
Géomatique et enseignement secondaire

De l'accès à l'information géographique à la construction de jeux de données adaptés au contexte scolaire

Cyrille Chopin¹, Sylvain Genevois²

1. Lycée Guillaume Le Conquérant
Allée de la Côte Blanche, 76170 Lillebonne, France
cyrille.chopin@ac-rouen.fr

2. Laboratoire ICARE (EA 7389), Université de la Réunion,
1, allée des Aigues-Marines, 97487 Saint-Denis cedex, France
sylvain.genevois@univ-reunion.fr

RÉSUMÉ. L'accès, en voie de généralisation, à des bases de données ouvertes et souvent gratuites, est de nature à contribuer à enrichir et à faciliter les pratiques de la géomatique dans l'enseignement secondaire. Pour ce faire, les élèves comme les enseignants doivent être en mesure de disposer de jeux de données adaptés à leurs besoins. La valorisation de l'open data revêt un double défi. Il s'agit, d'une part, de surmonter l'obstacle que représentent des données brutes et issues de sources très différentes, mais aussi, de procéder à une mise en forme de celles-ci de manière à les adapter au contexte scolaire. C'est ce double enjeu que nous nous proposons d'interroger ici. Nous présentons d'abord les enjeux liés au développement exponentiel de l'information géographique en montrant que l'accès en open data n'a pas résolu tous les problèmes. Puis nous analysons les usages réels des enseignants à partir d'une base de scénarios pédagogiques proposés aux enseignants du secondaire. Enfin nous dégageons les besoins spécifiques en termes d'outils et de données utilisables en collège-lycée.

ABSTRACT. The growing access to open and generally free databases enables to contribute to develop and facilitate the use of geomatic tools in secondary education. For that purpose, pupils and teachers are expected to have data sets adapted to their needs. Promoting open data is a double challenge: overcoming the obstacles that raw data from different sources may represent and adapting the data to the school context. We first present the issues related to the exponential development of geographic information by showing that open data has not solved all problems. Then we analyze the actual uses of teachers from a dataset of teaching scenarios proposed to secondary school teachers. Finally we show the specific needs in terms of tools and data usable in secondary education.

MOTS-CLÉS : géomatique, information géographique, open data, jeux de données pédagogiques, scénarios d'usage.

KEYWORDS: geomatic, geographic information, open data, data sets for education, teachers practices, pedagogical scenarization.

DOI:10.3166/ISI.22.5.35-52 © 2017 Lavoisier

« 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) ?

1. Introduction

La géomatique (terme désignant le croisement des sciences géographiques et informatiques), désigne l'utilisation des technologies numériques pour acquérir, traiter, visualiser et communiquer l'information géographique. Bien qu'elle soit restée longtemps confinée dans la sphère professionnelle, la géomatique commence à se diffuser dans la sphère sociale et auprès du grand public. Elle désigne un ensemble d'outils numériques depuis les logiciels de cartographie thématique jusqu'aux systèmes d'information géographique (SIG), en passant par les outils de géolocalisation (du type GPS), de traitement d'images satellitaires, de visualisation d'images numériques en 2D ou en 3D sur Internet (du type globes virtuels), etc. Au-delà de la variété des outils géonumériques¹, c'est bien le géoréférencement (attribution de coordonnées géographiques en latitude et en longitude) qui est le dénominateur commun et qui permet de disposer de données à référence spatiale. Les professionnels et les chercheurs n'étant pas les seuls à manipuler des données géolocalisées, il importe de s'interroger sur les implications de la révolution de l'information géographique dans le domaine de l'enseignement.

Comparés aux usages sociaux et professionnels, il semble que les usages scolaires des outils géomatiques soient restés longtemps minoritaires dans l'enseignement secondaire (Genevois, 2011). Du moins convient-il de distinguer entre l'usage d'outils SIG plutôt réservés au monde professionnel et à la recherche – dont l'emploi reste assez faible dans le contexte scolaire – et l'usage grand public des globes virtuels (du type Google Earth, Google Maps, Bing Maps ou Géoportail, etc.), dont la diffusion est de plus en plus généralisée dans l'enseignement secondaire.

Le but de cet article est d'identifier les usages actuels de l'information géographique afin de déterminer les besoins des enseignants et de faciliter la construction de jeux de données adaptés au contexte scolaire. L'accès à l'information géographique a surtout été pensé jusque-là comme un problème de mise à disposition des données à travers des fournisseurs et des infrastructures de données, sans réelle prise en compte des besoins des utilisateurs en contexte scolaire. La diffusion croissante de l'information géographique, en lien notamment avec la diffusion de l'*open data*² et la participation des citoyens eux-mêmes dans

1 Le terme géonumérique (Joliveau, 2007 ; Desbois, 2008) recouvre en partie le terme de géomatique mais dans une perspective plus large, celle de la place des technologies numériques dans notre société de l'information et de la communication.

2. L'Open Data promeut et valorise les données « qui peuvent être librement utilisées, réutilisées et redistribuées par quiconque - sujettes seulement, au plus, à une exigence

l'élaboration et le partage de nouvelles données sur Internet, induisent de fait de nouveaux enjeux civiques liés à la maîtrise de l'information géographique. Nous présentons d'abord les enjeux liés au développement exponentiel de l'information géographique en montrant que l'*open data* n'a pas résolu tous les problèmes. Puis nous analysons les usages réels des enseignants à partir d'une base de séances pédagogiques proposés aux enseignants du secondaire. Enfin nous dégagons les besoins spécifiques en termes d'outils et de données utilisables en collège-lycée.

2. Le développement exponentiel de l'information géographique et les problèmes d'accès aux données

2.1. Un accès en partie facilité par le développement de l'*open data*

L'essor d'Internet et notamment du géoweb³ favorise l'accès à de l'information géographique riche et abondante. Avec le développement exponentiel des données en ligne, il devient possible d'accéder à des informations gratuites et géoréférencées. L'information géographique sous forme d'information numérique devient plus accessible. Cette démarche d'ouverture s'inscrit dans le cadre de la directive INSPIRE⁴ qui permet, depuis sa mise en place au niveau européen en 2007, de favoriser progressivement les échanges de données au sein des pays membres de l'Union européenne. Mais comme en témoigne le rapport publié en 2017⁵, dix ans après sa mise en place, le bilan reste mitigé. Cette infrastructure de données à l'échelle européenne a certes permis une diffusion élargie des données, mais principalement en ce qui concerne les services administratifs de l'Etat et les collectivités territoriales. La mise à disposition auprès du grand public ainsi que les possibilités d'intégration au sein de systèmes d'informations sont restées plus limitées pour plusieurs raisons, notamment pour des problèmes de format et d'interopérabilité, mais également pour des problèmes de droit d'utilisation des données par l'utilisateur final.

Plus que la directive INSPIRE en elle-même, c'est le développement récent de l'*open data* qui est venu rebattre les cartes⁶. L'accès libre et gratuit à l'information

d'attribution et de partage à l'identique, sans restriction juridique, financière ou technique ». (Source : AFIGEO, 2007)

3. Le géoweb s'appuie sur les technologies du web 2.0 pour former comme une « enveloppe d'information qui recouvre la surface terrestre ». (cf blog *Monde Géonumérique* : <https://mondegeonumerique.wordpress.com/2010/06/24/le-geoweb-pour-les-nuls/>)

4. La directive INSPIRE adoptée en 2007 par le Conseil européen établit une infrastructure d'information géographique dans le but de favoriser l'échange de données dans le domaine de l'environnement au sens large à l'échelle de l'Union européenne (directive 2007/2/CE).

5. Infrastructure for spatial Information in Europe (INSPIRE) - Rapport 2017 : http://cnig.gouv.fr/wp-content/uploads/2017/05/Rapport-INSPIRE-2017_Final.pdf

6 Voir par exemple le site portail mis en place par l'Etat pour fédérer l'accès libre à toutes les données diffusées par les services publics en France : <https://www.data.gouv.fr/fr/>

géographique s'est en effet généralisé à l'initiative de divers organismes publics ou privés qui ont souhaité, dans un souci de communication ou de transparence, ouvrir leurs systèmes d'information au grand public. L'*open data*, au sens d'ouverture des données publiques, est devenue aujourd'hui une obligation pour toutes les collectivités locales de plus de 3 500 habitants depuis l'adoption de la loi pour une République Numérique (loi du 7 octobre 2016). Cette loi, dite « loi Lemaire », achève un chapitre législatif intense autour de l'*open data*. De nouveaux services aux usagers devraient donc voir le jour, mais pour l'instant il s'agit encore d'un principe⁷.

Si l'on déplace le regard du côté des utilisateurs, il convient de distinguer deux types de besoins différents. Le premier besoin concerne l'utilisation spécialisée ou professionnelle. Dans ce cas, la donnée brute suffit car les professionnels ont les outils et les méthodes pour extraire, traiter et analyser les données mises à disposition par les organismes fournisseurs. Le second besoin, tout aussi essentiel, est l'utilisation par le grand public. L'utilisateur final attend des données traitées, synthétisées, accessibles et, si possible, lisibles. S'agissant des enseignants du secondaire, on peut imaginer qu'ils s'inscrivent dans les deux catégories : pour des non spécialistes, il convient de pouvoir accéder à des données adaptées aux thèmes d'enseignement, facilement réutilisables, sans tomber à l'inverse dans des données trop générales et peu exploitables qui seraient délivrées uniquement à des fins de communication externe. Pour les enseignants plus familiarisés (voire experts) dans la manipulation d'informations géographiques, il leur faut pouvoir accéder à des données plus riches pour des sélections et des traitements plus complexes. Mais encore faut-il bien distinguer « donnée » et « information », comme nous allons l'expliquer.

2.2. De la donnée à l'information géographique

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 pour l'élévation), un ensemble d'attributs caractérisant chacun des éléments d'information et une date indiquant le moment où l'information possédait cette localisation et ces attributs. En réalité, la nature de l'information géographique est déterminée par de nombreux autres paramètres. Mais globalement on peut dire qu'une information est une donnée à laquelle un sens et une interprétation ont été donnés. Si l'on adopte une vision synthétique, un SIG transforme des données en informations au moyen de traitements (intégration, sélection, analyse, synthèse,

⁷ Certaines régions (ex. Bretagne) ont été pionnières dans la mise à disposition de données libres et gratuites sur Internet. L'Etat, en lien avec la direction générale des entreprises, a pu également jouer un rôle moteur, par exemple dans la diffusion de données numériques ouvertes dans le domaine du tourisme : <http://www.datatourisme.fr>

comparaison, évaluation). Le système informatique rassemble des données classées et stockées 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 et qu'elles embarquent souvent des informations sujettes à caution, en tous les cas dépendantes de leurs modalités d'acquisition. 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.

En fonction des 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, en fonction d'un modèle de connaissances qui permet d'organiser le réel. La connaissance peut, quant à elle, être définie comme le résultat d'une réflexion sur les informations analysées. L'information géographique produite en sortie n'existe pas en dehors d'un modèle pour organiser la connaissance du monde réel. On peut remarquer que le recours à des modèles mathématiques et physiques est 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. Comme l'explique T. Joliveau :

« Selon 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 d'expérimenter avec des enseignants 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 (Genevois, 2008), 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 découvrons 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 avons 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.

Le traitement de l'information occupe donc une place centrale au sein d'un environnement SIG : le principal atout du SIG est de permettre de créer des informations nouvelles afin 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. La construction de jeux de données pédagogiques, qui soient adaptés au thème d'étude et au niveau des élèves, constitue un obstacle préalable, pas toujours facile à surmonter. Toute la difficulté est de disposer de jeux de données suffisamment riches et de pouvoir articuler, à partir de ces données, des démarches de résolution de problème.

3. Quelles modalités d'accès aux outils et aux données pour les enseignants du secondaire aujourd'hui ?

En 2007, nous avons procédé à une large enquête auprès des enseignants du secondaire (862 répondants de collège-lycée, principalement en histoire-géographie et en sciences de la vie et de la Terre). Cette enquête témoignait déjà à l'époque d'une nette orientation vers les globes virtuels (plus de 80 % des réponses). Les SIG concernaient nettement moins d'utilisateurs, un peu moins de 15 % des enseignants interrogés (Fontanieu *et al.*, 2007). Les problèmes matériels (techniques ou financiers) étaient alors souvent mis en avant. Il s'agissait d'abord, pour 72 % des

répondants, du coût d'acquisition des logiciels, pour 69 % de leur prise en main, pour 68 % du coût d'acquisition des données. Dix ans après cette enquête, force est de constater que l'accès à l'information géographique s'est élargi et s'est beaucoup démocratisé. Le développement des logiciels libres a également facilité l'usage des SIG. Cette enquête serait intéressante à renouveler aujourd'hui pour pouvoir dégager des évolutions.

Afin de pouvoir, malgré tout, saisir les usages des enseignants en termes de données et d'outils géomatiques, nous avons dépouillé et analysé les Edu'bases⁸ en Histoire-Géographie qui recensent, au niveau national, les productions académiques validées par les corps d'inspection. Notre analyse se limite aux séquences proposées en Géographie. Deux profils d'enseignants se dégagent de l'analyse de cette base de scénarios pédagogiques. Chacun des profils est corrélé à un outil. Chacun se traduit par un mode spécifique d'exploitation de l'information géographique et de scénarisation pédagogique.

3.1. Edugéo, une solution hybride qui répond en apparence aux besoins des enseignants

D'après la source analysée, l'outil de prédilection des enseignants du secondaire en matière d'information géographique est Edugéo (référéncé à 59 reprises). L'application en ligne est désormais en accès gratuit depuis la plateforme Eduthèque⁹ pour tout détenteur d'un courriel académique.

Edugéo est le fruit d'un partenariat entre l'Education nationale et l'Institut géographique national (IGN). L'outil est désormais double : un premier module est dédié à la visualisation de données géolocalisées et à la réalisation de croquis, le second est un module de cartographie thématique en ligne. Le premier module permet l'affichage de tuiles géoréférencées (appelées « fonds ») issues de l'IGN, puis d'autres organismes publics, comme le Bureau des recherches géologiques et minières (BRGM), lorsque le partenariat initial s'est élargi. Les couches offertes sont disponibles isolément ou réunies au sein de dossiers qualifiés de « pédagogiques » dans un effort d'adaptation aux programmes scolaires. Ces derniers réunissent en effet des couches d'information géographiques centrés sur un territoire dont l'étude en classe revêt un intérêt spécifique au regard des thématiques abordées dans les programmes du secondaire¹⁰. Par ailleurs, les versions récentes

8 Les Edubases constituent une banque de scénarios pédagogiques pour l'enseignement secondaire. Elles sont consultables sur le site Eduscol du ministère de l'Education nationale : <http://eduscol.education.fr/bd/urtic/histgeo/>

9 Eduthèque est un portail qui met à disposition des enseignants du primaire et du secondaire des ressources pédagogiques issues d'établissements publics culturels et scientifiques. Certains services, dont Edugéo, sont par ailleurs accessibles aux classes sur inscription préalable de leur enseignant. Consultable sur Internet : <http://www.edutheque.fr/accueil.html>

10. Noter qu'Edugéo, à l'instar du géoportail de l'IGN présenté comme « le portail national de la connaissance du territoire », ne couvre que la France et ses territoires ultramarins. Les

d'Edugéo permettent d'insérer désormais des services au format *Open Geospatial Consortium* (OGC) et d'enrichir ainsi la palette des couches proposées par défaut. Cependant, seule est supportée la norme WMS (*Web Map Service*) qui fournit des couches d'information sous formes d'images, à l'exclusion de la norme WFS (*Web feature Service*) qui permet, elle, d'interroger directement les données. Il n'est par ailleurs plus possible de charger des données importées aux formats **.kml* ou **.geojson*, ni même de télécharger les couches d'information des dossiers pédagogiques pour les utiliser dans un SIG, alors que le choix avait été initialement de mettre à disposition les principales bases de données issues de l'IGN (telles la BD Carto®, la BD Topo® ou la BD Ortho®). En matière de diffusion des données, les services offerts par Edugéo se traduisent donc par une interprétation étroite de la norme INSPIRE qui tend à fournir uniquement la visualisation de données en ligne, à l'exclusion de tout téléchargement. Cela renvoie à la question du choix entre simple géovisualisation ou véritable interrogation et traitement des données. L'outil de dessin permet de représenter les principaux figurés afin de réaliser un croquis simple, avec titre et légende. Le second module permet de réaliser des cartes thématiques à partir d'une base de données statistiques importée par l'utilisateur ou sélectionnée parmi un ensemble de données issues, pour l'essentiel, de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE). L'outil permet de sélectionner aussi bien le mode de symbolisation cartographique que le mode de discrétisation des données. La carte thématique réalisée peut ensuite être imprimée ou enregistrée au format **.carte*. Tout en permettant de représenter des données quantitatives, et de les intégrer au premier module de croquis, ce deuxième module de cartographie statistique ne permet pas véritablement d'effectuer des traitements statistiques de base comme le calcul d'une moyenne ou l'interrogation de ces données par le biais par exemple de requêtes attributaires. Les productions des deux modules peuvent être enregistrées aux formats **.crq* et **.carte* qui restent cependant peu ouverts (ils ne peuvent être lus qu'avec Edugéo). Le partage ou la mutualisation de données restent circonscrits aux personnels de l'Éducation nationale (enseignants ou élèves) ainsi qu'à l'application Edugéo elle-même.

Au sein de ces 59 occurrences, seules 42 fiches sont consacrées à la présentation d'une séance de cours. Nous n'en retiendrons que 40. Deux d'entre elles utilisent en effet le module Edugéo-QGIS qui a aujourd'hui disparu d'Edugéo. Les enseignants ont majoritairement recours à Edugéo pour accéder à de l'information géographique visualisable directement sur la plateforme (28 séances sur 40). Le recours aux dossiers pédagogiques reste peu développé (seules 8 présentations y font explicitement référence). Pour près de la moitié des 28 séances analysées, les données issues d'Edugéo sont complétées par des ressources documentaires mobilisées en externe (essentiellement des textes et des cartes prélevés sur Internet). En dépit des possibilités offertes aux enseignants pour importer leurs propres

enseignants préfèrent donc utiliser Google Maps ou Bing Maps pour pouvoir étudier des territoires à l'échelle mondiale.

données (aux formats interchangeables *kml*, *gpx*, *geojson*)¹¹ ou des services WMS, ils se limitent aux fonds mis à leur disposition sur Edugéo. Une seule séance fait exception en proposant l'utilisation d'un fichier au format **.kml* (compatible avec Google Maps). La réalisation d'un croquis au moyen de l'outil dédié est l'activité principale des enseignants (33 des 40 présentations de séances de cours). Leurs usages apparaissent fortement liés à la préparation du croquis géographique exigible au baccalauréat des séries générales. La réalisation du croquis ne prend appui que pour partie sur l'information géographique mise en ligne sur Edugéo. Seules dix séquences pédagogiques s'appuient uniquement sur ces ressources, dont cinq n'ont recours qu'aux seuls fonds réunis au sein des dossiers pédagogiques. Dans le cadre de 12 séances, les ressources qui permettent d'élaborer le croquis à l'aide du module dédié d'Edugéo sont extérieures à la plateforme.

Au vu de ces observations, Edugéo apparaît comme un outil hybride qui tente de relever des défis parfois contradictoires. Le partenariat initial avec l'IGN a limité durablement cet outil à la diffusion de données géolocalisées dont l'usage se borne pour l'essentiel à de la géovisualisation. Cette tendance est amplifiée par ailleurs par les attentes du système éducatif qui vise avant tout à préparer aux modalités de l'épreuve de croquis au baccalauréat. Cependant, la volonté initiale de constituer des jeux de données à travers les dossiers pédagogiques témoigne d'un réel souci de scénarisation pédagogique comme le montrent les exemples de séquences qui accompagnent ces derniers sur le site dédié¹². La mise en place d'un module de cartographie thématique permettant de traiter les données quantitatives semble faire un peu double emploi par rapport à d'autres services cartographiques offerts notamment par l'Observatoire des territoires à l'échelle de la France ou par Eurostats à l'échelle de l'Europe¹³. En tous les cas, ce nouveau service statistique ne permet pas de pallier l'absence de jeux de données géolocalisées, réutilisables au sein d'un SIG.

3.2. Les SIG, des outils issus du monde professionnel détournés à des fins d'enseignement

Moins pratiqués qu'Edugéo, les SIG figurent cependant en référence dans les Edu'bases. Les usages dont témoignent les 19 présentations de séances répertoriées contrastent, par bien des aspects, avec ceux précédemment décrits. Leur choix se

11. Lorsque nous avons procédé à un premier examen de ces fiches, en décembre 2016, la possibilité d'importer de telles données était encore offerte à l'utilisateur.

12. Dossiers pédagogiques disponibles sur le site Edugéo : <https://www.edugeo.fr/support/teaching-book>

13. L'espace de cartographie interactive de l'Observatoire des territoires du CGET : <http://carto.observatoire-des-territoires.gouv.fr/>

Le visualiseur cartographique du site de l'Union européenne Eurostats : <http://ec.europa.eu/eurostat/statistical-atlas/gis/viewer/>

porte principalement sur QGIS¹⁴, un logiciel libre très largement utilisé dans le domaine professionnel ainsi que dans le domaine de la recherche et même aujourd'hui de l'éducation. En premier lieu, ces enseignants préfèrent installer leur logiciel SIG en local (16 séances sur 19), sur les postes de leur établissement ou sur ceux de leurs élèves. La constitution des jeux de données fait elle-même l'objet d'une démarche spécifique. L'enseignant ne se limite pas à sélectionner les données qui lui conviennent au sein d'un catalogue fermé de données prêtes à l'emploi. Il préfère les collecter au sein de sources différentes et, au besoin, les élaborer en procédant à des jointures de tables attributaires, voire en géolocalisant ou en géoréférençant lui-même des données qu'il a acquises. La constitution des jeux de données est parfois l'occasion de collaborations entre enseignants qui n'hésitent pas à mutualiser les jeux de données qu'ils ont constitués.

La production de jeux de données par ces enseignants vise moins à pallier les éventuels défauts d'Edugéo qu'à mettre en œuvre une exploitation différente des données géolocalisées. Les enseignants engagés dans l'exploitation de tels jeux de données privilégient avant tout une démarche hypothético-déductive au service d'une investigation territoriale¹⁵ (la carte comme outil d'exploration) plutôt que l'élaboration d'un croquis géographique (la carte comme résultat d'un processus de production). Dans cette démarche, l'élève est conduit à interroger l'origine des données et leurs traitements possibles mais aussi à évaluer leurs limites, notamment à travers l'examen des métadonnées. La problématique soumise aux élèves fait ainsi l'objet d'une analyse exploratoire par le biais d'un traitement des données fournies (requêtes attributaires et/ou spatiales, exécution d'algorithmes simples comme le calcul d'une zone tampon). Dans une majorité des cas, cette démarche permet de se dispenser d'autres ressources documentaires. La production des jeux de données est donc corrélée à une démarche pédagogique : elle vise à offrir aux élèves les conditions nécessaires et suffisantes pour développer un raisonnement autonome avec un SIG mobilisé comme support principal d'interrogation et de réflexion.

Le recours par certains enseignants à des logiciels professionnels de manipulation et de traitement des données géolocalisées s'explique avant tout par une démarche pédagogique différente. Tout en exigeant un effort plus élevé de prise en main, elle se traduit par une relation plus directe de l'enseignant aux données géolocalisées. En effet, l'enseignant a plus de latitude dans ce cadre pour concevoir ses propres jeux de données pédagogiques. À côté de cette banque de scénarios pédagogique, il semble important de prendre également en compte les expérimentations pédagogiques qui constituent un observatoire privilégié pour interroger les spécificités d'élaboration de jeux de données pédagogiques.

14. Site de présentation et de téléchargement du logiciel QGIS : <http://qgis.org/fr/site/>

15. Les professionnels réalisent un « diagnostic territorial » afin de dégager les enjeux et les dynamiques du territoire. Nous préférons parler en contexte scolaire d'une « investigation territoriale » au sens où les élèves explorent le jeu de données pour y chercher des problématiques simples posées à ce même territoire.

4. Constituer des jeux de données à destination d'élèves et d'enseignants du secondaire : vers une approche spécifique

Les expérimentations pédagogiques que nous conduisons depuis plusieurs années (2014-2017) nous ont permis de dégager des besoins en termes de jeux de données pédagogiques adaptés aux besoins des enseignants. Dans quelle mesure ces besoins sont-ils spécifiques ?

4.1. Des jeux de données SIG adaptés à différentes démarches pédagogiques

La transposition du protocole ARDI (acteurs, ressources, dynamiques, interactions) (Etienne, 2009) à l'enseignement secondaire nous a permis d'expérimenter l'usage par les élèves de jeux de données complexes. Dans ce scénario d'apprentissage, les élèves réalisent, dans un premier temps, une investigation territoriale qui conduit à l'élaboration d'un diagramme des interactions. Pour ce faire, ils identifient les acteurs directs et indirects du territoire étudié, puis les relations qu'ils entretiennent entre eux ou avec le territoire. C'est ce diagramme qui sert de modèle, de support à leur prise de décisions qui intervient dans un second temps. Pour conduire les élèves à élaborer leur modélisation sous la forme d'un tel diagramme, ils analysent un jeu de données à l'aide d'un SIG (Genevois et Chopin, 2016).

Les jeux de données mis à leur disposition sont composés de nombreuses couches d'information, plus d'une vingtaine pour étudier par exemple le système territorial dans lequel s'insère le Grand Cul-de-Sac marin en Guadeloupe (Chopin, 2015). Ces couches sont de différente nature (couches vectorielles, images géoréférencées, modèle numérique de terrain, etc.). La richesse et la diversité de ces données offrent la possibilité aux élèves de conduire une analyse spatiale en traitant l'information géographique. Par exemple, ils commencent par géovisualiser les couches qui témoignent des dynamiques démographiques pour identifier les populations urbaines littorales comme actrices du système territorial du Grand Cul-de-Sac marin à partir des. Puis, ils analysent les éventuelles conséquences de ces dynamiques sur le territoire d'étude. Pour ce faire, ils réalisent des requêtes spatiales ou attributaires selon un mode de raisonnement hypothético-déductif. L'affichage des communes dont le taux de croissance annuel moyen entre 2006 et 2012 est positif permet ainsi d'invalider pour partie l'hypothèse selon laquelle la seule croissance démographique est à l'origine d'une dégradation de ce même milieu. La possibilité d'un affichage différencié des couches d'information ouvre en outre la voie à l'exploration de sous-systèmes actoriels ou scalaires au sein du système territorial en cours de modélisation. Par exemple, la comparaison du trait de côte en 1956 et en 2004 permet de valider ou d'invalider l'hypothèse d'une élévation du niveau de la mer dans le Grand Cul-de-Sac marin. De même, la confrontation des couches liées à la filière de la canne à sucre avec celles du relief et de l'hydrographie

permet de mettre en évidence les interactions entre ce système agro-industriel et le milieu étudié.

Un jeu de données peut être également mis au service d'une démarche moins ouverte, simplement pour trancher une question précise. Il s'agit en effet pour l'élève de valider tout ou partie d'un énoncé qui lui est soumis. Par exemple, en classe de Terminale, un jeu de données géolocalisées classées par thème (politique, économique, financier, culturel, etc.)¹⁶ peut permettre à un groupe d'élèves de déterminer, à partir d'une définition, si une métropole telle que New York est une ville mondiale et/ou globale. Par le biais d'une simple géovisualisation des données fournies, le travail de chaque groupe consiste alors à valider les différents éléments de chacune des deux notions. Il est par ailleurs possible de caractériser avec un jeu de données des processus selon la même démarche. Par exemple, la ségrégation à l'œuvre dans la métropole new-yorkaise peut être ainsi abordée à travers ses différentes composantes, sociale, économique ou ethnique, dont les élèves valident successivement l'existence grâce à un jeu de données thématiques. Cette validation est rendue plus aisée par le recours à des requêtes attributaires qui permettent d'isoler les espaces où ce processus est le plus actif.

4.2. Un public et un contexte scolaires spécifiques

Le recours à des outils géomatiques, qu'ils soient conçus pour un environnement scolaire comme Edugéo ou issus du monde professionnel comme QGIS ainsi que l'usage des données qui leur sont associées, induisent deux questions lors de l'élaboration d'un jeu de données pédagogiques. La première consiste à s'interroger sur la place que doit prendre l'apprentissage des compétences géomatiques dans la conception d'une séance ou d'une séquence d'apprentissage. La seconde réside dans l'évaluation des conditions de sa mise en œuvre.

Concevoir un jeu de données pédagogique suppose de surmonter une contradiction propre au cadre scolaire. Contrairement aux experts territoriaux que sont, par exemple, le géographe ou l'aménageur, l'élève n'est pas géomaticien et a peu de chances statistiquement de le devenir même si ce métier est en pleine expansion. Il doit cependant mettre en œuvre une démarche qui le rapproche de ces professionnels. Pour la mener à bien, il est conduit également à mobiliser certaines compétences en matière de traitement de l'information géographique. Il est donc nécessaire, lors de l'élaboration d'un jeu de données pédagogique, de prendre en compte ces éléments. Par exemple, dans le cadre de la transposition du protocole ARDI à l'enseignement secondaire, nous nous sommes heurtés au manque de proximité des élèves par rapport au territoire étudié. En effet, la « modélisation d'accompagnement » est conduite en milieu professionnel avec des acteurs qui possèdent une réelle proximité avec la ressource dont il modélise la gestion et, plus

16. Le jeu de données peut être téléchargé sur le site de l'académie de Rouen : <http://hist-geo.spip.ac-rouen.fr/spip.php?article5861>

généralement, avec le territoire dans lequel elle s'insère. Mobiliser des ressources documentaires pour argumenter son point de vue est une démarche relativement aisée pour ces acteurs. Elle l'est beaucoup moins pour des élèves lorsque la proximité avec le territoire étudié est réduite. Ils mesurent en effet plus difficilement les enjeux qui caractérisent le territoire qu'ils étudient. Pour surmonter cet obstacle, nous avons opté pour un classement en dossiers des différentes couches d'information. L'objectif est d'accompagner les élèves dans leur prise d'autonomie. Pour les classes de Troisième, les titres de ces dossiers sont formulés sous forme de questions de manière à aider les élèves à expliciter le problème initial et à les accompagner dans leur démarche de résolution de problème. La constitution du jeu de données doit cependant créer un cadre pour la réflexion des élèves sans induire les réponses (le plus souvent plurielles) au problème posé. Selon nous, surmonter cette difficulté tient moins à la nature des données mises à disposition des élèves qu'au mode de classement en dossiers des couches d'information. Ainsi, toujours dans le cadre de la transposition du protocole ARDI à l'enseignement secondaire, avons-nous opté, en classe de Première, pour la constitution d'une petite base de données classées par thèmes. C'est au sein de celle-ci que les élèves doivent choisir eux-mêmes les couches d'information les plus pertinentes pour valider ou invalider leurs hypothèses et étayer ainsi la construction de leur raisonnement. L'élaboration de jeux de données pédagogiques relève non seulement d'un choix de données pertinentes et de qualité mais aussi, et surtout, de leur structuration interne au sein du jeu de données.

Par ailleurs, l'usage de ces données par les élèves se heurtent à de nombreuses contraintes en classe. En premier lieu, la durée d'une séance de cours interdit l'exécution de certains traitements et conduit à leur réalisation en amont par le professeur lors de l'élaboration du jeu de données. Ainsi, si la réalisation d'un cartogramme du territoire métropolitain en fonction des populations communales permet aisément de mettre en évidence l'importance du fait urbain en France, il est inconcevable de mener à bien un tel traitement en classe d'autant que certains établissements ne sont pas équipés d'ordinateurs dotés de processeurs suffisamment performants. Le mode de diffusion de données peut par ailleurs constituer un obstacle à leur accès par les élèves. Ainsi, la connexion à des bases de données distantes requiert une bande passante qui fait parfois défaut à certains établissements dont la connexion Internet est à bas débit.

Créer les conditions d'un accès à des données géolocalisées, quelle que soit la nature ou la qualité de ces dernières, n'est pas suffisant pour mettre à disposition des élèves un jeu de données à vocation pédagogique. Son élaboration doit être articulée avec une démarche pédagogique. Dans nos expérimentations, cette nécessaire articulation se traduit par une organisation particulière des données qui tient compte tout autant des compétences géomatiques que du degré d'autonomie des élèves. Enfin, ces jeux de données à vocation pédagogique doivent s'adapter aux contraintes inhérentes au cadre scolaire. En ce sens, l'élaboration d'un jeu de données

pédagogiques témoignent de réelles spécificités dont il faut tenir compte en amont lors de leur diffusion par Internet.

5. De l'élaboration des jeux de données pédagogiques à leur diffusion et leur usage dans un cadre pédagogique : enjeux et perspectives

5.1. Conception et partage de jeux de données pédagogiques : l'expérience acquise à partir de la plateforme Géowebexplorer

L'expérimentation conduite à partir de la plateforme GeoWebExplorer (Joliveau et Genevois, 2007) permet de mettre en perspective les principaux enjeux liés à la conception et au partage de données SIG sur Internet. Elle a été testée et validée dans le cadre d'un travail de thèse de 2005 à 2008 (Genevois, 2008). Il s'agit d'une plateforme SIG conçue par l'université de Saint-Etienne et adaptée à l'enseignement secondaire¹⁷. Cette plateforme pédagogique proposait un environnement d'apprentissage constitué de tutorats, de cours, d'exercices et de jeux de données accessibles et exploitables en ligne au moyen des principales fonctionnalités de visualisation et d'analyse spatiale propres à un SIG. Elle offrait donc la possibilité de proposer un environnement pédagogique adapté et de mutualiser des scénarios d'apprentissage. L'expérimentation de cette plateforme par des enseignants de collège-lycée témoigne d'une inégale maîtrise des outils géomatiques et souligne l'importance d'un travail en équipe pour diffuser leur maniement. Elle met également en évidence la nécessaire distinction entre concepteurs et usagers des jeux de données : chaque enseignant n'a pas vocation à devenir concepteur de jeux de données. Les compétences nécessaires à leur élaboration (géoréférencement, jointure, etc.) sont en effet distinctes de celles que requièrent leur visualisation ou leur analyse (requêtes attributaires et spatiales, création de zone tampon, etc.). Le bilan de cette expérimentation souligne également la nécessaire construction de ces jeux de données par certains enseignants « experts » pour les rendre appropriables par d'autres. Elle suppose donc une articulation entre conception des jeux de données et scénarisation pédagogique et, *a minima*, une adaptation possible des jeux de données pour différents niveaux d'exploitation et différents types d'enseignants.

5.2. Vers de nouvelles infrastructures de diffusion et de partage de données

Précédemment, nous avons souligné l'importance de l'organisation des données pour conférer une dimension pédagogique à l'information géographique. En termes d'élaboration de jeux de données, il apparaît important d'envisager une adaptation possible à la démarche retenue par l'enseignant et au degré d'autonomie des élèves. Pour ce faire, il nous semble nécessaire de disposer d'une plateforme de travail

17. Cette plateforme SIG a été abandonnée mais l'expérience acquise a permis de poursuivre à partir de 2011 sur une autre plateforme collaborative et à distance, davantage orientée vers l'usage du géoweb (voir l'article de T. Joliveau *et al.*, p. 11-33).

collaboratif pour co-construire des jeux de données à des fins pédagogiques, pour pouvoir les modifier et les mettre à jour. La gestion collaborative et coopérative des données constitue une préoccupation à la fois des développeurs de solutions SIG et des communautés d'utilisateurs qui souhaitent partager des bases d'information géographique sur Internet¹⁸. Le géoweb apparaît de ce point de vue comme « un moteur important de géocollaboration » (Mériciskay, 2008). A l'instar d'autres éditeurs de SIG, l'entreprise ESRI propose une plateforme de partage, ArcGis Online dont l'accès est gratuit pour des usages de base¹⁹. On y trouve notamment une importante communauté d'enseignants aux Etats-Unis autour des activités proposées par J. Kerski chargé de développer les usages éducatifs au sein d'ESRI²⁰.

Du côté du monde libre, d'autres solutions de plateformes existent. La plateforme GitHub²¹ nous semble offrir des perspectives intéressantes. La possibilité offerte de *forker* (littéralement « créer un embranchement ») un ensemble de données, c'est-à-dire d'en créer une copie et de le remanier selon des projets successifs, est de nature à favoriser les échanges entre utilisateurs d'un même jeu de données²². Un même jeu de données peut être remanié et adapté à différentes démarches pédagogiques. Bien que son interface soit assez austère et minimaliste, GitHub commence à être utilisé comme solution d'hébergement et de partage de jeux de données par des communautés d'utilisateurs qui ne sont pas uniquement des développeurs. D'autres plateformes sont disponibles telles les infrastructures de données spatiales. Parmi elles, GeOrchestra²³, développée à partir de 2009 pour répondre à la norme INSPIRE, adosse un visualiseur cartographique à un serveur de données géolocalisées et un catalogue de métadonnées, ce qui permet de fournir un accès direct à l'information géographique. L'utilisateur peut ainsi agencer ses données. En termes de partage, ce type d'infrastructures de services cartographiques reste malgré tout limité car l'utilisateur-concepteur de jeux de données n'a pas la possibilité d'organiser au préalable ces données en local. Certaines solutions de *webmapping* permettent cependant de disposer d'un prolongement en ligne du SIG

18. Voir par exemple l'importante communauté constituée par OpenStreetMap à l'échelle internationale : <https://www.openstreetmap.org/>

19. ArcGisonline (ESRI) <https://www.arcgis.com/home/index.html>

20. J. Kerski et le Programme éducatif d'ESRI : <https://community.esri.com/blogs/josephkerski/>

21. Disponible depuis près de dix ans, la plateforme GitHub a surtout été utilisée au départ par des développeurs, mais elle commence à s'ouvrir à des usages pour le grand public.

22. Nous avons par exemple constitué un jeu de données consacré à la production et à la consommation locale dans l'agglomération du Havre afin de l'adapter à une étude de cas en Seconde selon une démarche exploratoire, puis nous l'avons transformé de manière à l'intégrer dans une démarche plus argumentative et dans le cadre de la préparation d'un croquis répondant aux attentes de l'épreuve du baccalauréat : <https://github.com/chopina04/ConsommationProductionAlimentairesLeHavre2016/tree/chopina04-patch-1>

23. GeOrchestra : <http://www.georchestra.org/fr/>. Cette plateforme commence à être utilisée pour des projets qui concernent l'enseignement secondaire (voir l'article de J Mothe et G. Rieu dans ce même numéro)

mobilisé en local. C'est le cas par exemple d'une plateforme comme QGIS Cloud²⁴ qui permet de mettre en ligne des projets cartographiques réalisés à partir du logiciel QGIS avec une extension dédiée (*plugin*). Après connexion à son espace de stockage, il est possible de créer directement en ligne une version du projet qui respecte l'organisation en dossiers, élaborée préalablement en local avec le logiciel QGIS. Cette solution est séduisante mais présente aussi des limites. L'espace dédié à la création de bases de données sur QGIS Cloud est limité à 50 Mo (solution payante au-delà de ce seuil). Or, certains jeux de données dépassent cette limite qui reste relativement basse pour le stockage d'images et de cartes assez lourdes en volumes d'octets²⁵.

De telles solutions ne sont pas adaptées à tous les enseignants qui préfèrent pouvoir rapatrier leurs données par le biais d'un téléchargement. Leur faible intérêt pour partager leurs jeux de données pédagogiques s'explique, selon nous, par l'importance qu'ils accordent aux possibilités de modéliser et éventuellement modifier les données proposées aux élèves. Cette exigence n'est malgré tout pas incompatible avec le recours à des plateformes en ligne. En permettant d'offrir des outils de traitement, les infrastructures de données spatiales comme GeOrchestra présentent de réels atouts dans cette perspective. Elles permettent en effet d'extraire des données, de procéder à des requêtes spatiales et attributaires et de répondre ainsi à la majorité des besoins en termes de traitements géomatiques réalisés par les élèves. Le recours à de telles plateformes nécessite cependant des conditions de connexion satisfaisantes en classe.

6. Conclusion

L'accès à l'information géographique s'est démocratisée. Celle-ci s'est ouverte progressivement à tous les citoyens grâce à la directive européenne INSPIRE et à l'*open data* qui s'est développé conjointement. En l'absence d'outils et de données développées spécifiquement pour l'Éducation nationale, il semble malgré tout difficile pour les enseignants de disposer de jeux de données accessibles et adaptés à leurs besoins. La conception de jeux de données à destination de l'enseignement secondaire nécessite de prendre en compte des contraintes techniques et pédagogiques que le détournement d'outils de diffusion de l'information géographique, conçus pour des usages professionnels, ne permet pas toujours. Les solutions de partage et de diffusion de l'information géographique que nous avons présentées offrent des perspectives intéressantes, sans toutefois répondre totalement aux enjeux posés aux enseignants et aux élèves. Pour l'essentiel, ces plateformes offrent un accès plus large et plus ouvert à l'information géographique sans permettre de (re)structurer et de (ré)organiser les données en local.

24. QGIS Cloud : <https://qgiscloud.com/>

25. Une solution payante permet de s'affranchir pour partie de cette contrainte, mais les concepteurs de jeux de données n'y ont pas recours pour l'instant.

Le renouvellement des programmes d'histoire-géographie, en particulier les nouveaux programmes publiés en 2015 dans le cadre de la réforme du collège, introduisent la géographie prospective, ce qui laisse plus de place aux modèles interprétatifs ou prospectifs. L'usage des SIG peut ainsi être favorisé par des démarches de modélisation ou de simulation. Avec la mise en place des EPI (Enseignements pratiques interdisciplinaires), l'accent est mis également sur l'étude de thématiques faisant écho à la question de l'information et de la citoyenneté dans une société largement bouleversée par le développement des technologies numériques. Les « éducations à... », en particulier l'éducation aux médias et l'éducation à la citoyenneté, ouvrent des pistes intéressantes pour engager une réflexion assez large sur les enjeux et les usages de l'information géographique dans notre société.

Dans cette perspective, il semble légitime de s'interroger sur les modalités de développement et de généralisation des compétences géomatiques propres à l'exercice d'une « citoyenneté spatiale » telle que définie par différents auteurs (National Research Council, 2006 ; Jekel *et al.*, 2014). Le système éducatif est l'un des lieux d'apprentissage qui peut contribuer à l'appropriation de ces compétences par les futurs citoyens que sont les élèves.

Bibliographie

- AFIGEO (2007). *L'information géographique et l'open data*, janvier.
- Chopin C. (2015). *Enseigner le territoire sous l'angle d'un système d'acteurs : le cas de Grand Cul-de-Sac marin (Guadeloupe)*, <http://hist-geo.spip.ac-rouen.fr/spip.php?article5759>
- Desbois H. (2008). *La transition géonumérique*, texte rédigé en 2008 mis à jour en 2012, <http://barthes.ens.fr/articles/Desbois-colloque-ENSSIB-Goody-2008.pdf>
- Etienne M. (2009). *Co-construction d'un modèle d'accompagnement selon la méthode ARDI : guide méthodologique*. ComMod, INRA, Avignon, <http://cormas.cirad.fr/pdf/guideARDI.pdf>
- Fontanieu V., Genevois S., Sanchez E. (2007). Quoi de neuf du côté des pratiques géomatiques en collège-lycée ? d'après les résultats d'une enquête nationale sur les usages des outils géomatiques dans l'enseignement de l'Histoire-Géographie et des sciences de la vie et de la Terre, *Conférence francophone ESRI 2007*, <https://www.esrifrance.fr/sig2007/inrp.htm>
- Genevois S. (2008). *Quand la géomatique rentre en classe. Usages cartographiques et nouvelle éducation géographique dans l'enseignement secondaire*. Thèse en Géographie, Université Jean Monnet - Saint-Etienne. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00349413>
- Genevois S. (2011). La cartographie numérique dans l'enseignement secondaire en France : des usages encore en construction, *25^e Conférence internationale de la cartographie*, Paris, 3-8 juillet.

http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2011/Oral%20Presentations%20PDF/B1-Education,%20children,%20training/CO-077.pdf

Genevois S., Chopin C. (2016). Du « conflit d'usage » à la négociation des points de vue entre acteurs. Réflexions didactiques sur les conditions de transférabilité du protocole ARDI en milieu scolaire. *Actes du Colloque international des didactiques de l'Histoire, de la Géographie et de l'Education civique*, 2-4 avril 2014, ESPE de Caen, France <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01369652>

Jekel T., Sanchez E., Gryl I. et Jouneau-Sion C. (dir.) (2014). *Learning & Teaching with Geomedia.*, Cambridge Scholars Publishing, London.

Joliveau T. (2004). *Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherche sur un usage géographique des SIG*. Mémoire d'HDR en sciences humaines, Université de Rouen.

Joliveau T. et Genevois S. (2007). Une plateforme pédagogique collaborative pour enseigner la géographie au lycée. Analyse, principes et mise en oeuvre, *Actes du Colloque SAGEO 2007*, <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00279898/document>

Joliveau T. (2007). *Géomatique et géonumérisation*. Blog « Monde Géonumérique ». <http://mondegeonumerique.wordpress.com/geomatique-et-cie/geomatique-et-geonumerisation/>

Le Moigne M. (1973). *Les systèmes d'information dans les organisations*, Paris, PUF.

Marceau D. J. (2001). La géographie et la révolution de l'information. *Géographie et société : vers une géographie citoyenne*, Laurin S., Klein J. L., Tardif C., Sainte-Foy (Québec), Presses de l'Université du Québec, p. 199-213.

Méricskay B. (2008). *Etude du processus de démocratisation de la géomatique en lien avec le Web 2.0*. Mémoire de master 2. Université Paris 7 et Université Laval.

Ministère de l'Education Nationale (2016). Edu'Bases Histoire-Géographie, <http://eduscol.education.fr/bd/urtic/histgeo/>

National Research Council (2006). Learning to think spacially, GIS as a support system in the K-12 curriculum., National Academic Press, Washington D.C.