrait revoir cela, la formulation des questions aussi. Ce qu'il y a de bien, c'est le passage de l'étape 2 où tout est détaillé à l'étape 3 où rien est détaillé. Ça c'est un défi, un petit peu. Et certains ont réussi à le relever comme un défi. C'est-à-dire que cela les a motivés. D'autres ont été un peu perturbés, mais finalement ils ont fini par réussir. Ça je le garde, parce que ça c'est bien. Pour la production de la carte à l'étape 4, il faudrait mieux détailler ce que l'on veut. Parce qu'ils ne lisent pas très bien, c'est une phrase qui est longue. Il faudrait détailler un petit peu.
Q :	On dit souvent que raisonner en géographie, c'est raisonner sur l'espace. Est-ce que les élèves ont pu changer d'échelle sur l'espace étudié ?
R :	Oui, notamment quand ils doivent afficher le trafic routier. S'ils ne changent pas d'échelle, ils ne voient rien du tout. Ils ont changé d'échelle, ils ont zoomé pour pouvoir voir où il y avait des changements dans le trafic. Ils ont zoomé pour cela.

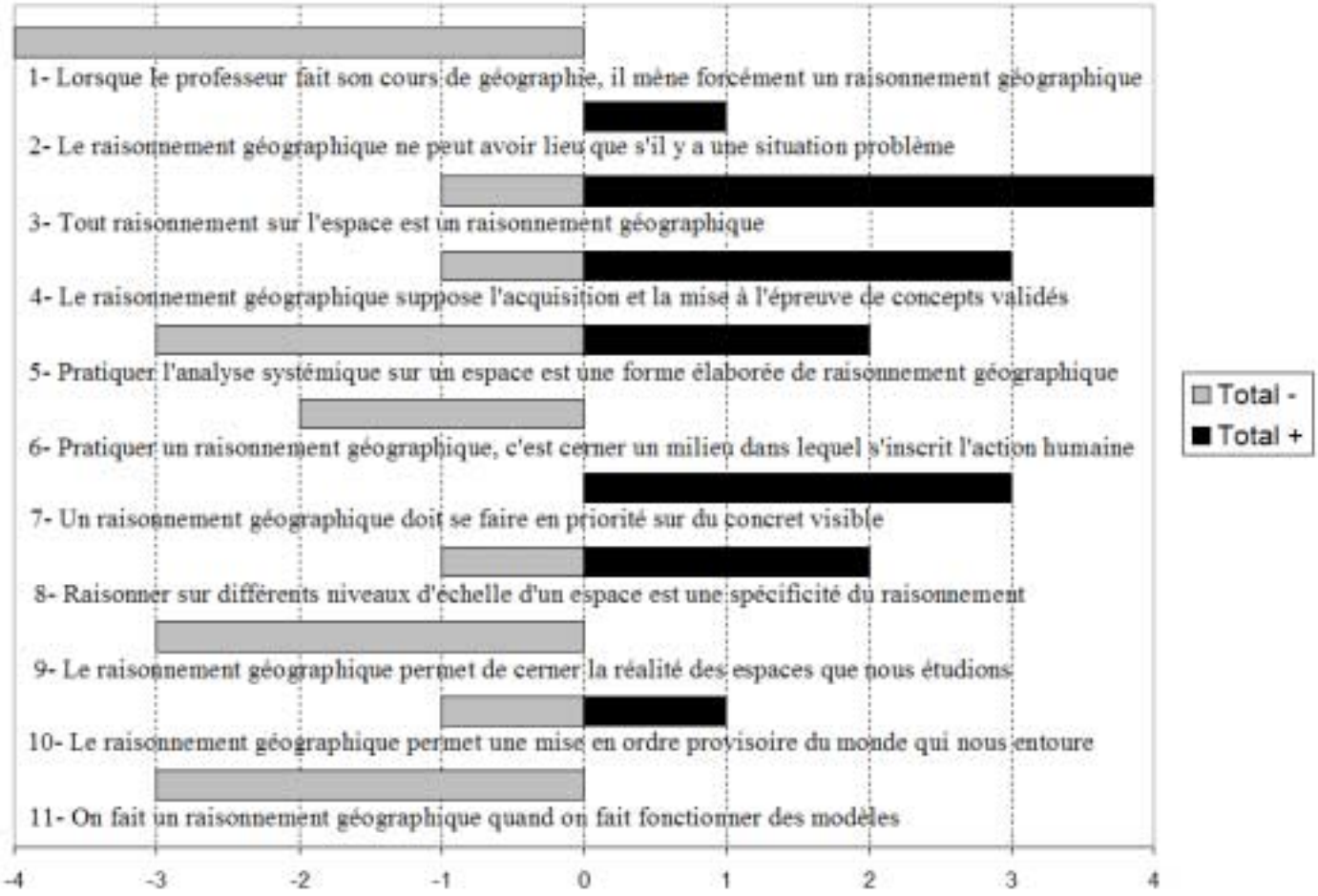
Q :	Et une fois qu'ils ont zoomé, ils sont revenus à l'échelle de départ ?
R :	Oui effectivement. Ils ont eu du mal à reculer, mais ils sont revenus à l'échelle.
Q :	Est-ce que vous aimeriez que les élèves puissent zoomer aussi sur des sous-centres et des sous-périphéries, pour faire fonctionner le modèle à une échelle plus fine ?
R :	Pourquoi pas ! Mais c'est une séance qui demande beaucoup d'énergie, qui est très longue aussi, parce que sinon on les met en situation d'échec. Ils ont du mal aussi à comprendre qu'ils ne peuvent pas se tromper, c'est-à-dire… ils peuvent se tromper sur des localisations, mais dans la construction d'une carte, ils ne peuvent pas se tromper. C'est une expression personnelle en quelque sorte. Donc cela leur prend beaucoup de temps. Et il ne faut pas les mettre en situation d'échec, sinon on rate l'essentiel. Donc cela prend beaucoup de temps et beaucoup d'énergie, parce qu'ils sont super contents d'être en autonomie, à condition qu'on soit derrière. Cela prend beaucoup d'énergie. Je le ferais donc volontiers, mais pas dans la continuité. Peut-être lorsqu'on travaille sur l'aménagement en France, pour faire une euro-région, par exemple la région Sarlorlux [*Sarre-Lorraine-Luxembourg*]. Mais pas dans la continuité, parce que c'est trop.
Q :	D'accord, parce que c'est lourd à porter. Et donc l'insertion de cette séance informatique par rapport au cours sur l'Europe en 4^{e}, cela vous paraissait au bon moment ? Est-ce que les élèves avaient déjà acquis un certain nombre de notions ? La séance aurait-elle dû venir plus tôt ?
R :	Non, c'était bien là.
Q :	Et par rapport à la première séance de prise en main de l'outil que vous avez faite ? Est-ce que c'était juste une séance d'initiation à l'outil SIG ou cela vaudrait le coup d'utiliser la plate-forme pour faire le cours sur les étapes de la construction européenne ?
R :	Ce n'est pas très adapté pour la construction de l'Union européenne, car il y a un problème dans la base de données pour faire apparaître toutes les dates d'adhésion en même temps. Mais si le problème était résolu, ce serait super, car on peut croiser des informations, ce qu'on ne peut pas faire ailleurs.
Q :	Est-ce que vous avez pensé à des couches qui pouvaient être croisées ?
R :	Oui, je leur ai fait croiser les dates d'adhésion avec les pays les plus peuplés, je crois.
Q :	Et sur l'idée que l'Union européenne n'a pas de limites bien claires, par rapport aux nouveaux pays qui viennent d'adhérer et à ceux qui ont déjà l'euro ou qui sont intégrés

	à l'espace Schengen ? Et là, on arrive à la notion de périphérie aussi ?
R :	Oui c'est intéressant de toute façon, parce que l'on peut croiser des informations.
Q :	Pour vous, la fonction essentielle d'un SIG, c'est de croiser l'information ?
R :	Oui.
Q :	Mais pas forcément interroger l'information ?
R :	Si, aussi. Mais ce n'est pas ce que je veux.
Q :	Si vous deviez classer les fonctions d'un SIG - visualiser, croiser, interroger, dans quel ordre vous les mettez ?
R :	Je mettrais croiser d'abord, interroger ensuite. Visualiser, c'est ce qu'on fait tout le temps et on peut le faire avec plein de choses.
Q :	Mais quand on visualise le résultat de ce que l'on a croisé, c'est aussi de la visualisation. C'est donc avant ou après ?
R :	La visualisation vient après. Il faut d'abord croiser l'information.
Q :	Et si l'élève veut d'abord visualiser pour se rendre compte et choisir le type d'information qu'il souhaite croiser ?
R :	L'élève demande à l'enseignant ce qu'il veut voir. Le fait qu'il y ait une première séance qui soit démonstrative plutôt que… où c'est en activité individuelle, enfin je pense que la manipulation par le professeur est indispensable, avant la prise en main.
Q :	On a beaucoup reproché à l'informatique de faire dériver vers la technique et de ne pas faire voir le raisonnement. Est-ce que vous pensez que vous avez surmonté en partie ce problème ou que cette dérive est toujours là ?
R :	C'est toujours une menace, quand même. Disons pas une menace, mais une tendance vers laquelle on a largement envie de glisser. En tout cas, j'avais peur. Mais avec cet outil-là, je pense que les élèves ont quand même pu raisonner. Même les plus faibles ont quand même été amenés à raisonner. Je pense avoir constaté cela.

ANNEXE 10

« *Raisonner en géographie, pour vous c'est…* »

L'objectif de ce questionnaire est de déterminer quelle conception se font les enseignants du raisonnement géographique et quelles notions ils mettent en priorité derrière cette expression. Il s'inspire de celui proposé par B. Richier lors des *Journées d'étude nationales INRP - IGEN. Atelier 3 : le « raisonnement géographique* » (Amiens - 1991, p 127). Nous avons repris et adapté cette grille (cf questionnaire et réponses p 357). Nous n'avons pas cherché à étudier les représentations initiales des enseignants-expérimentateurs, du fait que nous ne cherchions pas à mesurer des évolutions. Il aurait été intéressant d'interroger les élèves, en adaptant les questions. Même s'ils portent sur un effectif restreint, les résultats témoignent de divergences notables :



Parmi les propositions suivantes, choisissez les trois propositions qui vous conviennent le plus (+) et les trois propositions qui vous conviennent le moins (-) :

	Prof. 1	Prof. 2	Prof. 3	Prof. 4	Prof. 5	Prof. 6
1- Lorsque le professeur fait son cours de géographie, il mène forcément un raisonnement géographique		-		-		-
2- Le raisonnement géographique ne peut avoir lieu que s'il y a une situation problème			+		-	
3- Tout raisonnement sur l'espace est un raisonnement géographique		-	-			-
4- Le raisonnement géographique suppose l'acquisition et la mise à l'épreuve de concepts validés	+		-			+
5- Pratiquer l'analyse systémique sur un espace est une forme élaborée de raisonnement géographique		+	+	+		
6- Pratiquer un raisonnement géographique, c'est cerner avant tout les composantes d'un milieu dans lequel s'inscrit l'action humaine	-				-	
7- Un raisonnement géographique doit se faire en priorité sur du concret visible (sortie de terrain, diapos, paysage)	+	-		+	-	-
8- Raisonner sur différents niveaux d'échelle d'un espace est une spécificité du raisonnement géographique	+	+		-		+
9- Le raisonnement géographique permet de cerner la réalité des espaces que nous étudions	-	+		+	+	+
10- Le raisonnement géographique permet une mise en ordre provisoire du monde qui nous entoure			+			
11- On fait un raisonnement géographique quand on fait fonctionner des modèles	-		-	-	-	
12- Autre réponse						