le Monde des Cartes

RAPPORT CARTOGRAPHIQUE NATIONAL 2007 - 2011

REVUE DU COMITÉ FRANÇAIS DE CARTOGRAPHIE

N°208 13€ Juin 2011

Le Monde des Cartes

N°208 **Juin 2011**

Revue du Comité Français de Cartographie

Association scientifique placée
sous le régime de la loi de 1901

Numéro d'identification de l'INSEE
972-75. 105-1055 C du 1er janvier 1961

Directeur de la publication : M. PELLETIER

Publicité et relations publiques : C. MAUNY
Comité de lecture : M. PELLETIER
C. SOUCHON
F. LECORDIX

Pour tous renseignements, écrire au Secrétariat

Siège Social
73 avenue de Paris 94165 Saint-Mandé
Téléphone et fax : 01 43 74 70 93
mél : lecfc@lecfc.fr web : www. lecfc.fr

Compte chèques postaux : 15 886 02 x Paris

© 2011, Comité Français de Cartographie
ISSN 1634 - 3522

SOMMAIRE

◆ **Comité français de cartographie** 9
Rapport cartographique national 2007-2011
par Hélène RICHARD

◆ **Agence parisienne d'urbanisme** 11
par Marie-Thérèse BESSE

◆ **Bibliothèque nationale de France** 15
Département des cartes et plans
par Evelyne HÉNAFF-BARGOT et Jean-Yves SARAZIN

◆ **Bureau de recherches géologiques et minières** 19
par Philipe ROSSI

◆ **Geoconcept** 23
Les données font leur révolution !
Production et rendu cartographiques : du cloud computing au Saas
par Pascal GUISLAIN et Albert DA SILVA PIRES

◆ **Institut géographique national** 33
par François LECORDIX

◆ **Institut de recherche pour le développement** 37
Centre Île de France – Service cartographie
par Elisabeth HABERT

◆ **Maison méditerranéenne des sciences de l'homme** 39
Cartomundi : valorisation en ligne du patrimoine cartographique
par Jean-Luc ARNAUD

◆ **Service de l'information aéronautique** 47
par Patrick BÉRARD

◆ **Service hydrographique et océanographique de la Marine** 49
par Olivier PARVILLERS

◆ **Assemblée Générale 2010 du CFC** 57
Rapport moral 2010 par Hélène RICHARD
Rapport général d'activités 2010 par François LECORDIX
Rapport financier 2010 et budget prévisionnel 2011 par Claude MAUNY
Rapports d'activités des commissions 2010

◆ **Michelin, cent ans de cartographie** 69
par Philippe SABLAYROLLES

◆ **Une micro-histoire de la terre et de l'utilisation des ressources 75**
L'intégration des SIG-H (Systèmes d'information géographique historiques) et des données qui y sont liées en Bourgogne du Sud
par Scott MADRY, Anne Elisabeth JONES, Seth MURRAY, Amanda TICKNER

COMITÉ FRANÇAIS DE CARTOGRAPHIE

Rapport cartographique national 2007-2011

par Hélène Richard
Présidente du CFC

Les quatre années qui viennent de s'écouler ont été marquées, pour le Comité français de cartographie, par les préparatifs de l'accueil à Paris du Congrès de l'ACI en 2011, à l'occasion des 50 ans de la tenue dans cette ville, en 1961, de la première Assemblée générale de l'ACI et de la troisième Conférence cartographique internationale. La candidature de Paris ayant été retenue à Moscou en août 2007, une longue montée en charge s'est opérée, aboutissant au Congrès de juillet 2011 dont l'ouverture approche…

La mobilisation des institutions qui ont accepté de soutenir la candidature de l'association a été la première action du CFC : rencontres, présentation du projet, discussion sur les objectifs. Un Comité local a été constitué, regroupant les représentants des institutions, mais aussi les forces vives du CFC. Puis sont venus les montages administratifs et financiers, validés par le Comité local d'organisation, et ensuite les très nombreuses opérations nécessaires pour organiser cet évènement.

La communauté scientifique française a été très rapidement informée de cette occasion d'ouverture internationale. Les laboratoires et les équipes de recherche, qu'elles soient liées à des universités, à des entreprises ou à des organismes publics, ont été mobilisés pour préparer le climat scientifique nécessaire à la réussite d'une telle entreprise. Car les enjeux pour le Comité français de cartographie sont à la fois de promouvoir la qualité de la production géomatique et cartographique et d'en faire comprendre à tous l'importance, pour la société et pour chacun des citoyens. Le Congrès international doit être l'occasion de cette prise de conscience.

En dehors de ce projet hautement fédérateur pour la communauté scientifique, le Comité a continué son action régulière :

- Publication de quatre numéros par an de son bulletin : *Le Monde des cartes* permet d'éditer les résultats des recherches et des innovations ou des réflexions concernant la cartographie : articles isolés, numéros thématiques (par exemple le numéro 198 est consacré à la présentation des thèses soutenues dans le domaine de la cartographie et de la géomatique au cours des deux années précédentes, le numéro 200 a été l'occasion de faire un point très intéressant sur l'évolution de la réflexion des diverses commissions du Comité depuis sa fondation, d'autres numéros publient les journées d'études des diverses commissions, ou celles de l'IRD consacrées à la géomatique.
http://www.lecfc.fr/index.php?page=publication

- Journées d'étude : La commission Histoire de la cartographie a poursuivi son action en organisant, tous les ans, une journée d'étude sur un thème porteur de partenariats scientifiques différents. Les communications sont ensuite publiées dans un numéro spécial du *Monde des cartes*.

- Cafés cartographiques : L'organisation de cafés cartographiques, présentations suivies de discussions, ouverts à tout public est une activité liée à la commission Communication.

L'activité d'autres commissions a été plus orientée vers un travail régulier ou vers un programme particulier (Documentation, Enseignement, Terminologie). Une nouvelle commission de Sémiologie vient d'être créée.

Site Internet : La refonte du site Internet a été une opération importante qui a mobilisé le Comité au fil de ces années. Désormais, le site permet de trouver toutes les informations sur le CFC et sur ses commissions. Il permet d'informer sur les journées d'étude, sur les publications ou sur les expositions qui concernent la cartographie. Il permet également un accès aux articles publiés dans le bulletin du Comité (Le Monde des cartes). www.lecfc.fr

Le bureau de l'association, investi dans ces actions, a été maintenu pendant cette période, mais il a été aidé par de nombreux collègues qui ont facilité son activité. Le nombre d'adhérents est resté stable pendant cette période, avec environ 140 membres.

Abrité par l'Institut géographique national, le CFC a quitté les locaux du magasin de l'IGN à Paris, 107 rue la Boétie, en décembre 2010 pour rejoindre ceux de Saint-Mandé. Son adresse est désormais : 73 avenue de Paris - 94165 Saint-Mandé.

Tél-Fax 01 43 74 70 93

ATELIER PARISIEN D'URBANISME

par Marie-Thérèse Besse

17 boulevard Morland 75004 Paris
Site web : www.apur.org

1 Qu'est-ce-que l'Apur ?

L'Atelier parisien d'urbanisme (Apur) créé en 1967 par le Conseil de Paris est une association sans but lucratif dont le conseil d'administration est composé de la Ville et du Département de Paris, de l'État, de la Région Île-de-France, de la Chambre de commerce et d'industrie de Paris, de la Régie autonome des transports parisiens (RATP),de la Caisse d'allocations familiales de Paris (CAF) et de l'Établissement public d'aménagement Orly - Rungis -Seine Amont.

L'Apur est spécialisé dans l'aménagement urbain, les études préalables à l'élaboration des documents d'urbanisme, les études de prospective urbaine et sociétale, la gestion et l'analyse des bases de données urbaines, les déplacements.

Par les diverses études menées ces dernières années, l'atelier dispose aujourd'hui de références solides concernant la transformation des sites des grands services urbains parisiens, l'impact des projets urbains et les politiques d'encadrement et d'orientation des projets d'aménagement et des politiques sociales locales.

L'Apur est par ailleurs impliqué dans les réflexions les plus actuelles sur le territoire métropolitain et la transformation des grands territoires de l'agglomération centrale, notamment en Seine-Saint-Denis (études en cours sur les territoires autour de la RN3 et du canal de l'Ourcq, assistance à maîtrise d'ouvrage sur le pôle du Bourget et Est Ensemble, Tramy, gare Éole-Évangile…).

L'Apur a également entrepris ces dernières années une réflexion sur l'impact des changements climatiques dans une agglomération dense comme Paris ; il étudie le rôle de la nature en ville, les capacités d'intervention sur la performance thermique des bâtiments anciens et, d'une manière générale, les actions à mener pour réguler les effets néfastes de la ville sur l'environnement et améliorer durablement la qualité de la vie urbaine.

À une échelle territoriale plus large, l'Apur a contribué à la mise en œuvre de projets communs à l'échelle de l'agglomération dense en réalisant les études d'implantation des services Vélib' et Autolib', les études de prolongement du tramway T3.

Enfin, l'Apur apporte un appui technique permanent au syndicat Paris Métropole, créé en juin 2009, qui regroupe aujourd'hui plus de 180 collectivités de l'agglomération parisienne. Cet accompagnement formalisé par une convention se concrétise à travers des notes de problématique et de synthèse à destination des élus du conseil syndical et des différentes commissions (déplacements, logement, développement et solidarité, dynamiques aéroportuaires) ; l'assistance à l'animation d'évènements tels que les forums de Paris Métropole ; la réalisation de documents cartographiques ; le portage technique de l'appel à initiatives (AAI) qui recense 74 projets à vocation métropolitaine, dont une dizaine portées par les territoires d'Est Ensemble.

2 Les bases de données géographiques de l'Apur

Pour ses études, l'Apur s'appuie sur de nombreux fichiers de données qui sont organisées sous forme de bases de données et de systèmes d'information géographique. Les évolutions démographiques et sociologiques sont analysées grâce aux résultats du dernier recensement, auquel l'Apur a été étroitement associé. L'immobilier parisien et le territoire des trois départements de la petite couronne sont suivis à travers l'exploitation des fichiers cadastraux permettant, notamment, une analyse de la propriété et la connaissance fine de la localisation des logements sociaux. L'Apur crée des données sur le commerce parisien, résultant d'une enquête exhaustive sur le terrain, les emprises des équipements et les ponctuels des adresse des équipements sur Paris et les trois départements de la petite couronne, les bâtiments et le fichier des hôtels.

Des traitements d'images sont également réalisés à partir d'orthophotographies dans les bandes rouge, vert, bleu et proche infrarouge, d'un modèle numérique d'élévation et d'un modèle numérique de terrain à haute résolution.

Ces travaux permettent d'obtenir des informations comme les hauteurs de la végétation et des bâtiments qui viennent enrichir les bases de données de l'Apur.

3 Le référentiel sur Paris et son agglomération centrale

En 1969, l'Apur a créé la banque de données urbaines (BDU), dans le cadre d'un partenariat associant l'Apur, l'Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France (alors IAURIF) et l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), avec pour objet premier de mettre en place une base de données géographiques partagée sur l'ensemble des communes d'Île-de-France.

Durant 40 ans, la BDU a ainsi capitalisé une somme considérable de données (associées à des référentiels géographiques allant du niveau le plus fin - l'adresse, en passant par l'îlot, l'iris, les limites communales et départementales-), à des fins de traitements statistiques et cartographiques.

En 2009, la BDU a été restructurée pour laisser la place à la base de données de référence (BDREF) qui étend par la même occasion son référentiel parcellaire sur les départements de la petite couronne.

Les données contenues dans le référentiel sont organisées dans un modèle commun. Elles se déclinent en deux parties :

Les données communes sur Paris et la petite couronne portant sur le cœur de l'agglomération de la région Île-de-France (départements 75, 92, 93, 94) regroupent les entités suivantes :

- limites administratives de département, commune, et, pour Paris, arrondissement et quartier,
- îlots physiques,
- îlots statistiques,
- tronçons du réseau filaire des voies (avec nom de la voie, typologie fonctionnelle et hiérarchique, adresses extrémité à gauche et à droite),
- cours d'eau,
- voies ferrées,
- emprises d'équipements et équipements ponctuels,
- îlots regroupés pour information statistique (définis par l'INSEE pour 1999).

Les données spécifiques à Paris à grande échelle (1 : 500), mises à jour annuellement, rassemblent des données issues du cadastre et des données d'adressage fournies par la Ville de Paris : numéros d'adresse, parcelles cadastrales et parcelles urbaines. La base de données sur Paris intègre également les données littérales détaillées tirées des fichiers de la matrice cadastrale : propriété bâtie (immeubles, logements, locaux d'activité et dépendances), propriété non bâtie (parcelles) et propriétaires. Certaines données complémentaires, - emprises d'équipements, équipements ponctuels, emprises bâties, détails topographiques divers, îlots et découpages statistiques-, sont également actualisées, mais à des fréquences différentes, et intégrées dans le référentiel commun Paris et petite couronne.

Aujourd'hui, sont intégrés dans ce référentiel les parcelles cadastrales, les bâtiments et certains autres éléments issus du Plan cadastral informatisé (PCI) mis à disposition par les départements de la petite couronne. Une typologie détaillée des catégories de propriétaires a été réalisée sur les départements du Val-de-Marne et de la Seine-Saint-Denis, selon la nomenclature déjà appliquée aux données parisiennes.

Les données du référentiel sont diffusées aux partenaires institutionnels de l'Apur par le biais de conventions d'échange.

4 Accès à l'information

Cartographie Web

L'Apur a développé en 2010 un nouvel outil de consultation de ses données de référence CASSINI (Consultation Apur du serveur spatial par Internet et Intranet) dans un environnement Intranet basé sur les technologies ArcGIS Serveur (logiciel ESRI), et FLEX (langage de programmation). Cette application, utilisée quotidiennement par les équipes de production de données, les architectes et chargés d'études de l'Apur, pourrait être ouverte aux partenaires de l'Apur via un Extranet, dans une deuxième phase. Cet outil permet d'accéder facilement à un grand nombre de données du système d'information géographique à partir duquel les utilisateurs peuvent se localiser, effectuer des requêtes et créer des documents cartographiques.

Directive INSPIRE

La directive européenne INSPIRE vise à faciliter l'accès aux données géographiques élaborées par les autorités publiques. Elle impose à celles-ci, d'une part de rendre ces données accessibles à tous en les publiant sur Internet, d'autre part de les partager entre elles. Pour faciliter la mise en œuvre de ces deux obligations, la directive est accompagnée de la publication, en cours, de nombreux textes techniques: prescriptions obligatoires, recommandations, standards (reprise des standards mondiaux d'Internet et de l'information géographique).

Afin de se conformer à cette directive, l'Apur, a mis en ligne, en décembre 2010, un certain nombre de métadonnées sur le GéoCatalogue (Catalogue du Géoportail français). Elles concernent des données graphiques comme les adresses, les bâtiments, le réseau de transport, les voies routières et les unités administratives, et des données raster (occupation du sol, altitude, bâtiments, végétation, modèle numérique de terrain).

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE

Département des cartes et plans

par Evelyne Hénaff-Bargot
et Jean-Yves Sarazin

5 rue Vivienne (2010-2014) 75084 Paris cedex 02
Téléphone : 01.53.79.59.59
Site web : www.bnf.fr

Introduction

En 1828, Edme-François Jomard, ingénieur-géographe, prend la tête d'un nouveau département rassemblant des cartes et plans, qui s'affirme comme un lieu propice au développement des sciences géographiques et se constitue sur la base des documents cartographiques dispersés dans les autres départements que Jomard va compléter par des achats de portulans et d'atlas. Celui-ci souhaite faire du département une vitrine de la production géographique et cartographique mondiales en promouvant une politique d'achat de documents étrangers complétant opportunément les entrées par dépôt légal. Les grandes lignes de cette politique sont toujours les bases de la politique documentaire actuelle : compléter les fonds existants par des acquisitions patrimoniales, collecter le dépôt légal, acheter la production cartographique étrangère sur tous supports, constituer une documentation permettant d'utiliser et de comprendre la production cartographique.

Les collections du département sont constituées d'environ 800 000 cartes, 10 000 volumes d'atlas, 180 globes et sphères et 30 000 volumes concernant la cartographie et son histoire. S'y ajoutent les fonds de la Société de géographie entrés au département en 1942, composés de périodiques, d'ouvrages, de cartes, de photographies et de manuscrits.

Les fonds remarquables du département comprennent un vaste ensemble de cartes hydrographiques, des portulans aux cartes du XXe siècle, concernant toutes les mers et côtes du monde, et une collection de 10 000 cartes ayant appartenu à Jean-Baptiste Bourguignon d'Anville, cartographe du XVIIIe siècle. À ces documents remarquables s'ajoutent des collections contemporaines dans des domaines très variés.

Durant les quatre dernières années, des évolutions importantes liées aux nouvelles technologies de l'information ont modifié considérablement la gestion des collections et leur consultation : extension de la collecte du dépôt légal sur le Web, mise en place de la bibliographie nationale en ligne, poursuite des chantiers de conversion des catalogues permettant leur consultation à distance, et surtout accélération des projets de numérisation des documents cartographiques

Les entrées des documents

Elles représentent pour les quatre dernières années, toutes entrées confondues (dépôt légal, acquisitions et dons), près de 17 500 documents. Dans le domaine du dépôt légal, l'événement majeur est constitué par le dépôt des bases de données de l'IGN déposées en 2010. Quatre bases de données sont déposées à raison d'une mise à jour annuelle :

- la BD-TOPO (données topographique au 1 : 25 000),
- la BD-ORTHO (photographie aérienne des départements français),
- la BD-ALTI (données permettant à l'IGN de dresser les courbes de niveaux),
- la BD-PARCELLAIRE (cadastre).

Des évolutions sont à attendre avec la mise à l'étude d'un extranet éditeur qui facilitera pour les déposants les formalités de dépôt en ligne.

Dans le domaine des entrées, il convient de souligner également la part croissante prise par les dons :

- En 2008, entrée de plus de 5 000 feuilles hydrographiques provenant du Bureau hydrographique international et portant sur les années 1950 à 1970.

- En 2009, don des archives de Henry de Monfreid à la Société de géographie.

- En 2010, entrée de près de 3 000 carnets de voyage des jeunes boursiers de la fondation Zellidja.

La fondation existant depuis 1939, ces documents sont un témoignage des centres d'intérêt des jeunes voyageurs et de leur perception du monde depuis la première moitié du XXe siècle

Il ne s'agit là que des dons les plus importants en nombre, les particuliers effectuant des dons plus modestes mais souvent remarquables par la qualité et la rareté des documents telle la carte manuscrite de Jacques Bertin entrée dans les collections en 2010.

Évolutions du catalogue

En 2008, suite à la migration des données du département dans le Catalogue général de la BNF, la conversion rétrospective des catalogues sur fiches prend un nouveau départ avec le projet de conversion du catalogue de la documentation : 22 916 notices intègrent le Catalogue général en 2009 permettant l'accès à distance aux notices des ouvrages du département. Parallèlement, les travaux de qualité continuent sur le catalogue et de nouveaux projets sont envisagés concernant, cette fois, les fonds de la Société de Géographie et les catalogues du Service hydrographique de la Marine, le but ultime étant d'achever ces chantiers pour le retour des collections cartographiques sur le site Richelieu en 2017.

Expositions, publications et recherches

Deux nouveaux programmes ont été validés dans le cadre du plan triennal de recherche 2010-2012 de la BNF par le Comité de la recherche du 21 décembre 2009 : Portulans ; d'Anville. Les enjeux du programme Portulans, co-encadré par Catherine Hofmann et Hélène Richard, consistent en un recensement et une mise à jour des données concernant les portulans conservés en France dans les collections publiques, et en un programme de numérisation national concerté afin de mettre à la disposition du public l'ensemble du corpus, évalué à 650 documents. Complexe à mener en raison des multiples collaborations à mettre en œuvre tant en interne qu'en externe, ce programme de recherche comprend trois volets – recensement et description, programme de numérisation national, valorisation – dont la progression a été menée de front en 2010. L'exposition *Portulans*, qui occupera la grande galerie du site François-Mitterrand, est prévue du 15 octobre 2012 au 19 janvier 2013.

Les enjeux du programme de recherche d'Anville, co-piloté par C. Hofmann et Lucile Haguet, consistent pour l'essentiel en un inventaire et une analyse des cartes et des archives du géographe, afin de mettre en lumière la « méthode d'Anville » ainsi que les réseaux sur lesquels le géographe s'est appuyé. A aussi été créé, un carnet de recherche «Jean-Baptiste d'Anville : un cabinet savant à l'époque des Lumières» sur le site *Hypothèses.org* (<http://danville.hypotheses.org/>), outil destiné à faire connaître le programme de recherche et à mettre à la disposition des collaborateurs extérieurs les ressources documentaires recensées.

Le département est par ailleurs le 4e partenaire d'un programme triennal (2010-2012) financé par l'ANR : le programme MeDian consacré à l'océan Indien (de l'Antiquité à la fin du XVIe siècle). Emmanuelle Vagnon est détachée du CNRS au département pour concourir à la réussite de ce programme de recherches. Dans le cadre de ce partenariat, la BNF – CPL a accueilli en 2010 deux réunions de coordination du programme (14 janvier 2010 et 7 octobre 2010) ainsi qu'une demi-journée du colloque « Ports des mers de l'Arabie et de la Perse du VIIe au XVIe siècle : représentations idéalisées et réalités matérielles (textes – images – archéologie) », 7-8 octobre 2010.

Le département des Cartes et plans a assuré la conception et la réalisation d'un cycle complet d'initiation à l'histoire de la cartographie qui s'est déroulé du 3 mai au 30 juin 2010.

Actions en France et à l'étranger

Le département participe activement aux travaux de la commission Documentation du Comité français de cartographie et à ceux de la commission Histoire de la cartographie. Plusieurs journées d'étude ont été organisées qui donnent lieu à des publications dans la revue du CFC *Le Monde des cartes* :

- « Cartographie et sociétés urbaines » en décembre 2009 ;

- « Cartographier l'Afrique IXe-XIXe siècle, construction, transmission et circulation des savoirs cartographiques sur l'Afrique (Europe, monde arabe et Afrique) », en décembre 2010.

Le département est également membre de la Commission nationale de toponymie.

À l'international, il s'est révélé très actif. Outre la participation régulière à la revue *Imago Mundi* et l'élection de l'un de ses membres, Catherine Hofmann, au bureau de cette revue, il est membre du groupe des cartothécaires de LIBER et a participé au

congrès de l'ACI en 2007 à Moscou, et en 2009 à Santiago au Chili. Il était également représenté du 15 au 19 juin 2010 à la 17e conférence du Groupe des cartothécaires de LIBER à Tallin (Estonie). Enfin, il a participé au 23e Congrès international d'histoire de la cartographie à Copenhague en juillet 2009. À tout ceci, il faut encore ajouter que le département est membre du Comité d'organisation du congrès de l'ACI à Paris en 2011

Perspectives d'avenir

L'année 2010 s'est caractérisée par une plus forte stabilité des agents et des équipes du département après le large renouvellement de ceux-ci en 2009, dont un nouveau directeur à sa tête, Jean-Yves Sarazin. 2010 constitua aussi le terminus d'une réflexion menée sur la réorganisation du département depuis 2008, qui a permis la mise en place d'un nouvel organigramme faisant apparaître trois services ; service dépôt légal et collections patrimoniales ; service communication et conservation ; service acquisitions et collections géographiques.

À l'augmentation de la fréquentation de la salle de lecture et à la hausse du nombre de documents communiqués répondent la hausse du nombre de documents du dépôt légal entrés et catalogués et la montée en puissance de la numérisation des documents cartographiques, manuscrits et photographiques. La stagnation des enveloppes budgétaires (acquisitions courantes, conservation), voire la diminution de certaines, comme celles des frais de mission et des acquisitions patrimoniales sont le reflet de la période d'austérité que connaissent tous les budgets publics. La hausse des prix d'achat accentue l'effet et réduit d'autant le pouvoir d'achat des acquéreurs. Dès 2011, il faudra évaluer dans quelle mesure cette conjoncture, si elle se confirme, pourrait ralentir l'enrichissement des collections patrimoniales. Dans le champ du dépôt légal, l'année 2010 a été marquée par une croissance de la production et par la concrétisation de l'instruction du dépôt des quatre bases de données de l'IGN, reçues conjointement avec le département de l'Audiovisuel, inaugurant ainsi le dépôt légal de ce type de support d'information.

Des démarrages de programmes scientifiques et des moyens nouveaux de communication savante apportent les satisfactions que les professionnels n'ont guère connues dans l'accroissement des collections patrimoniales. En effet, 2010 est l'année d'ouverture des programmes de recherches – cartes-portulans et d'Anville –, comme celle d'un nouveau type de partenariat éditorial avec le rédacteur en chef de la revue *Carto Le Monde en cartes* qui donne droit à utiliser 4 pages sur 80 dans chacun des numéros du bimestriel. La création de deux carnets de recherches sur le site Hypothèses.org, « Jean-Baptiste d'Anville : un cabinet savant à l'époque des Lumières » et « Cartes et figures du monde », outils destinés tant à faire connaître les programmes de recherches qu'à mettre à la disposition des collaborateurs extérieurs les ressources documentaires recensées, a un impact positif.

La collaboration pour la création du grand projet de gestion des cartes en série CartoMundi qui a marqué un temps d'arrêt en 2010, doit obligatoirement connaître un renouveau en 2011 avec notamment la mise en place d'une convention entre la BnF, le CNRS et l'Université de Provence. La fin de l'année a été consacrée au recensement de tous les fonds dont les documents sont décrits exclusivement sur support papier (fichiers et catalogues) pour construire un programme de conversions rétrospectives sur la période 2011-2017, l'objectif étant de réussir l'ouverture au public du quadrilatère rénové en 2018 avec un Catalogue général le plus complet possible.

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

La cartographie géologique

par Philippe Rossi

3 avenue Claude Vuillemin
BP 36009
45060 Orléans Cedex 2
Site Web : www.brgm.fr

1 Définition

La carte géologique a pour objet d'exprimer notre connaissance de la nature, l'âge et la géométrie (la structuration) des terrains, rocheux ou meubles, qui affleurent en surface ou, le plus souvent, en « subsurface » sous la végétation et le sol organique dans lequel elle s'enracine.

Une carte géologique constitue un document de référence qui synthétise le mieux l'état des connaissances du sous-sol sur lequel nous vivons, depuis la couche superficielle jusqu'aux roches sous-jacentes. Ce sous-sol qui est le siège de nos habitations, de nos usines, de tous les ouvrages d'art nécessaires à nos besoins (barrages, ponts, tunnels, etc.), sert également à nous alimenter en eau potable, à stocker nos déchets, à nous approvisionner en matières premières minérales et énergétiques.

Une carte géologique ne représente pas la biosphère mais la projection sur un plan (donc en deux dimensions) de l'intersection des formations géologiques (volumes en 3D) de la lithosphère avec la surface topographique. Elle se définit géométriquement comme un ensemble de courbes fermées (polygones) qui délimitent les aires de répartition des formations définies. Une carte géologique représente ainsi de manière continue des entités (formations) qui ne sont observées que de façon discontinue et fragmentaire sous forme d'affleurements émergeant à travers la couverture, auxquelles s'ajoutent éventuellement des données de carrières, forages, galeries, tunnels…

De ce fait, une carte géologique est un document interprétatif établi par le géologue à partir des données dont il dispose, de son « savoir-faire » et de sa culture géologique (et donc de ses choix de représentation-modélisation) ; elle constitue en cela un « modèle probabiliste » (non quantifié), prédictif, de représentation de la nature géologique de la (sub-)surface. Sa fiabilité dépendra notamment de la quantité d'observations sur laquelle elle a été établie. À l'instar de tout modèle scientifique qui se nourrit d'un corpus limité de données, la carte géologique ne peut être considérée comme un produit définitivement abouti. Ce modèle prédictif évoluera et gagnera sans cesse en précision sur la base de nouvelles informations qui y seront introduites.

La conception même de la carte impose une sélection des données acquises et un choix de représentation : par sa nature même toute carte géologique impose une démarche réductrice et donc sélective. Chaque carte géologique est l'interprétation, l'organisation, la synthèse d'observations nombreuses et méthodiques. Elle est une image du sous-sol, mais également des connaissances et hypothèses de son auteur.

2 La cartographie géologique du territoire national

2.1 La couverture au 1 : 50 000

L'achèvement de l'édition de la couverture géologique complète de la France à l'échelle du 1 : 50 000 (1ère édition) est programmé pour la fin 2012. Ce travail de reconnaissance, d'analyse et de synthèse considérable se sera déroulé sur plus d'une soixantaine d'années, d'abord sous la direction du Service de la carte géologique de la France, puis du BRGM, depuis 1968. L'établissement de la mosaïque des 1 060 cartes qui couvre le territoire métropolitain aura nécessité la collaboration de plus de 3 000

géologues issus de différentes institutions, notamment universitaires, et du BRGM.

Le programme de la carte géologique a constitué, par sa permanence et l'importance des collaborations qu'il a induites, le premier chantier national dans le domaine des sciences de la Terre. Il aura constitué, en outre, un programme scientifique de premier plan, compte tenu des sommes investis par l'État sur près de 150 ans si l'on prend aussi en compte la précédente couverture géologique de la France au 1 : 80 000, initiée au 19e siècle. La carte géologique de France au 1 : 50 000 constitue le socle de référence de la connaissance géologique de notre sous-sol.

2.2 Évolution de la carte géologique

Au-delà de la représentation de la géologie de la sub-surface, la carte géologique a également pour but de livrer une information sur la nature et la géométrie des roches en profondeur en réponse au questionnement académique et aux demandes « appliquées » des exploitants du sous-sol (mine, pétrole), des hydrogéologues et des aménageurs (ouvrages souterrains).

Sur une carte géologique, la troisième dimension s'apprécie indirectement et avec un œil averti, à travers l'intersection des contours géologiques avec le relief figuré sur le fond topographique (courbes de niveaux). La géométrie en 3D est également contrainte par des mesures « structurales » d'orientation des couches ou autres surfaces (schistosités), relevées sur le terrain et reportées sur les cartes, qui permettent de «projeter» en profondeur les structures visibles en surface selon des concepts établis. La représentation par l'auteur de la géométrie en profondeur des formations d'une carte géologique est figurée traditionnellement sous forme d'une ou plusieurs coupes géologiques qui représentent la géométrie et les relations des couches géologiques dans un plan vertical.

Il n'en reste pas moins que ces coupes géologiques ne reflètent pas la cohérence géométrique tridimensionnelle des données. Elles représentent uniquement un schéma conceptuel en 2 dimensions des relations géométriques qualitatives entre des unités géologiques. Dans son état actuel, la carte géologique ne permet donc pas un accès direct à une information sur les terrains en profondeur. Par contre, elle constitue le support fondamental à la modélisation volumique des entités géologiques. La modélisation géologique en 3D qui est aujourd'hui en plein essor s'appuiera sur l'interpolation des données de surface et de forages (voire localement de galeries ou tunnels) ainsi que sur les différentes données de géophysique profonde.

2.3 Un état des connaissances en perpétuelle évolution

La prédiction de la nature des roches en terrain couvert et aussi en profondeur fait appel à des règles et à des concepts géologiques qui n'ont cessé d'évoluer au cours du temps à l'instar des autres disciplines scientifiques. De même, le développement des techniques et des outils analytiques (géochimie, radiochronologie, géophysique, forages, imageries aériennes et satellitaires, etc.) a permis des progrès considérables dans la réalisation des cartes géologiques, même si ces derniers restent tributaires, avant tout, des levers de terrain. L'interprétation de la donnée brute elle-même évolue également de concert avec les concepts scientifiques. Une carte géologique traduit donc l'état des connaissances scientifiques au moment de son élaboration.

Ainsi, au fil du temps, des nouveaux concepts géologiques ont permis l'identification de nouveaux objets géologiques et ont fait ou font évoluer la cartographie : par exemple les zones de détachement tectoniques, les surfaces du maximum d'inondation ou de régression marine, directement issues de la recherche pétrolière en sédimentologie, les horizons fissurés résultant de la prise en compte des concepts de profil d'altération. Ne figurent donc sur une carte géologique que les entités ou objets qui sont reconnus et caractérisés par le cartographe, autrement dit, qui entrent dans un concept admis par la communauté scientifique ou par le géologue cartographe au moment du lever de la carte.

De plus, pendant de nombreuses années, à une époque où l'on cherchait avant tout à connaître les potentialités minières du territoire national, priorité était donné à la représentation des formations de socle au détriment des formations superficielles. Ce n'est que depuis les années 90, avec l'essor des problématiques d'aménagement, d'environnement ou d'hydrogéologie, que les géologues cartographes ont pris conscience de la nécessité de représenter de manière plus exhaustive les formations superficielles ou « régolithe ».

Tout ceci explique que les levers géologiques à l'échelle du 1 : 50 000 du territoire français, qui se seront réalisés sur plus de 70 ans, montrent d'inévitables hétérogénéités et ne constituent pas une couverture homogène et continue de la connaissance.

2.4 Gestion des données et mises à jour de la carte géologique « papier »

La carte géologique se doit d'être synthétique. Du fait de sa restitution sous une forme papier, la quan-

tité d'informations reportées a été volontairement restreinte pour des raisons de lisibilité, adaptée à l'échelle de la carte (1 : 50 000). Les notices explicatives des cartes géologiques détaillent plus amplement, et surtout de manière qualitative, les informations géologiques mais, même si leur volume croît avec les années, une grande partie des données brutes acquises au cours des levers (zones d'affleurements et mesures structurales en particulier) n'y figurent pas et sont définitivement perdues. Si les concepts géologiques et les techniques analytiques n'ont cessé de progresser depuis deux siècles, le mode de restitution du modèle géologique qu'est la carte est, quant à lui, resté figé et contraint sur un papier, en 2 dimensions.

2.5 De la «carte géologique papier» vers un référentiel géologique tridimensionnel (référentiel géologique de la France)

Depuis une bonne dizaine d'années, le monde scientifique, comme l'ensemble des autres acteurs sociétaux ont franchi le passage du «tout numérique». L'opportunité est donc offerte aujourd'hui à la «cartographie géologique» de conserver l'ensemble des données acquises au cours de la réalisation des cartes (levers de terrain, mesures analytiques, etc.). L'outil informatique le plus innovant, apparu dans les années 1990, et parfaitement adapté à la cartographie géologique est sans doute le SIG (Système d'information géographique). Les logiciels de ce type permettent un stockage ordonné de l'information géographiquement référencé (en longitude et latitude voire en altitude).

Parallèlement à l'apparition de ces systèmes de base de données sont apparus des logiciels de modélisation 3D. On peut penser qu'interviendra, dans un avenir proche, une fusion entre ces deux outils (SIG et modeleur 3D), offrant alors la possibilité de disposer d'une base de données «universelle» permettant de renseigner des volumes situés dans un espace et non plus des surfaces comme actuellement. Depuis les années 2000, l'ensemble des cartes géologiques sous forme «papier» est numérisé et, de fait, peut s'intégrer dans les bases informatiques des systèmes SIG. Tous les points, lignes ou surfaces de la carte deviennent des composants numériques auxquels on peut associer tous les attributs descriptifs ou analytiques dont on dispose, sans limite de taille. De plus, toutes les données géologiques externes à la carte, par exemple les données de la banque du sous-sol ou les données géophysiques, trouvent naturellement leur «niche informatique» dans ces bases de données et en constituent des couches d'informations supplémentaires.

La «carte géologique» s'est donc engagée dans la «révolution numérique». Cette transformation lui confère des usages supplémentaires qui relègueront dans un futur proche la «carte papier classique» à un simple produit dérivé. La dénomination même de «carte géologique» peut être considérée comme trop restrictive par rapport au produit numérique qui prend forme à l'aube du XXIe siècle. Ce produit supplante la carte papier (sans l'éradiquer pour autant) et apparaît comme une super-base de données géologiques géoréférencées, qui sera, par essence, évolutive. Ainsi la liberté de produire des cartes et des modèles 3D, spécifiquement adaptés à chaque besoin sociétal ou individuel est aujourd'hui concevable à certaines conditions. En effet, si dans sa forme la carte s'est mutée en version «numérique», elle reste de fait encore très empreinte de son passé de «produit-papier». Cet héritage de l'époque «anté-numérique» affecte non pas tant la carte géologique elle-même que les bases de données associées qui pour l'instant demeurent encore embryonnaires.

3 Publications des quatre dernières années

2007 : 3 cartes : REVIGNY-SUR-ORNAIN, BRACIEUX, MONTAIGU.

2008 : 9 cartes : AUBUSSON, FELLETIN, LE DONJON, PALLUAU, SAINT-ANDRÉ-DE- VALBORGNE, FONTENAY-LE-COMTE, COULONGES-SUR-L'AUTHIZE, MAZIÈRES-EN-GÂTINE, LE-POIRÉ-SUR-VIE.

2009 : 9 cartes : ARLES-SUR-TECH, COSSÉ-LE-VIVIEN, ERNÉE, GUER-DE-BRETAGNE, JOSSELIN, MAYENNE, SAINT-MALO, SAINT-GENIEZ D'OLT, SAINT-MÉEN-LE GRAND.

2010 : 13 cartes : CRAON, DECIZE, LA MOTTE-BEUVRON, LANDERNEAU, LOUDÉAC, LUÇON, MONCOUTANT, VICO-CARGESE, LAMBALLE, SOTTA-BONIFACIO, LA SOUTERRAINE, VANNES, CÉRET.

4 La cartographie géologique à l'export : synthèse des derniers travaux

Certifié ISO 9001 pour « l'élaboration et la production de cartes géologiques », le BRGM exporte régulièrement son savoir-faire qui bénéficie d'une reconnaissance internationale. Il intervient notamment dans le cadre d'accords bilatéraux, ou en répondant à des appels d'offres internationaux lancés par des institutions telles la Banque mondiale, l'Union européenne ou la Banque islamique de développement. Le BRGM est ainsi intervenu au cours des 4 dernières années en Europe, au Moyen-Orient et en

Afrique (Maroc, Algérie, Mauritanie, Mali, Sénégal, Ghana, Gabon, Angola, Madagascar) pour réaliser (ou apporter son expertise à) la cartographie géologique de régions (voire de pays entiers). La finalité étant de fournir les bases indispensables à l'identification de ressources en eau, de ressources minérales ou de ressources énergétiques.

Derniers travaux :

- Maroc : Ministère de l'Énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement. Direction du développement minier : cartes géologiques au 1 : 50 000.

- Mauritanie : Ministère de l'Industrie et des mines, Projet PRISM (renforcement institutionnel du secteur minier – projet Centre) : cartes géologiques aux 1 : 200 000 et 1 : 500 000.

- Mali : Ministère des Mines, de l'énergie et de l'eau, Direction nationale de la géologie et des mines, Projet SYSMIN Gourma : cartes géologiques au 1 : 200 000.

- Sénégal : Ministère de l'Énergie et des Mines, Projet d'appui au secteur minier (PASMI) : projet bassin sédimentaire et projet Sénégal oriental : cartes géologiques au 1 : 200 000.

-Gabon : Ministère des Mines, de l'énergie, du pétrole et des ressources hydrauliques, Projet SYSMIN : cartes géologiques au 1 : 200 000 et synthèse au 1 : 1 000 000.

-Angola : Ministère des Mines, Projet PAIGMA (projet appui institutionnel secteur Géol. & Mines en Angola : cartes géologiques au 1 : 250 000.

-Ghana : Direction des Mines et de la géologie, Projet MSSP (Mining Sector Support Program) : cartes géologiques au 1 : 200 000.

-Madagascar : Ministère de l'Énergie et des mines, Projet Carte synthèse et Projet PRISMM (en cours).

GEOCONCEPT

Les données font leur révolution ! Production et rendu cartographiques : du cloud computing au SaaS…

par Pascal Guislain
R&D Consultant
pascal.guislain@geoconcept.com

Albert Da Silva Pires
Responsable du pôle éducation & recherche
albert.dasilva@geoconcept.com

GeoConcept SA – 52 avenue Aristide Briand, 92220 Bagneux
Téléphone : 01 72 74 76 78 • Télécopie : 01 72 74 76 99
Site web : www.geoconcept.com

La société anonyme Geoconcept SA qui a fêté ses vingt ans en 2010 conçoit, développe et commercialise des solutions pour le traitement de l'information géographique. Geoconcept a récemment investi dans le développement de logiciels destinés à la production cartographique et dans sa propre chaîne de production de données et de cartes. GeoConcept a également confirmé son développement dans le domaine de la diffusion cartographique de masse sur Internet et dans les applications de gestion de données spatiales pour ce média. GeoConcept reste donc fidèle à sa philosophie qui est de contribuer à la diffusion de l'information géographique en fournissant des outils de gestion de données et de production cartographique simples à mettre en œuvre, mais cependant adaptés à la publication en volume de cartes de qualité.

À côté du monoposte SIG GeoConcept, désormais disponible en version 7, l'entreprise se tourne donc résolument vers l'avenir avec une orientation affirmée vers les solutions SaaS (Software as a Service ou Services logiciels en ligne) et DaaS (Data as a Service ou Fourniture de données en ligne).

Enfin, il était logique que les utilisateurs GeoConcept puissent bénéficier pleinement de la « révolution du nuage » et de la diffusion en ligne des données libres géoréférencées grâce au « cloud computing ».

Outils de production cartographique

En juin 2007, la revue du Comité français de cartographie donnait à GeoConcept l'occasion de présenter le module d'enrichissement cartographique Publisher, un outil de rédaction cartographique basée sur des attributs stockés en base de données. Ce produit est désormais largement diffusé et une nouvelle version nommée Publisher Entreprise a été développée en particulier pour répondre à la demande de l'IGN dans le cadre du projet *Nouvelle carte de base.*

Les outils de connexion aux sources de données externes permettent désormais d'envisager la mise en place d'une chaîne de production multi-utilisateurs s'appuyant sur GeoConcept et utilisant un SGBDR pour le stockage et le partage des données géographiques et cartographiques.

Publisher Expert

Publisher Entreprise a fait l'objet de nombreuses évolutions. Nous avons retenu ici deux domaines fonctionnels significatifs : la multi-géométrie et la création d'un module de gestion des styles cartographiques intégré dans GeoConcept.

Multi-géométrie

La multi-géométrie ou gestion de géométries multiples dans les styles Publisher permet la création de

symboles cartographiques complexes et correspond à une demande spécifique de la part de l'IGN. On peut illustrer ce besoin par l'exemple du terrain de football (fig.1) dans lequel différents éléments de la représentation se basent sur des géométries différentes stockées dans le même objet : contour, rond central, ligne médiane. Ces géométries doivent idéalement pouvoir être manipulées de manière cohérente - suppression ou déplacement simultanés par exemple ; ou encore pouvoir éditer les géométries additionnelles de manière interactive.

Si la manipulation de terrains de football n'est pas fréquente, il en va différemment des noms des forêts ou espaces verts ou encore de la matérialisation des déviations temporaires sur des voies. Grâce à la multigéométrie, on va pouvoir écrire les labels des bois le long d'une ligne à l'intérieur des surfaces. On pourra également représenter le dessin de la déviation des routes sans toucher à la géométrie initiale.

Publisher fournit ainsi le socle sur lequel élaborer des mécanismes d'événements réactifs pour l'édition simultanée de géométries multiples. Les axes de recherche de GeoConcept portent sur des modes génériques de création et de stockage des représentations complexes et sur des mécanismes d'événements standards pour en simplifier la manipulation.

Gestion du modèle de représentation

La gestion du rendu cartographique des éléments de la carte dans Publisher se fonde sur la notion de styles cartographiques : avec quatre styles (Surfacique, Linéaire, Symbole et Texte), Publisher permet toutes les représentations cartographiques dans une interface simple et conviviale.

Les styles de Publisher sont des couches virtuelles GeoConcept, les couches virtuelles ont pour objet d'ajouter des modes spécifiques de rendu des objets au moteur de dessin du SIG. Les couches virtuelles Publisher sont désormais intégrées dans l'interface principale de gestion de l'affichage du SIG pour faciliter leur création et la gestion de la charte graphique qu'elles définissent.

Afin de simplifier la gestion de modèles cartographiques pouvant contenir plusieurs centaines de styles, deux onglets ont été ajoutés à la fenêtre « Gestion de l'affichage » de GeoConcept :

- La **Bibliothèque de styles** liste la totalité des couches virtuelles disponibles et permet la création de styles Publisher et leur ajout dans l'affichage (fig. 2).

- La gestion des **Groupes** de styles permet d'utiliser des groupes ou dossiers de styles dans le but d'organiser les représentations (fig.3).

Production multi-utilisateurs

GeoConcept GCES (GeoConcept Enterprise Solution) est depuis la version 6, la déclinaison du SIG GeoConcept dans une version client-serveur dédiée au travail collaboratif. Le lien direct entre GeoConcept et le SGBD permet une intégration complète du SIG avec le reste du système d'information et assure une cohérence des données en mode multi-utilisateurs. Mais le travail collaboratif n'est pas le seul atout du gestionnaire de liens aux bases de données externes. On peut également en tirer partie pour l'échange de données ou pour gérer l'architecture d'une base de données cartographique de manière interactive.

Enfin, la console de gestion cartographique permet à partir d'une interface web en lien avec une base de données de gérer les modèles de cartes, les utilisateurs, les droits d'accès dans le but de simplifier le travail d'une organisation gérant un grand nombre de cartes.

Connexion aux sources de données externes

Le principe adopté par la solution GCES consiste en une réplication des données liées qui sont présentes à la fois sur le poste client et dans le SGBD. Le partage des données par réplication assure une faible charge réseau, d'excellentes performances, en particulier à l'affichage et une utilisation fluide sur les postes clients. Cette architecture est parfaitement adaptée au travail par extraction d'une partie des données via des filtres spatiaux pour la production de cartes par zones. Elle permet aussi de choisir un rythme de transaction adapté aux besoins de production : transactions longues avec des opérateurs décentralisés ou transactions en temps réel dans un contexte de production collaboratif.

La configuration des échanges et le transfert des données s'effectuent par la fonction de lien aux sources de données externes (fichiers ou bases de données), qui est intégrée dans le client GeoConcept. Il est donc possible de définir interactivement et simplement les liens vers les bases de données ou les fichiers dans une interface graphique de type assistant :

- Les liens d'import ou d'export définissent un accès ponctuel à une source de données externe pour l'import ou l'export de tout ou partie des données depuis ou vers GeoConcept. L'utilisateur peut définir une exécution à intervalles fixes ou sur événements (fermeture, ouverture de la carte).

- Les liens permanents ont pour vocation une synchronisation des données en temps réel. Toute modification effectuée sur un des postes clients liés est immédiatement répercutée dans la base et sur les autres clients.

Il est possible, sans modification de configuration, de passer d'un mode connecté à un mode de travail déconnecté dans lequel l'utilisateur - s'il a les droits nécessaires - peut continuer à travailler localement dans le but de réintégrer par la suite l'ensemble de ces modifications (utilisateur nomade, transactions longues…) Les options de gestion des droits et les procédures de suivi permettent à l'administrateur de valider les réintégrations de données et de gérer les conflits éventuels.

Console de gestion cartographique

La console d'administration associée à la solution GCES est une application destinée à la gestion sécurisée des utilisateurs et des tâches qui leurs sont assignées, de leur droits et préférences. Il s'agit d'une interface d'administration graphique dans un navigateur Internet. Les composants gérés par la console correspondent aux éléments de base de la carte : les Types et Sous-types (autrement dit les classes d'objets accessibles), les couches virtuelles et les styles Publisher (et par conséquent les modes de représentation cartographique), les sources de données et les liens de connexion, les requêtes et les formules, les visibilités (qui définissent le contenu de l'affichage), les mises en page, les champs globaux et les échelles logiques. L'abonnement à un profil cartographique lors de la création d'une nouvelle carte permet d'y intégrer automatiquement la totalité des composants définis dans le profil (fig. 4). Une carte existante abonnée à un profil héritera automatiquement des modifications de ce profil (ce qui aura pour résultat une mise à jour du modèle de la carte)

GeoConcept et la fourniture de données

La société GeoConcept assure également un rôle de fournisseur de données cartographiques dans le sens où elle met à disposition des utilisateurs de ses solutions des données provenant de divers éditeurs au besoin après les avoir remaniées ou mises en forme. Ces données sont diffusées de manière «classique» avec la livraison de cartes au format raster ou vecteur sur support numérique ou par téléchargement ; ou encore à la demande avec intégration dans les logiciels GeoConcept de données cartographiques diffusées dynamiquement par Internet.

Les axes de développement récents concernent en amont la production automatisée pour la mise en forme des données fournies par des éditeurs tels que NAVTEQ ou Tele-Atlas et en aval l'intégration dans les solutions GeoConcept : la technologie w@m pour «Web Access Maps» permet de se connecter sur des serveurs web GCIS (GeoConcept Internet Server), WMS (Web Map Service), Bing ou Géoportail. Nous détaillons les implications de cette révolution des données dans la seconde partie de cet article.

Production cartographique

Dans le but de répondre à la demande des utilisateurs de ses logiciels en matière de données, GeoConcept propose des données cartographiques aux formats raster et vecteur. Cette activité de diffusion est à la confluence de plusieurs domaines d'expertise :

- le développement de fonctions logicielles (gestion de tuilage raster et optimisation des performances d'affichage, gestion de bases de données d'abréviation multilingues, etc.) et l'optimisation des méthodes de production essentiellement basées sur des procédures Oracle et des outils internes ;
- la mise en œuvre des solutions techniques pour la production de cartes au format GeoConcept ;
- la fourniture de données annexes telles que des cartes compressées (FCM ou Fast Compressed Maps), des référentiels de géocodage, des graphes routiers pour le calcul d'itinéraire ;
- la conception et la réalisation des outils logiciels permettant d'exploiter ces données tels que le géocodeur UGC (Universal Geocoder) ou les modules basés sur le calcul d'itinéraire ou l'optimisation de tournées par exemple.

La production cartographique basée sur les données NAVTEQ, par exemple, a dû évoluer rapidement pour s'adapter à de nouveaux formats de données et de nouveaux contenus et pour être à même de répondre au besoin d'une couverture européenne voire mondiale avec des mises à jour fréquentes. Parallèlement, le catalogue de données a été enrichi avec l'apparition de nouveaux fournisseurs. GeoConcept n'est donc pas seulement un éditeur de logiciels car la production cartographique (fig. 5), le développement d'outils adaptés et la maintenance de la chaîne de production représentent une part non négligeable de ses activités.

Diffusion Internet et applications web

GeoConcept oriente fortement ses activités vers le développement d'applications cartographiques pour le web. Le serveur géographique GeoConcept Internet Server (GCIS) est une solution complète

dédiée à la diffusion de cartes en ligne et au développement de web services cartographiques. Intégré dans le SIG GeoConcept, GCIS permet de mettre facilement et rapidement en ligne n'importe quelle carte mais c'est également une technologie de serveur répondant aux besoins de diffusion en volume sur des sites à fort trafic.

Autour de GCIS, GeoConcept a construit un ensemble d'outils pour la création d'applications Internet : développement de clients Java ou Ajax, exploitation des composants de géocodage (UGC) ou de calcul d'itinéraire (SmartRouting). GCIS est utilisé par des sites web grands publics tels que le Géoportail de l'IGN ou dans de nombreuses applications professionnelles (fig. 6).

Sur la base de GCIS, GeoConcept crée également de nouvelles solutions de cartographie «métiers» : gestion de crise, suivi de véhicules, centre d'appel, optimisation et planification d'interventions ; ces outils «inventent» sans cesse de nouveaux modes d'interaction avec la carte.

Enfin, la technologie w@m ou Web Access Maps a pour objectif d'offrir aux utilisateurs de GeoConcept une intégration directe dans le SIG des données raster (photographies aériennes, images satellitaires) ou vecteur (plans de villes, contours administratifs, etc.) à partir d'un grand nombre de sources via Internet. Les données sont reprojetées à la volée de manière transparente.

La révolution du nuage…

L'Europe aussi connaît cette année une révolution… Nombreux sont les chercheurs et notamment les géographes qui ont espéré voir ce jour ! Ce jour qui rend libres et accessibles les données géoréférencées. L'histoire retiendra que depuis le 9 mai 2011, les pays de l'Union européenne ont l'obligation d'ouvrir des services de consultation de certaines données spatialisées. L'érudit pourra citer pour être précis la référence CE n°976/2009 de la directive INSPIRE qui en fixe le règlement. Pour le néophyte, les prémices de cette bonne nouvelle ont pris effet le 23 juin 2006 avec l'ouverture du site Internet Géoportail. Rénovée le 21 mai 2007, la deuxième version du portail géographique est aujourd'hui l'outil de consultation de référence du citoyen pour découvrir son territoire.

Les conséquences de l'application de la directive INSPIRE sont nombreuses et exigeantes envers les producteurs de données, notamment en termes de qualité et de mise à disposition. Elles le sont également envers les éditeurs de SIG pour le respect des normes à l'accessibilité des données déportées. C'est ce second aspect que nous allons traiter dans notre étude pour montrer les moyens mis en œuvre pour accéder à ces nouveaux flux de données ainsi que les nouvelles perspectives de développement induites par leur usage.

Pour aborder le point de vue de l'éditeur, un seul postulat est au cœur de sa stratégie : « la satisfaction de l'utilisateur ». Non pas que l'éditeur soit altruiste par nature, mais uniquement parce que ses revenus en dépendent ainsi que sa survie ! La vitalité de cette industrie dépend également de l'adoption rapide des standards émergeant de l'informatique. Une informatique qui apporte régulièrement son lot de nouveautés avec ses anglicismes que les néo géomaticiens sont souvent les premiers à adopter ! Les éditeurs de SIG ne sont pas en reste et exploitent au mieux ces nouveautés dans la mesure où elles apportent un réel confort pour l'utilisateur final. L'une d'elles, le « cloud computing », ou littéralement « informatique dans le nuage », ou plus élégamment « informatique dématérialisée », est le concept utilisé par le Géoportail pour ses serveurs distants qui distribuent librement, en consultation, ses données via Internet.

L'enjeu pour les éditeurs de SIG est de donner un accès simple et rapide à l'utilisateur au nuage en rendant transparent les nombreux aspects techniques ! Pour illustrer ce travail technique qui passe nécessairement par une recherche ergonomique, nous avons choisi de prendre comme exemple le premier SIG en France à s'être penché sur la question, le SIG GeoConcept Entreprise, qui a bénéficié de recherches spécifiques sur ce point.

Accéder en un clic au nuage…

Une des recommandations et préconisations des utilisateurs finaux était l'accès en une étape aux données du Géoportail. Afin de résoudre cette équation et après plusieurs expériences qui se sont étalées sur plus d'un an de tests, le choix suivant a été fait. Il s'agit de mettre en évidence sur l'interface principale une icône suffisamment explicite : le logo Géoportail (fig. 7), qui en un clic, affiche l'ensemble des couches. Derrière ce simple clic, se cache un ensemble de process : la gestion du réseau, la connexion aux serveurs Géoportail selon des normes précises (WMS-C) (fig. 8), la récupération des couches, la création d'une structure d'accueil dans le SIG, le rapatriement des métadonnées et enfin la reprojection à la volée des données dans le référentiel de l'utilisateur… Le tout en un clic souris ! Ce challenge a été atteint grâce à une écoute particulière d'utilisateurs aux profils variés et dans des environnements très hétérogènes.

La lecture dynamique d'un flux de données externes au SIG engendre la création automatique d'une structure d'accueil pour permettre une manipulation de ce flux comme une donnée ordinaire intégrée au SGBD du SIG. L'exemple donné en figure 9 illustre les possibilités de manipulation des flux de données en provenance des Web Services du Géoportail. Ces données peuvent être visualisées séparément ou de façon combinée. L'ordre de superposition des couches d'information (flux) avec celles des données locales (celles de l'utilisateur) est également personnalisable et permet ainsi une gestion en toute liberté.

Une porte ouverte sur les services…

L'ouverture des services gratuits de consultation des données du Géoportail INSPIRE pour des usages non lucratifs ne peut que favoriser la créativité… Elle démultiplie le nombre des utilisateurs potentiels, favorise leur utilisation dans les laboratoires de recherche. Nul doute que les prochaines années seront marquées par une intégration massive de la composante spatiale dans des applications tierces qui ignoraient jusqu'à présent la composante géographique. D'autant que ces applications pourront être rémunérées si l'utilisateur utilise la version payante des données INSPIRE pour des usages professionnels (lucratifs).

Les services proposés par le cloud computing sont une porte ouverte vers d'autres services hybrides à distance. La notion de service est souvent associée dans l'industrie informatique aux SaaS (Software as a Service ou services logiciels en ligne) et aux DaaS (Data as a Service ou fourniture de données en ligne). Des services déportés gratuits ou payants que nous utilisons tous sans le savoir !

Par exemple, lorsque l'on utilise le Géoportail et que l'on saisit une adresse, on fait appel à la fois à du Saas pour obtenir un geocode correspondant à l'adresse saisie et à du Daas pour récupérer la carte zoomée et centrée sur l'adresse saisie !

Les technologies SIG de GeoConcept permettent de se brancher sur des sources hétérogènes de flux de services, de les combiner et de les enchaîner ! La répartition des services dans des nuages différents est heureusement transparente pour l'utilisateur. C'est la créativité issue de ces combinaisons que nous souhaitons favoriser. À cet effet, nous mettons en place des outils pour explorer cette richesse informationnelle disponible au bout de notre souris. Les exemples présentés dans les figures 10 et 11 font partie des interfaces innovantes du SIG pour l'exploration des données multi sources en provenance des services distants.

Permettre l'exploration des données devient un enjeu majeur pour l'utilisateur. Celui-ci multipliant les sources d'information, il est conforté à faire des choix. La loupe Xraymap (fig. 10) met en valeur des couches d'information spécifiques à la volée au bénéfice d'un gain de temps important !

Le SIG GeoConcept exploite les flux entrants en provenance du Géoportail comme une donnée locale qui peut être plaquée sur un MNE (fig. 11). Le potentiel offert par ce type de manipulation n'a de limite que l'imagination de l'utilisateur.

Enfin, il faut remarquer, que cette nouvelle ère cartographique, dans l'utilisation des données en ligne, implique nécessairement que l'utilisateur soit attentif au respect des règles d'usage des données et services, qu'ils soient libres ou payants. En effet, si l'accès aux données externalisées est simplifié et facilité par le SIG GeoConcept, l'utilisateur doit prendre connaissance de ses droits et devoirs concernant l'utilisation de ces services dématérialisés.

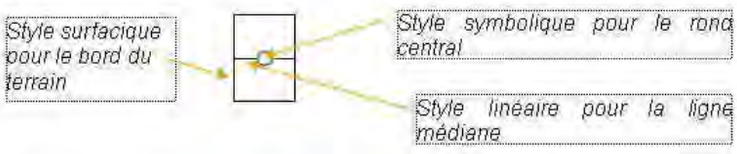


Figure 1 : Symbole de terrain de foot s'appuyant sur des géométries multiples

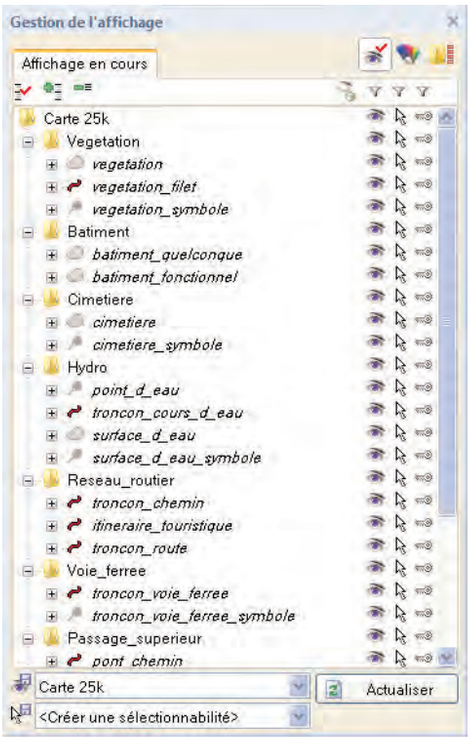


Figure 2 : Gestion des styles Publisher dans l'interface de GeoConcept

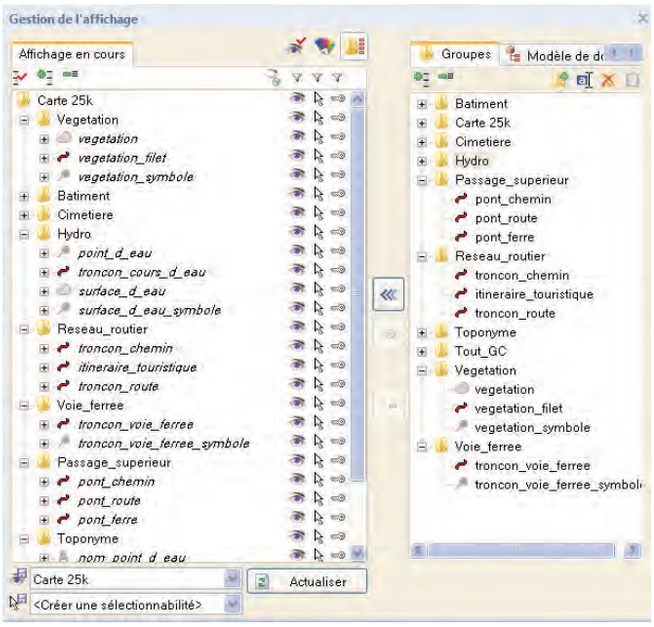


Figure 3 : Onglet de gestion des styles par groupes

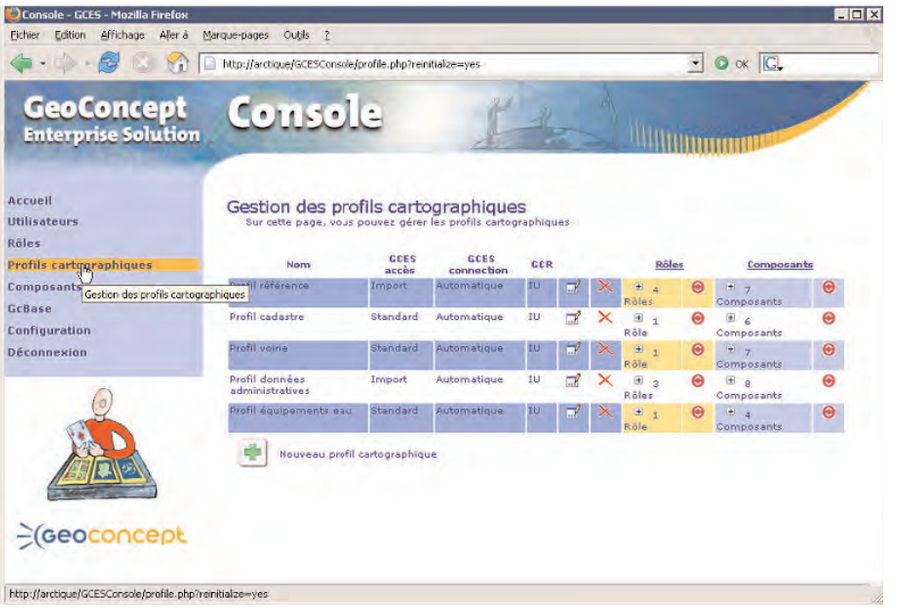


Figure 4 : Gestion de profils cartographiques dans la console GCES

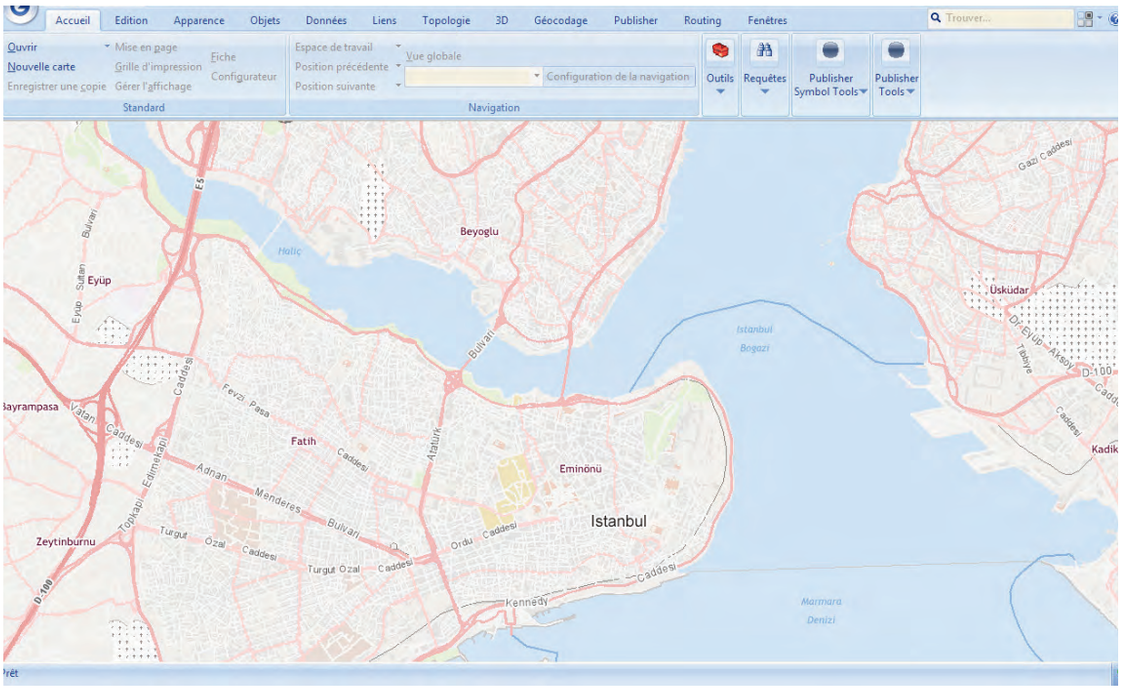


Figure 5 : Carte NAVTEQ Maps for GeoConcept de la Turquie

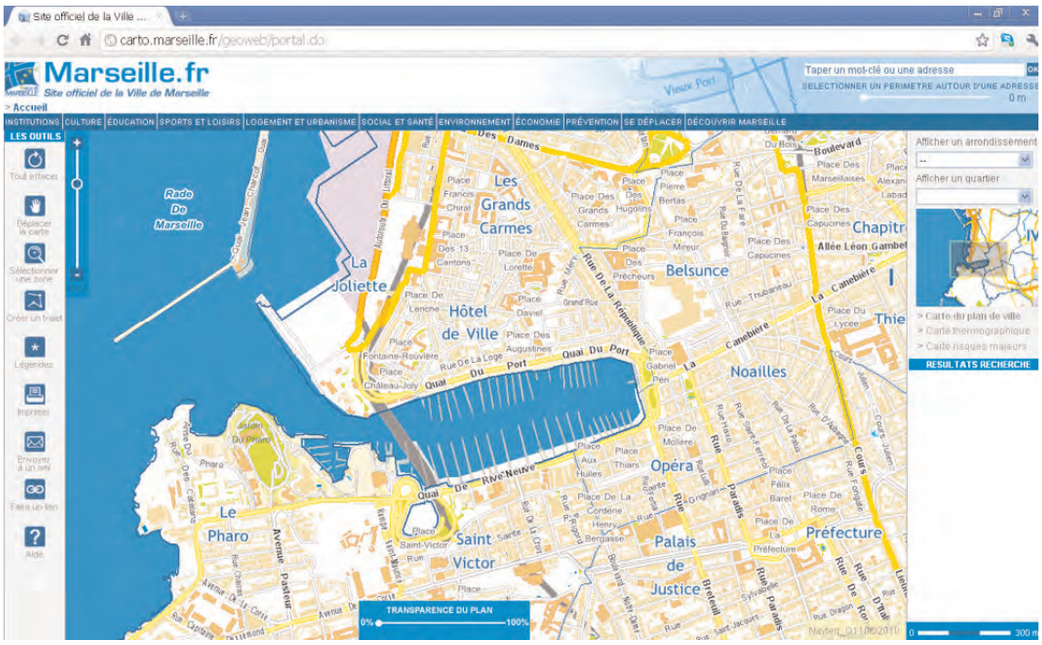


Figure 6 : Site internet de la ville de Marseille

Figure 7 : Icône d'accès rapide au Géoportail

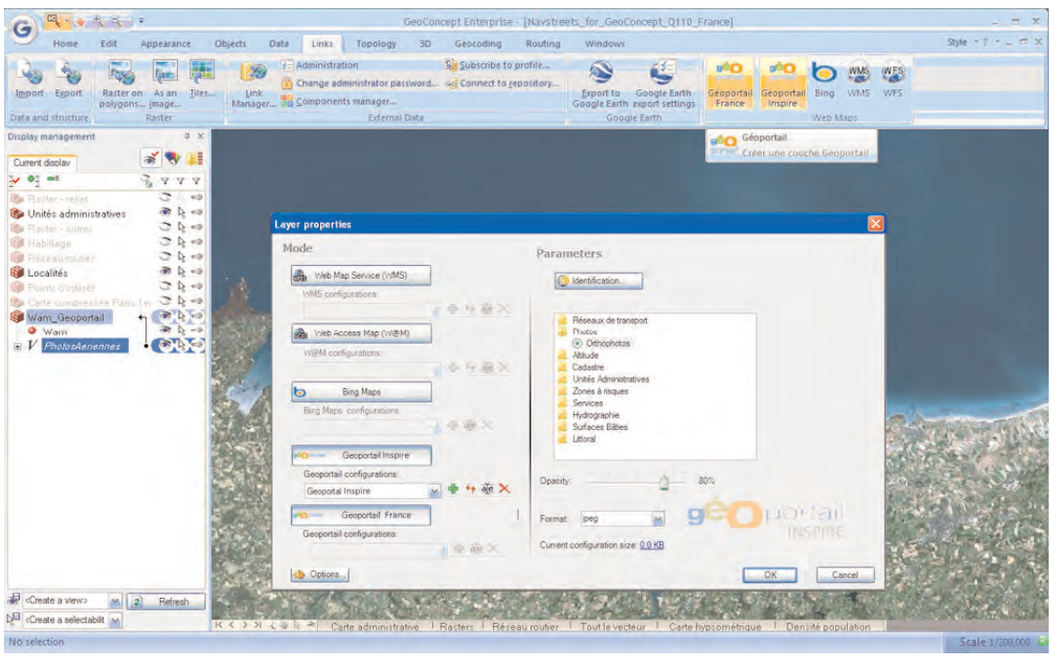


Figure 8 : Connexion aux serveurs Géoportail et lecture automatique des paramètres

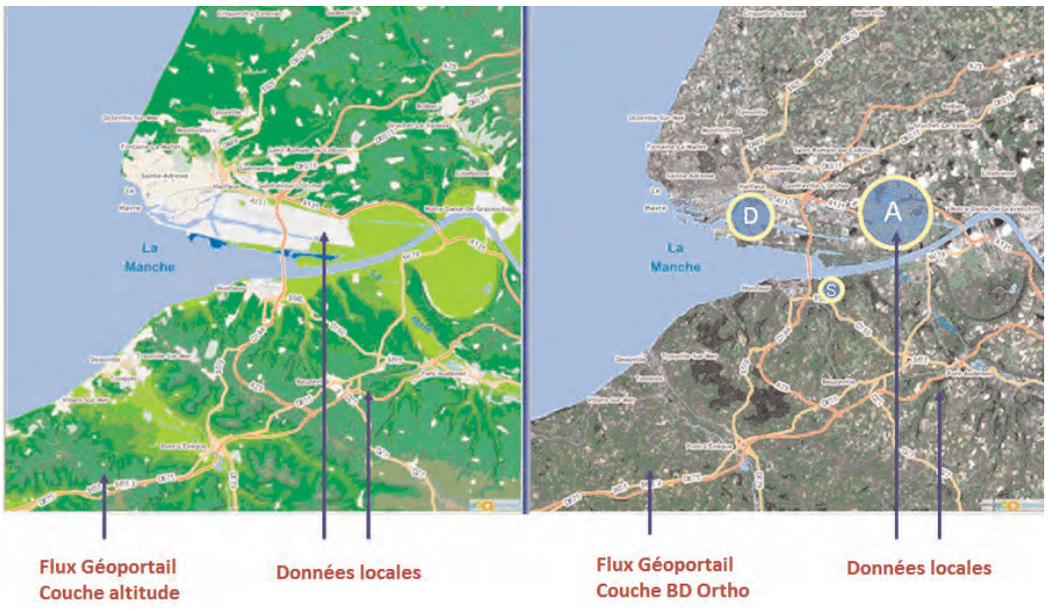


Figure 9 : Exemple d'intégration dans le SIG GeoConcept des données utilisateurs avec celles du Géoportail

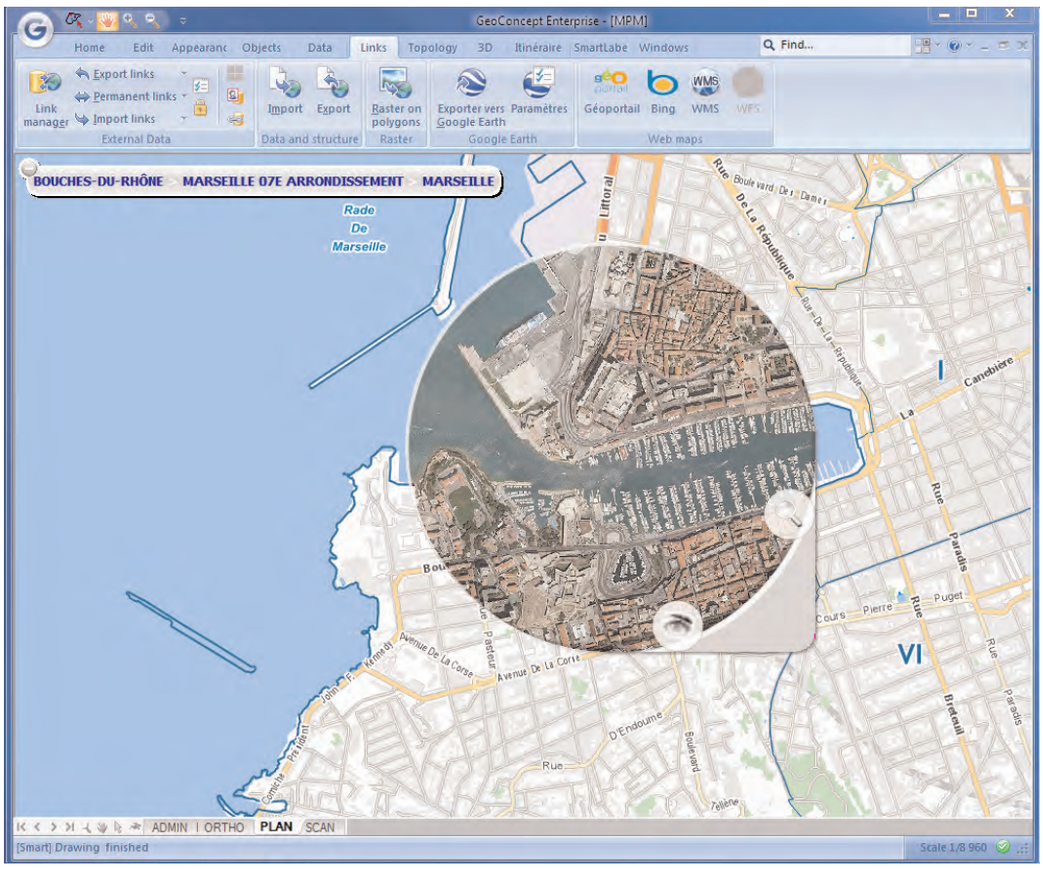


Figure 10 : La loupe Xraymap permet de visualiser dynamiquement les flux de données entrants en provenance de serveurs distants

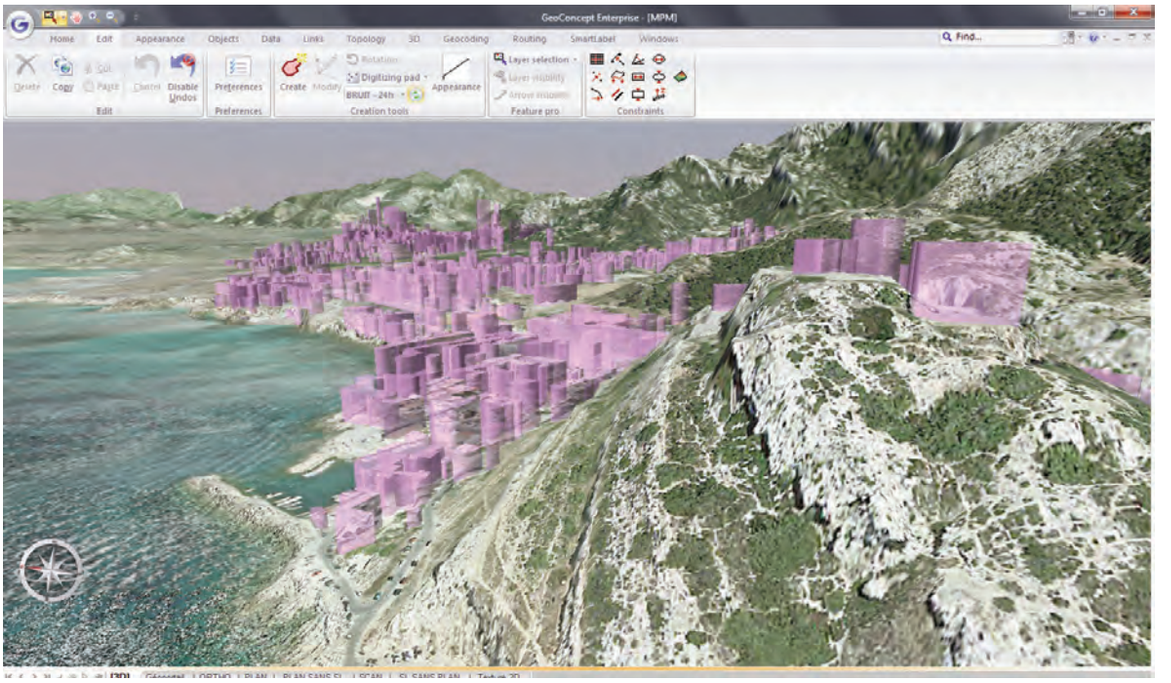


Figure 11 : Utilisation d'un flux distant sur un MNE (Modèle numérique d'élévation) local

INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL

par François Lecordix

Institut Géographique National
73 avenue de Paris, 94165 Saint-Mandé France
Site web : www.ign.fr

Introduction

Opérateur de l'état pour l'information géographique de référence, l'IGN, créé en 1940, est depuis 1967, un établissement public à caractère administratif, placé sous la tutelle du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer (MEEDDM). Ses principales missions sont de constituer, entretenir et diffuser les bases de données géographiques de référence dont le pays a besoin. L'Institut a pour vocation de décrire, d'un point de vue géométrique et physique, la surface du territoire national et l'occupation de son sol, d'en faire toutes les représentations appropriées et de diffuser les informations correspondantes. Historiquement concepteur de cartes, l'IGN produit aujourd'hui, à partir d'images aériennes ou satellitaires, des bases de données numériques interopérables et utilisables pour de nombreuses applications. Il contribue ainsi à l'aménagement du territoire, au développement durable, à la protection de l'environnement, à la défense de la nation, à la sécurité civile et à la prévention des risques. L'IGN a, par ailleurs, statutairement la possibilité de concevoir et de commercialiser à titre complémentaire, tout produit ou service à partir des données recueillies dans le cadre des missions de service public.

Les activités de l'IGN sur la cartographie et la géomatique concernent les domaines de l'enseignement, des recherches et développements, et de la production et diffusion.

Enseignement

L'Ecole Nationale des Sciences Géographiques, une des directions de l'IGN, répond aux besoins des services techniques de l'État, des collectivités territoriales, de l'IGN, des organismes publics, des entreprises privées et des organismes internationaux de développement ou de coopération. A travers 12 cycles de formation, on y enseigne toutes les disciplines et techniques de la géomatique : géodésie spatiale et GPS, topographie, imagerie spatiale, photogrammétrie, télédétection, cartographie, étude des bases techniques des systèmes d'information géographique et sciences humaines. Ses formations initiales (219 étudiants en 2010) ou continues (10 000 journées stagiaires en 2010) assurées de façon autonome, en collaboration avec d'autres écoles ou co-habilitées avec des universités mènent aux diplômes de technicien, technicien supérieur, ingénieur ou masters et mastères spécialisés.

Le cycle d'ingénieur a fait la preuve en 2010 de sa conformité aux critères de la Commission du titre d'ingénieur et aux standards internationaux les plus exigeants en obtenant l'habilitation de cette instance, elle-même habilitée EQAR (European quality assurance register).

Ces dernières années ont vu le partenariat avec différentes écoles et universités se renforcer : la première année du cycle d'ingénieurs est désormais mutualisée avec celle de l'Ecole supérieure des géomètres et topographes du Mans ; le partenariat avec l'Université de Paris 1 s'est encore enrichi : après les masters Carthagéo et DDMEG (développement durable, management environnemental et géomatique) co-habilitée de longue date pour les deux établissements, la licence professionnelle géomatique a été lancée en 2010 avec toujours la co-habilitation.

Enfin, l'ENSG a démarré en 2010 ses activités de recherches propres, dans le cadre de son laboratoire de recherche appliquée (LGA), dont un axe de travail concerne la géomatique.

Recherches et développements

L'IGN fournit un important effort de recherches et de développements. Le nouveau schéma directeur de la recherche et des développements, préparé en 2009 et mis en œuvre en 2010, a impulsé la réorganisation de l'activité en trois pôles : recherches, études et développements, et normalisations.

Recherches

Entreprises depuis de nombreuses années au sein d'un service spécifique, les recherches de l'IGN sont organisées autour de quatre laboratoires scientifiques. En mars 2010, le service de la recherche, via ses quatre laboratoires, a été évalué de manière très positive par l'Agence d'évaluation de la recherche (AERES) qui lui a attribué la note A.

Plus spécifiquement, dans le domaine de la cartographie et de la géomatique, le laboratoire COGIT (Conception Objet et Généralisation de l'Information Topographique) a en charge les recherches liées à l'utilisation des données topographiques vectorielles : modélisation et gestion, échange des données, communication de l'information. Spécialiste des systèmes d'information géographique, il étudie notamment l'automatisation des processus cartographiques, par lesquels les informations contenues dans ces systèmes sont communiquées aux utilisateurs, sous forme de cartes papier ou numériques sur écran. Ces dernières années ont été marquées par :

- Élaboration d'un modèle d'aide à la conception de légende. Ce travail propose d'utiliser des échantillons cartographiques ou des palettes de peintre pour l'aide à la conception interactive de cartes originales et bien contrastées. Il ouvre de nombreuses perspectives notamment pour la création de services Internet plus intelligents et plus souples. Ces travaux sont en cours d'industrialisation au sein du service des développements.

- Conception d'un modèle d'intégration de données fondé sur l'utilisation des spécifications et des ontologies sous jacentes aux lots de données, ce qui permettra d'intégrer différentes sources de données géographiques.

- Dans le cadre des projets Terra Numerica et Terra Magna, conception d'une bibliothèque de traitements algorithmiques pour des objets en 3D sur la plate-forme open source Geoxygene.

- Mise en oeuvre, toujours dans la plate-forme Geoxygene, d'un module dédié aux recherches en généralisation, appelé CartAgen, intégrant des fonctionnalités spécifiques à cette recherche et capitalisant les travaux antérieurs du COGIT.

En 2010, plusieurs soumissions du COGIT à des projets Agence Nationale de la Recherche ont été acceptées :

- Projet Geopeuple qui analyse les remembrements sur trois siècles à l'aide du patrimoine de l'IGN.

- Projet POSAMU qui vise à optimiser l'aide médicale.

- Projet Datalift qui vise à développer une plateforme de publication et d'interconnexion de jeu de données selon les nouveaux modèles Web 3.0.

Développements

La création du service des développements, intervenue en 2010, vise à mettre à disposition des bibliothèques et des méthodes informatiques dans un cadre pérenne, à y incorporer en continu les résultats de la recherche et à conduire des études et expérimentations afin d'accélérer l'innovation. Pour la partie cartographie et géomatique, l'activité principale de développement se situe dans quatre unités:

- Le département vecteur qui a pour but d'une part de maintenir et faire évoluer la chaîne de production et mise à jour de la BDUni, base de données unifiées contenant les informations topographiques et parcellaires sur l'ensemble du territoire, et, d'autre part, de mettre en place les bibliothèques vecteur pour les applications futures métier.

- Le département carto, englobant le projet Nouvelle carte de base qui vise à dériver et à mettre à jour la carte de base (1:25 000 et 1:50 000) à partir de la BDUni. Ce projet a livré à la production, en 2009, les outils pour collecter l'information manquante pour réaliser les cartes topographiques sur l'ensemble du territoire et, en 2011, la chaîne de production pour cartographier, au 1 : 25 000, en mode vecteur et de manière très automatisée l'ensemble des données topographiques, en exploitant notamment les recherches du laboratoire COGIT.

- Le projet Carte à la carte a été lancé en 2010 dans la continuité du projet Nouvelle carte de base et vise à mettre en place un processus très automatisé de cartographie des différentes bases de données IGN à différentes échelles et de fournir un service en ligne permettant à l'utilisateur de choisir les thèmes d'un nouveau fonds cartographique, d'en personnaliser la légende et d'y superposer d'autres couches.

Le projet Echange qui a mis en place en 2010 une chaîne opérationnelle de remontée de l'information par les utilisateurs des bases de données IGN, appuyée sur le Géoportail et son API (application programming interface).

PRODUCTION ET DIFFUSION

De la carte de base de la France au 1 : 25 000 aux cartes dérivées et à façon, l'une des missions de l'IGN est d'établir et de mettre à jour les fonds cartographiques du territoire, pour répondre aux besoins des autorités publiques et des utilisateurs privés. Depuis décembre 2010, la cartographie de l'IGN est certifiée ISO 9001.

Les quatre années écoulées ont vu la modernisation de plusieurs processus de production :

- En 2009, la couverture de la France au 1 :100 000 par la nouvelle Top100 issue directement de la base de données BDCarto par généralisation et rédaction vectorielle a été finalisée, avec la diffusion de 74 cartes.

- En 2010, issue de la nouvelle TOP100, 75 nouvelles cartes militaires au 1 : 100 000 ont été produites, achevant une nouvelle couverture de la métropole.

- Si l'année 2010 a vu l'arrêt du 1 : 50 000 traditionnel après cent dix ans de production, ce fonds sera remplacé par une nouvelle cartographie militaire à la même échelle dont le processus a été mis en place en 2010 et 2011.

- En 2010, une nouvelle série de cartes départementales a couvert l'ensemble de la métropole.

- Après un démarrage en 2009, la collecte complémentaire pour la nouvelle carte de base au 1 : 25 000 est montée en puissance en 2010 avec la formation d'une quarantaine d'agents. La rédaction des premières dalles numériques de 20 km sur 20 km a commencé en 2011, initiant la réalisation de la quatrième couverture de la carte de base, après la carte de Cassini, puis les cartes de l'état-major et la couverture actuelle.

- Les 977 levés manuscrits de l'état-major au 1 : 40 000 ont été assemblés en 2010 puis mis en ligne sur le Géoportail, constituant une cartographie inédite en couleur de la France du milieu du XIXe siècle.

L'activité cartographique de l'IGN reste donc très élevée, avec notamment 576 nouvelles cartes éditées en 2010, la production de l'IGN allant des cartes topographiques aux routières, des cartes aéronautiques au SCAN littoral, des cartes militaires aux cartes à façon.

Cette activité de production cartographique est complétée par une forte activité de diffusion. L'IGN a diffusé 2 980 000 cartes en 2010, chiffre en repli de 2% seulement par rapport à 2009, alors que le marché des cartes papier baisse en moyenne de 8% par an. Cette bonne performance pour l'IGN est due aux nouveautés. Ainsi, les derniers titres de la nouvelle carte Top100 au 1 : 100 000 diffusés en 2010 ont confirmé le succès constaté en 2009, avec 315 000 exemplaires écoulés. Pour la nouvelle carte départementale au 1 : 200 000, 240 000 exemplaires ont été vendus en 2010.

Cette diffusion papier est enrichie par la diffusion de cartes personnalisées via l'application Carte à la carte. Cette application sur le site Internet de l'IGN a connu de nouvelles options, avec la possibilité d'exploiter d'autres fonds au 1 : 100 000 ou littoraux et avec la possibilité d'insérer une photographie ou d'imprimer sur un support indéchirable.

La diffusion de l'information géographique numérique continue son essor. Le Géoportail reçoit près de 38 000 visites chaque jour pour la consultation des cartes et photographies de l'IGN, mais aussi des nombreuses autres informations thématiques publiques. Un cinquième de ces consultations s'opèrent par l'intermédiaire d'autres sites Internet. Une bibliothèque de logiciels (API) permet en effet d'afficher les données du Géoportail sur tout site Internet. Le Géoportail s'installe aussi comme une puissante infrastructure d'échanges, de covisualisation et de téléchargement de données. La numérisation de la cartographie et les possibilités offertes par les nouvelles technologies génèrent de nouveaux usages et dynamisent le secteur de la géomatique. L'IGN s'inscrit pleinement dans cette évolution avec une nouvelle offre de produits et de services numériques professionnels. Les avancées technologiques s'adressent aussi au grand public : après la commande en ligne sur Carte à la carte et le téléchargement sur cartes-numériques.fr, l'institut propose désormais sur www.ign.fr l'accès gratuit à plus de 300 000 clichés photographiques anciens.

Les premières applications pour téléphones portables intelligents donnant accès aux données et cartes de l'IGN disponibles sur le Géoportail ont été mises sur le marché. Développés par des éditeurs partenaires de l'IGN, ces applications ont été largement diffusées auprès du grand public avec déjà plus de 10 000 abonnements enregistrés en 2010.

La diffusion des données numériques de l'IGN en direction du secteur de l'enseignement et de la recherche a fortement progressé grâce à la gratuité du téléchargement mise en oeuvre en juillet 2010 : 2634 téléchargements effectués tant par les laboratoires de recherche que par les établissements d'enseignement. EDUGEO®, labellisé « service d'intérêt pédagogique » et conçu en partenariat avec le ministère de l'éducation nationale est accessible à 100 000 élèves.

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Centre d'Île de France - Service Cartographie

par Elisabeth Habert

32 avenue Henri Varagnat
93143 Bondy cedex
secrétariat : 01 48 02 56 07
courriel : cartographie@ird.fr
marcia.mathieu@ird.fr
site web : www.cartographie.ird.fr

L'IRD

L'Institut de recherche pour le développement (IRD) est un établissement public français à caractère scientifique et technologique, placé sous la double tutelle des ministères chargés de la Recherche et de la Coopération. Il conduit depuis plus de 60 ans des activités de recherche, de valorisation et de formation en Afrique, en Méditerranée, en Amérique latine, en Asie et dans l'outre-mer tropical français.

Ses chercheurs se consacrent à l'étude des milieux et de l'environnement, de la gestion durable des ressources vivantes, du développement des sociétés et de la santé en étroite collaboration avec les partenaires des pays du Sud.

Le service Cartographie de l'IRD

Le service Cartographie de l'IRD est implanté sur le Centre IRD France-Nord de Bondy. Il a pour but de créer une plate-forme de capitalisation de l'information et des savoir-faire en matière de cartographie moderne, alliant édition, appui à la recherche et formation. Il est structuré autour de trois missions principales :

Appui à la recherche dans le domaine de la géomatique. Le service apporte son savoir-faire à l'ensemble des départements scientifiques de l'IRD. Il offre des possibilités d'échanges en matière d'utilisation des SIG, de conception et d'utilisation de bases de données… Il a mis en œuvre une politique d'articulation scientifique entre les programmes de recherche et lui, afin d'optimiser les compétences mutuelles. Pour cela, plusieurs journées d'étude sur le thème « Cartographie et géomatique à l'IRD » ont été organisées avec, pour principal objectif, de réunir les utilisateurs de SIG de notre institut afin d'échanger nos expériences et de définir de nouveaux axes de réflexion en ce qui concerne l'information géographique.

Élaboration et édition de produits cartographiques. Nombreux sont les indicateurs qui témoignent du rôle important du service dans le contexte éditorial du dispositif de recherche de l'IRD. Il suffit pour cela d'évoquer le nombre de publications parues dans des disciplines diverses : notices, atlas, cartes au format papier ou sur cédérom.

La formation. Le programme de formation scientifique du service vise à permettre aux chercheurs de l'IRD et à leurs partenaires d'acquérir une expérience concrète dans l'utilisation d'un SIG et de savoir élaborer un produit cartographique de haute qualité. L'encadrement des étudiants du Sud permet la diffusion des acquis obtenus au cours de leur stage auprès de la communauté scientifique de leur pays d'origine. Cette formation est offerte aux étudiants qui se spécialisent dans l'un des thèmes de recherche prioritaires pour l'IRD et qui ont besoin d'acquérir une expérience dans le domaine de la cartographie et de la géomatique.

Le Service Cartographie gère notamment la base de données cartographiques Sphaera, consultable sur Internet, qui rassemble plus de 18 000 documents. Web : www.cartographie.ird.fr/sphaera

MAISON MÉDITERRANÉENNE DES SCIENCES DE L'HOMME

CartoMundi
Valorisation en ligne du patrimoine cartographique

par Jean-Luc Arnaud

5 rue du château de l'Horloge 13 100 Aix-en-Provence
Courriel : jlarnaud@mmsh.univ-aix.fr

Cadre général

Les activités de la Maison méditerranéenne des sciences de l'homme (MMSH), relatives aux représentations de l'espace, sont organisées au sein du pôle de compétence - Espace, représentations et usages - dirigé par Jean-Luc Arnaud, directeur de recherche au CNRS. Ce pôle a pour objectif de promouvoir un vivier de compétences en matière d'analyse et d'utilisation de la documentation cartographique et iconographique par les chercheurs en sciences sociales. Il propose une expertise en matière d'usages des représentations graphiques de l'espace et de géolocalisation des sources anciennes. Les activités du pôle et ses domaines d'expertise concernent divers aspects dont :

- la formation des étudiants et des chercheurs aux usages de la cartographie, comme source, comme instrument d'investigation et comme outil de représentation ;

- l'élaboration de méthodes et de normes, pour le catalogage des documents cartographiques, en collaboration avec le Département des cartes et plans de la Bibliothèque nationale de France pour la géolocalisation de documents anciens ;

- la recherche scientifique à travers des participations à des rencontres scientifiques relatives à la cartographie, son histoire et ses usages et à travers des publications, dont un manuel de cartographie pour les historiens (fig. 1) ;

- la production et la diffusion d'outils d'appui documentaires à la recherche. Dans ce cadre, le pôle développe le site web *CartoMundi* dédié à la valorisation en ligne du patrimoine cartographique.

CartoMundi : valorisation en ligne du patrimoine cartographique

CartoMundi est un ensemble de moyens dédiés à la valorisation du patrimoine cartographique. Il est ouvert à tous les établissements qui conservent, produisent ou distribuent des documents cartographiques. Son principal outil est un site web collaboratif trilingue : français, anglais et espagnol. Il combine des bases de données géoréférencées avec une interface de recherche organisée autour d'un planisphère interactif. D'abord conçu pour répondre aux besoins des bibliothèques, des chercheurs et des étudiants, *CartoMundi* intéresse aussi des secteurs tels que l'édition, l'exploitation des ressources naturelles ou le tourisme.

CartoMundi est développé par l'Université de Provence au sein de la Maison méditerranéenne des sciences de l'homme à Aix-en-Provence et avec le soutien du laboratoire Temps, espace, langages, Europe méridionale, Méditerranée – Telemme. Il a bénéficié des soutiens du programme européen Ramses, du Très grand Équipement Adonis du Centre national de la recherche scientifique et de plusieurs collectivités territoriales de la Région Provence, Alpes, Côte d'Azur.

1 Un outil spécifique innovant http://cartomundi.eu

Les relations entre *CartoMundi*, ses partenaires et les usagers des documents cartographiques sont assurées à travers un site web collaboratif qui propose des fonctionnalités inédites.

1.1 Une structure de catalogue collectif

Dès son origine, *CartoMundi* a été conçu pour partager les données suivant une structure de catalogue collectif. Sa base de données est organisée en trois parties :

Un répertoire international

Le répertoire est ouvert à tous les établissements qui conservent, produisent ou diffusent des documents cartographiques. Pour chaque établissement, le système offre la possibilité d'enregistrer une description des zones du monde dont il traite ou conserve des représentations. Ce répertoire se propose de succéder à celui publié en 2000 par la Section de géographie et de cartographie de *l'International Federation of Library Associations* – IFLA.

État de la production

L'état de la production rassemble les descriptions génériques des séries cartographiques et des feuilles. Il est élaboré en amont à partir de collections complètes et/ou des catalogues des éditeurs. Ainsi, pour chaque série référencée, il propose une description de l'ensemble de ses feuilles, quel que soit l'état des collections.

Catalogue collectif

Le catalogue collectif est principalement composé par des liens entre les deux autres parties. Chaque lien enregistre que tel établissement du répertoire, possède, produit ou distribue, tel document enregistré dans l'index. Ce lien est qualifié par quelques données complémentaires.

1.2 Un nouvel outil

Le système développé par *CartoMundi* est innovant en ce sens qu'il juxtapose plusieurs fonctionnalités - gestion de bases de données, API de Google, *mash-up*, plateforme collaborative - suivant une combinaison unique en son genre et au service d'un outil dont il n'existe pas d'équivalent. Autrement dit, *CartoMundi* est le premier catalogue collectif géorérérencé et en ligne, dédié à la documentation cartographique. C'est à ce titre qu'un brevet a été déposé par l'Université de Provence au cours de l'année 2010.

L'interface de recherche est aussi novatrice dans la mesure où elle propose d'utiliser non pas des toponymes (comme les bases de données classiques) pour rechercher les lieux mais un planisphère dans lequel l'internaute peut se déplacer pour identifier et sélectionner la région dont il recherche des cartes. Ce système, qui s'affranchit des toponymes et de leur multiples graphies - Istanbul est aussi Constantinople, Byzance, Tsaringrad, etc. –, a permis de développer un portail ouvert aux opérateurs du monde entier. Il présente aussi un caractère inédit dans la mesure où il est capable de prendre en charge des documents de n'importe quelle partie du monde et à n'importe quelle échelle – depuis les planisphères les plus généraux jusqu'aux plans cadastraux les plus détaillés. Pour parvenir à ce résultat, on a développé des fonctionnalités particulières pour la gestion des échelles de représentation.

Ainsi, au contraire des autres systèmes en ligne, *CartoMundi* n'est pas un système local (dédié à une région du monde, à une collection ou à un type particulier de cartes), il est ouvert à toutes les formes de figuration cartographique.

1.3 Une plateforme collaborative

Le site web de *CartoMundi* est composé de deux parties principales : une zone publique pour la recherche et la consultation et une zone réservée aux partenaires pour gérer et alimenter les bases de données.

Interface publique

L'interface publique est tout d'abord un outil de recherche des documents. Elle est organisée autour d'un planisphère interactif sur la base duquel l'opérateur peut naviguer (zoomer – déplacer) et sélectionner un lieu ou une région du monde (Fig. 2). Cette opération déclenche une requête qui génère une liste des documents cartographiques, construite sur la base de deux variables :

- la zone géographique sélectionnée ;
- une fourchette d'échelles déterminée par le niveau de zoom retenu pour la visualisation du planisphère.

Cette seconde variable, qui est actualisée de manière automatique, constitue une des particularités de *CartoMundi*. Elle permet de ne pas faire apparaître dans la liste les références de cartes détaillées (des villes par exemple) lorsque l'opérateur visualise une large part du planisphère, alors même que les villes en question sont comprises dans le périmètre sélectionné. À l'inverse, lorsque l'opérateur visualise une région très circonscrite du planisphère (une ville par exemple), elle permet de ne pas faire apparaître dans la liste des réponses les références de cartes générales (du monde par exemple), alors même que ces cartes représentent aussi la ville recherchée.

Cette liste peut être restreinte par quatre critères :

- l'échelle de réduction, à travers une fourchette de valeurs limites ;
- la période de publication, à travers une fourchette de dates limites ;
- le thème, à travers un thésaurus ;
- le lieu de conservation des documents, à travers une liste de zones géographiques organisée en plusieurs niveaux (continents, pays, villes, établissements).

La sélection d'une réponse dans la liste ouvre un écran qui affiche les données relatives au document (feuille ou série) correspondant : périmètre représenté, pavé ISBD, liste des établissements de conserva-

tion. Enfin, si le document est libre de droit et s'il a été reproduit, il peut être visualisé.

Interface réservée aux partenaires

Cette zone est accessible aux partenaires identifiés à travers un système sécurisé. C'est une plateforme collaborative qui, en fonction des activités et des responsabilités de chaque partenaire, donne accès aux trois niveaux de participation à *CartoMundi*.

Le répertoire international

Pour le répertoire international, l'interface permet d'éditer la notice de chaque établissement et de ses correspondants. Elle offre aussi un outil de description géographique qui permet de construire facilement une image du monde des zones couvertes par chaque collection.

Le catalogue collectif

Les partenaires qui participent au catalogue collectif dressent les états de leurs collections sur la base de l'état de la production. En fonction des moyens dont ils disposent et du niveau de détail qu'ils souhaitent présenter, *CartoMundi* propose trois niveaux.

L'état de la production

De manière générale, les fichiers sources de l'index sont générés à travers des logiciels du commerce (tableur, SIG…). Ainsi, l'interface pour la participation à l'index comporte surtout des outils d'importation (choix de fichier, paramétrage, contrôle) et de géocodage. Un outil spécifique permet aussi de générer de manière automatique les tableaux d'assemblage des séries dont les limites entre les feuilles sont appuyées sur une grille de méridiens et de parallèles.

2 Une base de données géoréférencée

2.1 Une nouvelle catégorie de données

Le programme *CartoMundi* est né d'une question : pourquoi les documents cartographiques sont-ils aussi peu et aussi mal référencés dans les catalogues informatisés ? La réponse est simple : la norme de catalogage et la structuration des données en vigueur, créées pour les livres, sont mal adaptées aux demandes des gestionnaires et des lecteurs. Chercher une carte, c'est le plus souvent chercher la représentation d'un lieu donné. Or, les catalogues informatisés suivant la norme sont incapables de répondre à cette question parce qu'il est impossible d'enregistrer pour chaque document la liste des lieux qu'il représente, à toutes les échelles, dans toutes les langues et suivant toutes les variantes historiques. Pour ne pas présenter les mêmes déficiences, le catalogue de *CartoMundi* utilise les technologies les plus récentes en matière d'information géographique.

Un champ géographique, une nouvelle catégorie de données

Pour répondre aux questions formulées par localisation géographique – *Je cherche une carte de tel endroit* -, *CartoMundi* propose une interface qui permet de sélectionner n'importe quelle région du monde sur un planisphère interactif en ligne (Fig. 3). Pour assurer cette fonctionnalité, on ajoute à la description de chaque document un champ géographique qui rend compte de son périmètre.

2.2 Un nouveau mode d'organisation des informations

Les documents cartographiques se partagent en deux catégories principales : les monographies et les séries cartographiques ; le mode de catalogage mis en œuvre pour *CartoMundi* est fondé sur cette distinction.

Les monographies

Sur une seule feuille, chaque monographie figure la zone géographique généralement désignée par son titre. Elle peut être à n'importe quelle échelle ; on trouve à la fois des cartes de France et des plans de Paris qui correspondent à cette définition.

Les séries cartographiques

Les séries cartographiques sont des cartes partagées en plusieurs feuilles dont la publication est envisagée comme un tout. Les séries peuvent être à des échelles très différentes : le plan cadastral d'un village à l'échelle du 1 : 500 et une carte de l'Europe à l'échelle du 1 : 500 000 sont l'un et l'autre des séries cartographiques. La meilleure manière de rendre compte de l'organisation des multiples feuilles d'une série cartographique est son tableau d'assemblage.

CartoMundi est tout d'abord dédié aux documents organisés en séries car ce sont ceux qui présentent les plus grandes difficultés à traiter. Dans un second temps, le système permettra aussi de référencer des monographies. Dans la mesure où ces séries sont des ensembles de documents, elles constituent des entités particulières, dotées de caractéristiques propres, qui ne peuvent pas être décrites à travers des champs destinés à la description des feuilles, comme ce devrait être le cas suivant la norme. Soucieux de tenir compte de cette particularité, le catalogue de *CartoMundi* est organisé en deux niveaux hiérarchiques. Il permet ainsi de prendre en

charge la relation de dépendance entre chaque série et l'ensemble des feuilles qui la compose :

- au niveau supérieur « Série » : les descriptions des séries cartographiques ;

- au niveau inférieur « Feuille » : les descriptions des feuilles.

À chaque description de série correspondent plusieurs descriptions de feuilles. À chaque description de feuille correspond la description d'une série et d'une seule.

Bonnes pratiques

Le mode de structuration des données adopté par *CartoMundi* n'est pas sans incidence sur les pratiques de catalogage. Le principal changement par rapport aux usages les plus fréquents est l'importance conférée à la description de la zone géographique couverte par chaque document. Dans *CartoMundi* les champs réservés aux coordonnées géographiques deviennent secondaires et les vedettes géographiques inutiles. Ces deux formes de description sont remplacées par le champ géographique qui est plus rapide à générer et bien plus opératoire. Pour les monographies, on développera un outil qui permettra aux catalogueurs de définir le périmètre couvert par chaque document, à l'aide d'une interface graphique en ligne. Par contre, pour les séries cartographiques, les tableaux d'assemblage sont produits par un géomaticien à partir de données qui sont rarement portées sur les documents proprement dits. Ainsi, la collecte de cette information nécessite l'usage de sources complémentaires telles que des catalogues d'éditeurs et des tableaux d'assemblage imprimés. Dans ce contexte, pour organiser le catalogage dans les meilleures conditions, *CartoMundi* édite et diffuse sur son site web un guide de catalogage.

3 Un réseau international de partenaires

CartoMundi a été conçu comme un outil de partage des données. Avant même l'ouverture de son site web, il a séduit plusieurs grands établissements qui conservent, produisent ou revendent des documents cartographiques. En France, la Bibliothèque nationale (BNF), l'Institut géographique national (IGN), la bibliothèque de la Sorbonne, celle du Museum d'histoire naturelle… ; à l'étranger, plusieurs bibliothèques nationales, universités, musées, sociétés savantes, producteurs et revendeurs de cartes… Les deux principaux établissements français – BNF et IGN – ont adopté les outils développés par *CartoMundi* pour remplacer les fiches cartons qu'ils remplissaient jusqu'au début 2010. Ce réseau d'échanges est sans cesse renforcé car il n'existe pas, ni en Europe, ni ailleurs, de système comparable. *CartoMundi* offre des services organisés sur la base d'une combinaison de fonctionnalités qui n'a encore jamais été développée, ni en matière d'outil de recherche, ni en matière de catalogue collectif (Fig. 4).

3.1 Modèle économique

Les services proposés par *CartoMundi* sont coûteux, les soutiens combinés de l'Université de Provence et des collectivités territoriales ont permis de financer les investissements initiaux, à la fois pour le développement de l'outil et pour le catalogage de plusieurs dizaines de milliers de documents. Ces soutiens se poursuivent pendant la phase de montée en charge du système. Il est cependant nécessaire d'assurer sa pérennité à travers les contributions de chaque partenaire. Ces contributions peuvent être soit en nature, soit sous la forme d'une redevance annuelle, soit une combinaison des deux. *CartoMundi* est géré par une université, l'objectif de son modèle économique n'est pas de dégager des bénéfices mais d'assurer la pérennité du système. Ainsi, les revenus qui ne seront pas affectés à la maintenance seront investis dans le contenu des bases de données.

En fonction des moyens et des compétences dont il dispose, chaque établissement partenaire peut contribuer suivant trois niveaux. Chaque forme de participation donne lieu à des droits différents.

La participation au répertoire international est ouverte à tous les établissements qui conservent, vendent ou produisent des documents cartographiques, quelle que soit leur taille, quelle que soit leur localisation géographique. Le système est entièrement en ligne. Le correspondant de chaque établissement dispose d'un accès sécurisé à une interface qui permet de mettre à jour la description de l'établissement à tout moment. La participation au répertoire est libre et gratuite, elle est obligatoire pour accéder aux deux autres niveaux.

La participation au catalogue collectif constitue un moyen de valoriser les collections d'un établissement à travers un portail international et un outil de recherche performant. C'est aussi un moyen de cataloguer l'état de sa collection à moindre coût. Cette participation est soumise à la signature d'une convention et à une redevance annuelle calculée sur la base du nombre de documents effectivement référencés.

La participation à l'état de la production est réservée aux établissements qui disposent de collections importantes et à ceux qui produisent des cartes.

L'index regroupe un état de la production cartographique. Le rassemblement et l'organisation de ces données sont coûteux, aussi, les établissements qui participent à l'état de la production bénéficient de réductions sur les redevances dues au titre de l'utilisation catalogue collectif.

3.2 Un dispositif d'échanges et de partage de l'information

CartoMundi organise les échanges entre ses partenaires et les organismes extérieurs, à travers deux outils.

Échanges entre les partenaires

Lorsqu'un établissement enregistre dans *CartoMundi* son état de collection pour une série cartographique donnée, le système génère un fichier XML qui comporte toutes les métadonnées relatives aux documents de cet état de collection. Ce fichier peut être importé dans le catalogue local de l'établissement partenaire. Ainsi, *CartoMundi* n'est pas seulement un catalogue collectif, c'est aussi un outil performant pour l'alimentation des catalogues locaux (Fig. 5).

Échanges avec l'extérieur

CartoMundi est doté d'un entrepôt OAI-PMH. Cet entrepôt référence chaque série cartographique, chaque notice de feuille et chaque reproduction de documents suivant le format Dublin Core non qualifié. Ainsi, les pages web de *CartoMundi* ne sont pas seulement référencées par les moteurs de recherche généralistes mais aussi par les sites web à vocation culturelle qui pratiquent le moissonnage suivant le protocole OAI-PMH ; Europeana en particulier.

4 État des lieux, programmation

Le site web de *CartoMundi* a été ouvert au public au cours du mois d'avril 2011 avec les fonctionnalités relatives au répertoire international. Les trois livraisons suivantes - interface de recherche et de consultation des documents cartographiques, interface de gestion du catalogue collectif, interface de gestion de l'état de la production - seront disponibles avant l'automne 2011. Cette première phase achevée, les étapes suivantes seront consacrées à deux activités principales.

1) On accélérera la montée en charge des bases de données de manière à atteindre rapidement une masse critique suffisante pour drainer de nouveaux partenaires.

2) On développera de nouvelles fonctionnalités pour la prise en charge des documents monographiques.

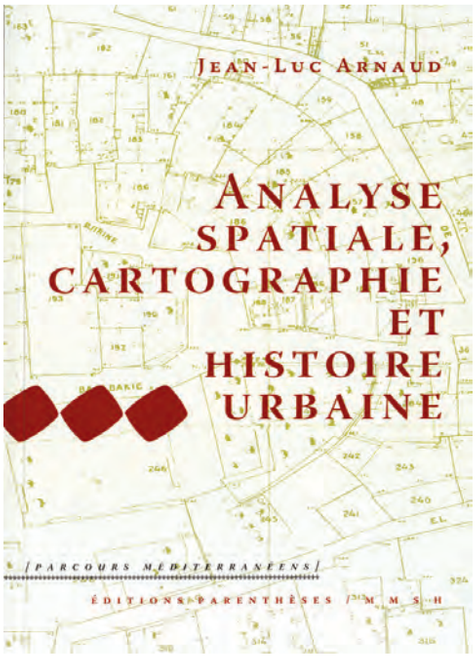


Figure 1 : Jean-Luc Arnaud, Analyse spatiale, cartographie et histoire urbaine, Marseille, Parenthèses, 2008, 233 p., 65 fig. ISBN 978-2-86364-154-5

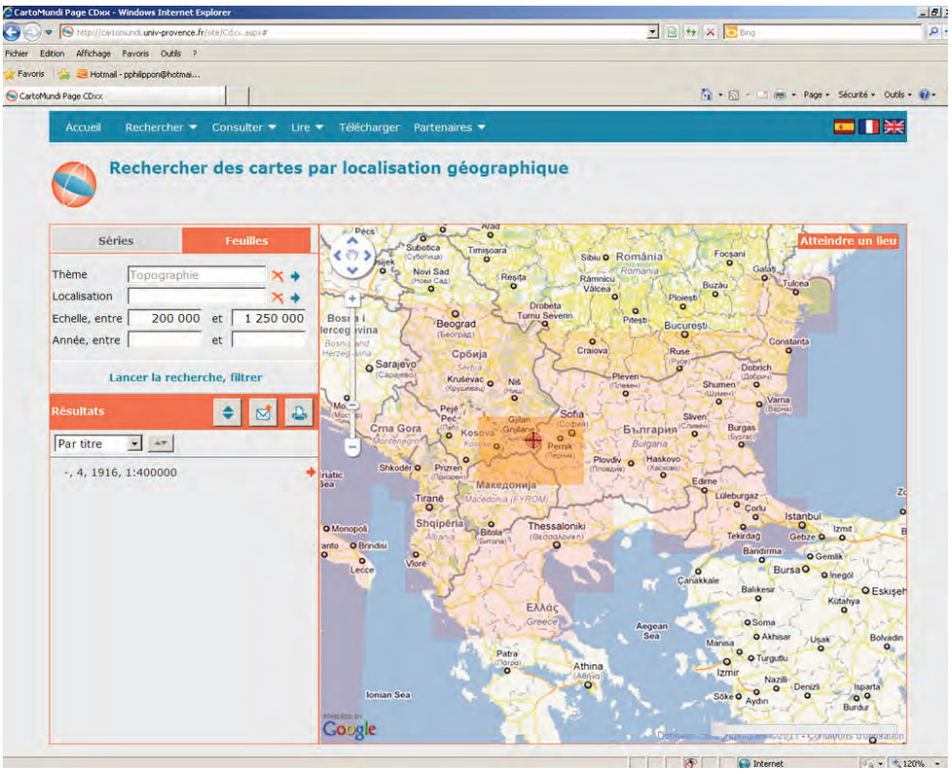


Figure 2 : Les écrans de CartoMundi mettent en interaction un planisphère qui permet de rechercher les documents et de visualiser leurs emprises avec des listes et des outils de sélection. L'écran d'entrée propose :
1) de définir la zone géographique recherchée sur un planisphère ;
2) des critères de filtrage par échelle, date, thème ou lieu de conservation des documents ;
3) une zone d'affichage et de tri des résultats ;
4) la possibilité de visualiser la zone géographique représentée par chaque document.

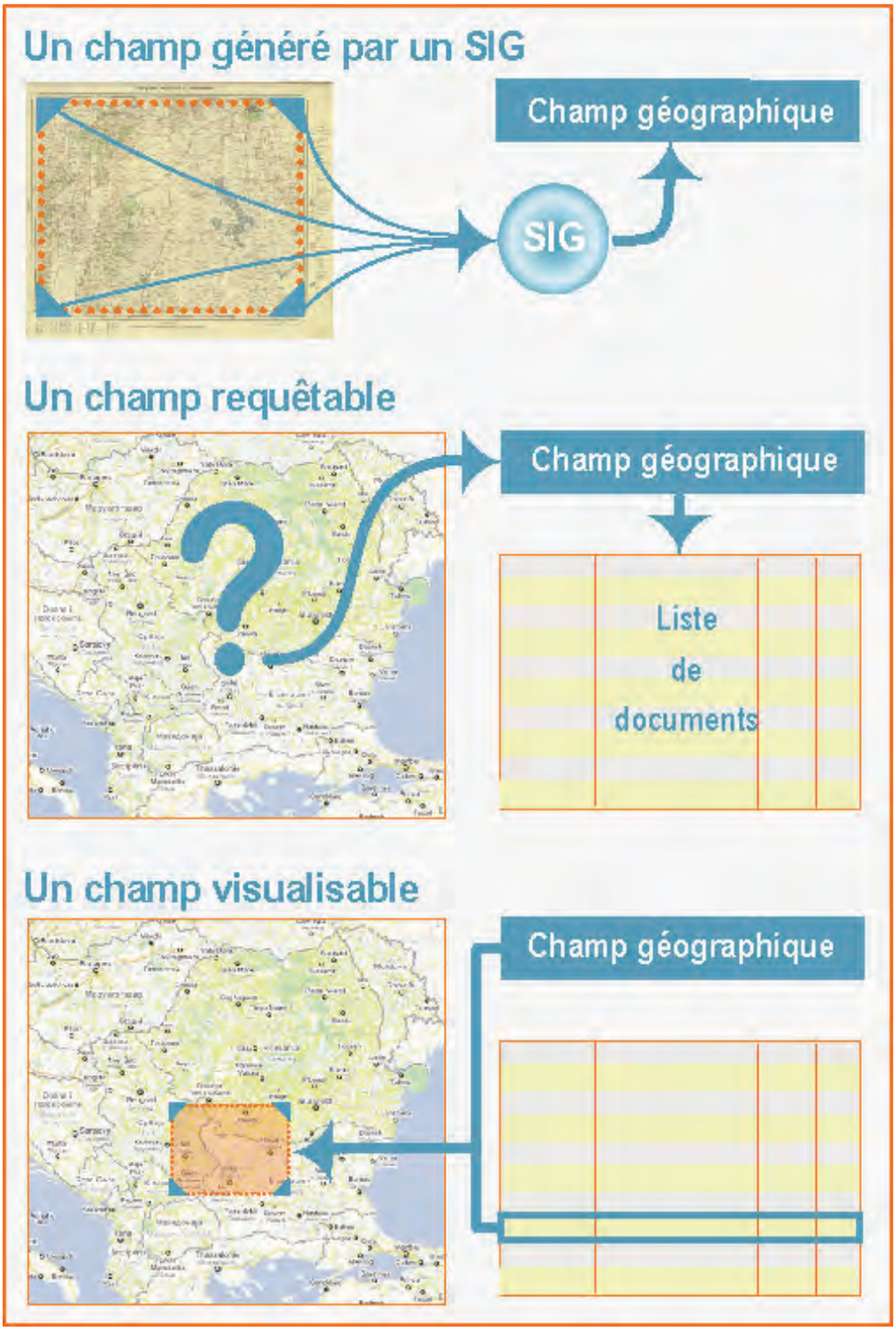


Figure 3 : 1) CartoMundi ajoute à la fiche de chaque document la description de la zone géographique qu'il représente. Cette information, enregistrée dans le champ géographique, est générée par un système d'informations géographiques.
2) Le champ géographique peut être requêté en sélectionnant une zone sur un planisphère.
Le système retourne la liste des documents qui représentent le lieu recherché.
3) Pour chaque document, le périmètre enregistré dans le champ géographique peut être visualisé sur un planisphère en ligne.

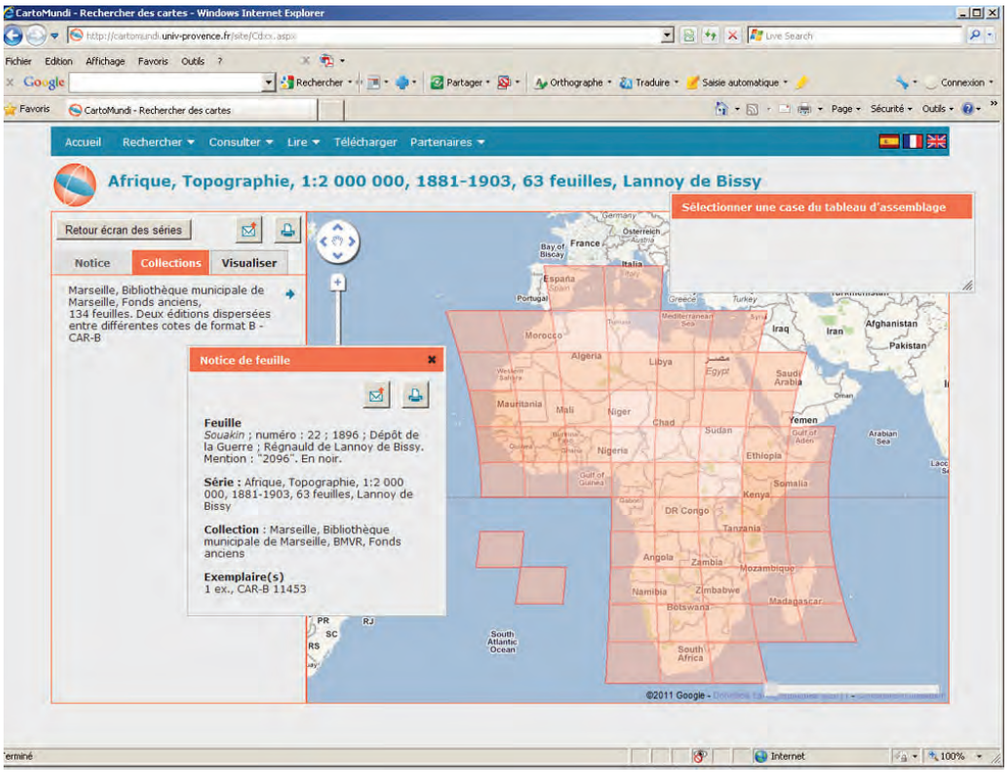


Figure 4 : Un catalogue collectif exemplaire : Pour chaque établissement et pour chaque série, un tableau d'assemblage permet de visualiser l'état de la collection. Chaque case de ce tableau est active, elle renvoie à la liste des feuilles conservées, à leurs notices individuelles et à leurs cotes.

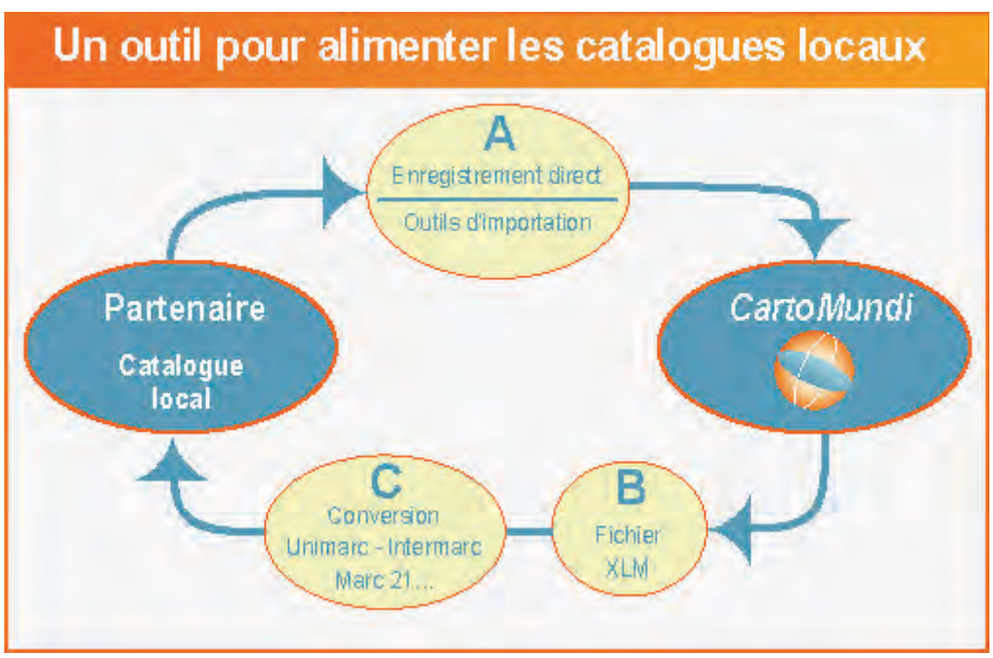


Figure 5 : Un outil pour alimenter les catalogues locaux : Pour l'enregistrement de chaque état de collection A), CartoMundi permet : B) de générer un fichier XML de l'ensemble des données ; C) d'importer ce fichier dans le catalogue local de l'établissement considéré.

SERVICE DE L'INFORMATION AÉRONAUTIQUE

par Patrick Bérard

8 avenue Roland Garros BP 245 33698 MERIGNAC CEDEX
Téléphone : 05 57 92 55 55 – Télécopie : 05 57 92 55 10
Site web : www.sia.aviation-civile.gouv.fr

Moyens

L'unité chargée de réaliser les documents cartographiques se compose d'une quinzaine de techniciens, le plus souvent issus de l'École nationale de l'aviation civile (ENAC). Ces techniciens n'ont pas de formation cartographique et sont formés à l'utilisation d'un logiciel de dessin au sein même de l'unité. L'équipe est animée par un ingénieur de l'Institut géographique national affecté au SIA.

L'ensemble des cartes « petits formats » est réalisé sous FreeHand. Les grandes cartes sont produites à l'aide du SIG GéoConcept.

AIP

Cet ensemble de documents se présente sous la forme de plusieurs volumes donnant l'information aéronautique sur la France métropolitaine et les DOM TOM. Il contient un nombre de plans, cartes et schémas, conséquent. C'est le rôle de l'unité chargée de l'information permanente que de mettre à jour ces cartes et d'en créer de nouvelles. L'ensemble de ces pages est consultable en ligne : http://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/

La production cartographique

L'essentiel des 3 000 cartes produites par le SIA est constitué par des documents généralement au format A5 ou A4. Ce sont le plus souvent des schémas dans les cas des procédures d'approche et atterrissage, des plans de circulation au sol (aires de stationnement), des cartes de profils intégrant les obstacles aux abords des aérodromes.

Les volumes consacrés au vol à vue (VAC) contiennent des cartes d'approche et atterrissage à vue. Ces cartes s'appuient sur la topographie des environs de l'aérodrome. Les cartes d'approche sont généralement établies à une échelle proche du 1 : 250 000 . Les cartes d'atterrissage sont d'échelle variable : du 1 : 25 000 au 1 : 50 000.

Le fond topographique, plus important dans le cadre du vol à vue, n'est cependant qu'un support à la description des directives d'approche et d'atterrissage. Il doit être discret et s'attacher à présenter les éléments facilement identifiables par le pilote à l'approche du terrain (autoroutes, voies ferrées, plans d'eau etc…). L'information portée sur ces cartes concerne essentiellement les points de compte rendu, les cheminements, les moyens d'accès et d'atterrissage ainsi que les installations liées à l'aérodrome.

Le SIA édite des cartes de plus grands formats. La carte dite de radionavigation à l'échelle du 1 :1 000 000 est éditée en 2 feuilles (nord et sud) et publiée deux fois par an. Une série au 1 : 250 000 (6 cartes actuellement) concerne les zones d'activités aéronautiques importantes. Ces zones sont généralement complexes et l'échelle permet une analyse plus fine de l'espace dans lequel va évoluer le pilote. Ces cartes sont publiées 2 fois par an (voir figure 1).

Le SIA édite également deux cartes à vocations particulières : 1 carte au 1 :100 000 à l'attention des hélicoptères en région parisienne et une carte au 1 : 500 000 destinée à la pratique du vol à voile sur les Alpes.

Tous ces produits sont publiés dans le but d'assurer la sécurité des vols. Le rythme de deux publications par an est rendu nécessaire par les modifications fréquentes de l'espace aérien ou bien des moyens de radionavigation.

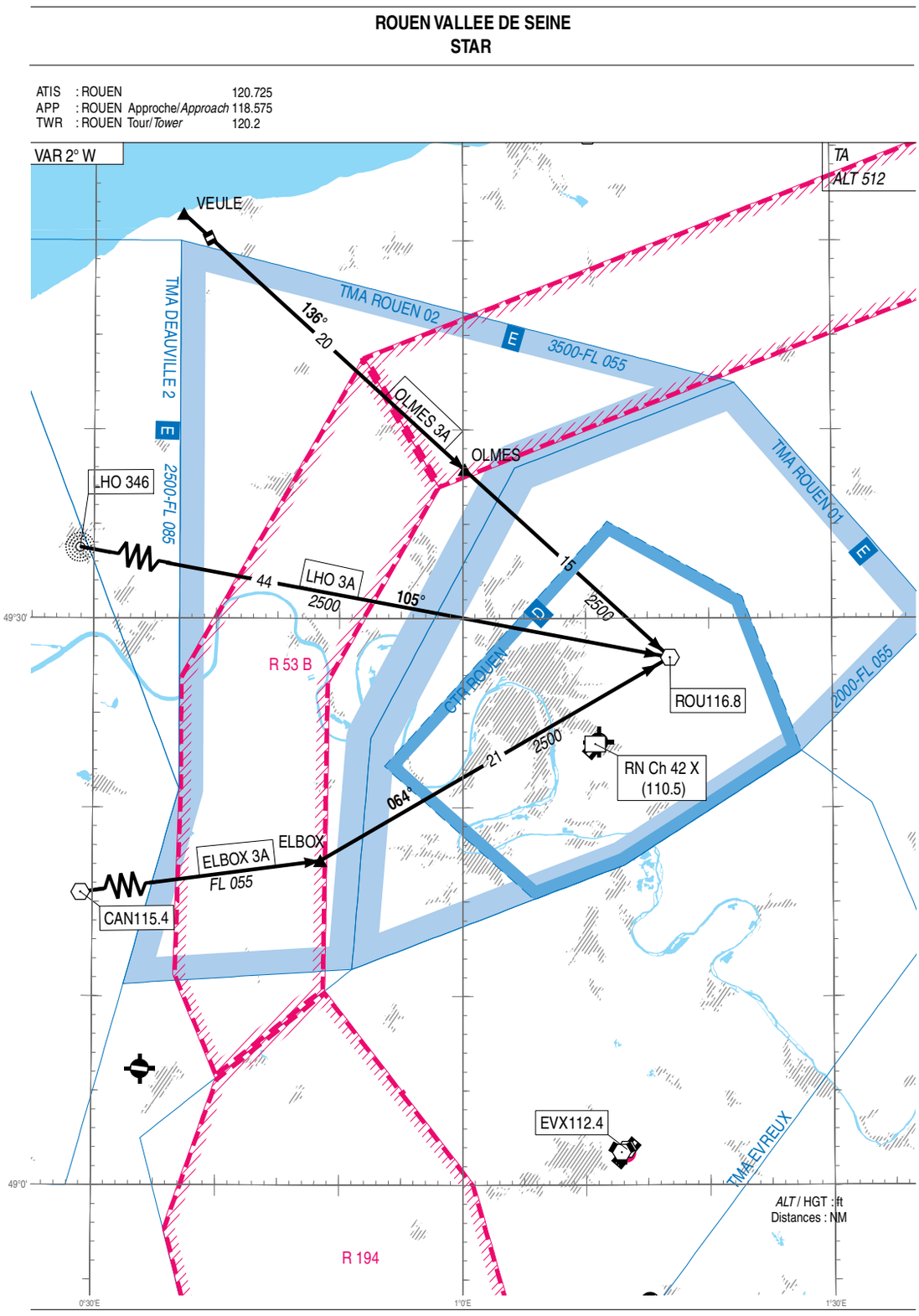


Figure 1 : Carte aéraunotique au 1:250 000

SERVICE HYDROGRAPHIQUE ET OCÉANOGRAPHIQUE DE LA MARINE

par Olivier Parvillers

13 rue du Chatellier CS 92803
29228 BREST Cedex
Site web : www.shom.fr

Ce rapport traite de la production cartographique du SHOM du 1er janvier 2007 au 1er janvier 2011.

Buts et activités

Le SHOM est l'héritier du premier service hydrographique officiel au monde.

1693 : publication du Neptune françois. 1720 : création du Dépôt des cartes et plans de la marine … qui devient en 1886 le Service hydrographique de la marine… et en 1971 le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM). En 2007 le SHOM devient EPA (établissement public à caractère administratif), placé sous la tutelle du Ministère de la défense.

La vocation du SHOM est de garantir la qualité et la disponibilité de l'information décrivant l'environnement physique maritime, côtier et océanique, en coordonnant son recueil, son archivage et sa diffusion, pour satisfaire au moindre coût les besoins publics, militaires et civils.

Le SHOM assure trois grandes missions

Service hydrographique national

Le SHOM exerce les attributions de l'État en matière d'hydrographie générale au bénéfice de tous les usagers de la mer, en particulier pour assurer la sécurité de la navigation, conformément aux obligations internationales de la France définies notamment par la convention des Nations unies sur le droit de la mer et par la convention de l'Organisation maritime internationale sur la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS).

Zones concernées : les espaces maritimes français (ZEE : zone économique exclusive, 2e rang mondial en superficie) et les zones dans lesquelles la France exerce une responsabilité cartographique historique ou du fait d'engagements internationaux particuliers.

Service de la défense

Les besoins de la défense en matière de connaissance de l'environnement marin vont bien au-delà des seules informations relatives à la sécurité de la navigation de surface. Dans ses domaines de compétence, le SHOM assure la satisfaction des besoins d'expertise, d'évaluation des capacités futures de fusion des données géoréférencées et de soutien opérationnel de la défense en matière d'environnement aéromaritime. Les performances des systèmes de commandement et des systèmes d'armes modernes impliquent une connaissance de plus en plus fine et adaptée des multiples paramètres descriptifs et évolutifs de l'environnement hydrographique, océanographique et météorologique (HOM).

Soutien aux politiques publiques maritimes

Le SHOM contribue à la satisfaction des besoins pour l'action de l'État en mer et pour la gestion intégrée des zones côtières, en intervenant notamment comme expert dans les travaux relatifs aux délimitations et frontières maritimes, et en assurant, en coopération avec l'Institut géographique national, le recueil et la mise à disposition des données numériques nécessaires à la constitution du référentiel géographique du littoral (projet Litto3D®).

Au nombre des activités du SHOM, on trouve principalement :

- l'établissement et l'entretien de la documentation nautique générale ;
- l'exécution des travaux à la mer ;
- la réalisation des études hydrographiques et océanographiques nécessaires à l'exercice des trois missions mentionnées ci-dessus.

Depuis 2004, le SHOM est certifié ISO 9001 version 2000 pour toutes les activités concourant à la sécurité de la navigation. En 2006, la certification ISO 9001/2000 est étendue aux autres activités du SHOM : soutien hydrographique, océanographique

et météorologique (HOM) de la défense, activités de recherche et développement, campagnes océanographiques et géophysiques, produits et prestations à façon, formation des officiers mariniers dans les domaines de compétence du SHOM.

Pour remplir ses missions, le SHOM est constitué d'une direction située à Brest (antenne à Saint-Mandé), de missions hydrographiques et océanographiques permanentes basées à Brest, Toulon, Nouméa et Papeete et d'un établissement principal (EPSHOM) situé à Brest et disposant d'une antenne à Toulouse.

Production cartographique

Le SHOM produit principalement des cartes marines pour la navigation essentiellement sous deux formes :

- les cartes marines papier ;
- les cartes électroniques de navigation (ENC).

En tant que cartes marines, ces cartes font l'objet d'un entretien continu, soit par avis aux navigateurs, diffusés selon un rythme hebdomadaire, soit par annexes graphiques, éditions limitées (grandes corrections) ou éditions. De nouvelles publications sont également réalisées pour compléter la couverture actuelle ou remplacer des cartes plus anciennes quand la couverture proposée n'est plus adaptée. La composition du portefeuille de cartes du SHOM a peu évolué au cours de la période considérée. Les caractéristiques principales que sont l'âge moyen et le nombre de corrections moyen par cartes, ont été stables, voire légèrement améliorées.

En complément de cette production principale, des cartes dérivées de celles-ci (variantes) et des cartes thématiques ont été produites et entretenues. Les variantes comprennent les cartes suivantes :

- cartes pour les petites embarcations, appelées cartes L ;
- cartes présentant la nature superficielle des fonds marins, appelées carte G ;
- cartes présentant les zones d'exercice militaire, appelées cartes ZONEX.

Les cartes thématiques comprennent :

- les cartes de l'action de l'État en mer, désignées par cartes AEM ;
- les cartes combinant les cartes terrestres de l'IGN pour la partie terrestre et les cartes marines du SHOM pour la partie maritime, désignées par Scan-littoral ;
- des cartes spécifiques dans le cadre de la Défense nationale.

Les faits marquants de cette production dans la période considérée sont la poursuite du développement du portefeuille d'ENC (doublée approximativement), l'adoption du système géodésique WGS84 pour la quasi-totalité des cartes couvrant les eaux sous juridiction française et la création des cartes Scan-littoral en partenariat avec l'IGN. Il faut aussi citer le soutien du développement d'une compétence en cartographie marine au sein de la Marine royale du Maroc qui a conduit à la publication de 2 cartes en 2009 en co-production, 2 autres cartes étant programmées également en 2011.

Les travaux cartographiques sont menés au SHOM principalement par le département Cartographie et la cellule Produits du département Produits, études et projets. Le département Cartographie comprend environ 52 personnes. Il a en charge la production et l'entretien des cartes de navigation et de leurs variantes. La cellule Produits du département Produits, études et projets comprend 3 personnes. Elle a en charge la production et l'entretien des cartes thématiques.

La composition au 1er janvier 2011 du portefeuille du SHOM est la suivante (les variations depuis le 1er janvier 2007 sont indiquées entre parenthèses) :

- cartes originales couvrant la Métropole : 182 cartes (-2) ;
- cartes originales couvrant l'Outre-Mer : 184 cartes (-4) ;
- cartes originales couvrant les zones étrangères : 239 cartes (-9) ;
- cartes de compilation : 148 cartes (-36) ;
- cartes en fac-similé : 326 cartes (+24).

Soit un total de 1079 cartes (-27).

Le détail des actions cartographiques pour le portefeuille de cartes marines papier est donné ci-après par année :

	2007	2008	2009	2010
Publications	7	20	14	13
Éditions	25	72	76	66
Éditions limitées	18	15	11	9
Annexes graphiques	32	28	29	26
Corrections	2479	2378	2412	2484

Les publications les plus nombreuses concernent

le renouvellement des cartes françaises dans les eaux étrangères sous forme de fac-similés. Les zones concernées sont essentiellement les côtes britanniques, espagnoles et italiennes.

Dans les eaux françaises ou sous responsabilité cartographique du SHOM, les principales publications ont été les suivantes :

- couverture du port de Bayonne et de ses approches par 3 cartes (2007) ;
- couverture du golfe du Morbihan et ses accès par 2 cartes (2008 – voir fig. 1) ;
- côte Nord-Est de la Nouvelle-Calédonie au 1 : 60 000 remplaçant 5 cartes de la fin du 19e siècle (2008) ;
- carte générale de la Guyane française au 1 : 500 000 (2008) ;
- carte au 1 : 60 000 de la côte Ouest de Guadeloupe achevant la couverture à cette échelle de l'île (2009) ;
- port de Tanger Med (2007) ;
- deux cartes au 1 : 150 000 des côtes marocaines en co-production avec la division Hydrographie, océanographie et cartographie de la Marine royale du Maroc (DHOC) (2009) ;
- port de Djibouti au 1 : 10 000 (2010 – voir fig. 2).

L'évolution de la production des ENC est présentée dans le tableau ci-dessous :

	2007	2008	2009	2010
Publications	44	43	28	36
Éditions	5	10	5	14
Corrections	380	468	507	687

Le portefeuille d'ENC du SHOM atteint début 2011 environ 32% de la cible, évaluée à 900 ENC. La diffusion des ENC du SHOM est toujours assurée par le centre de cartes électroniques de navigation PRIMAR, basé en Norvège.

Au cours de ces années, l'effort a porté en grande partie sur le développement de la couverture des routes fréquentées par les navires à grande vitesse (NGV) pour répondre aux obligations d'emport imposées par l'Organisation maritime internationale (OMI) entre 2008 (bâtiments neufs) et 2010 (bâtiments en service). Un effort particulier a été également fait pour assurer la production des ENC de la côte méditerranéenne française à l'échelle du 1 : 20 000 entre Marseille et Menton (voir fig. 3). À ce jour, la couverture des trafics marchands et/ou passagers est assurée par des ENC dans les eaux françaises à hauteur de 99% en volume.

Parmi les variantes, on peut citer le début de la couverture des cartes spéciales de natures de fond sur les côtes de Corse et du sud de la métropole avec la mise en service de 6 cartes depuis 2009 (voir figures 4 et 5).

Évolutions des techniques liées à la cartographie

Le système de production cartographique du SHOM est en partie commun à l'élaboration des cartes marines imprimées et des cartes électroniques de navigation, ce qui permet de capitaliser outils, données et compétences, et ainsi d'optimiser les travaux de production. Ce système, géré en configuration comme tous les systèmes du SHOM, évolue en continu pour s'adapter aux nouvelles technologies proposées par les industriels. La chaîne de production des cartes papier est désormais totalement numérique jusqu'à la confection des plaques d'impression par système Computer To Plate (CTP) ou l'impression sur traceurs. Le système d'édition des cartes marines au format raster (EDIACARA), mis en service depuis 2006, est utilisé pour la correction des matrices d'impression des cartes et la production des fac-similés. Environ 240 références de cartes papier sont désormais imprimées à la demande, sur traceurs à jet d'encre 8 couleurs. Les matrices de ces cartes sont maintenues à jour de façon hebdomadaire à l'aide du système EDIACARA, permettant ainsi leur impression à jour et sans délai. Ce système est également employé pour la production d'éditions «simples», notamment pour l'adoption du système géodésique WGS84. En parallèle, le travail de rénovation des bases de données utilisées pour la production des cartes (bases de données thématiques sur la bathymétrie, les épaves, les amers, le balisage, la réglementation…), puis leur intégration future dans une infrastructure de données géographiques et la réflexion sur de nouveaux outils de production ont été poursuivies en vue d'une amélioration de la productivité tout en conservant une exigence de qualité élevée.

Enseignement

Le SHOM met en oeuvre une grande diversité de techniques, et ses capacités de traitement, de mesure, de développement ou d'expertise dans chaque domaine, reposent sur un personnel spécialisé aux compétences critiques. De ce fait, on observe une grande diversité de statuts, civils ou militaires, et un axe essentiel de développement pour le SHOM concerne la formation.

L'école du SHOM, à Brest, dispense quatre types de formations : le cours du brevet supérieur d'hydrographe, le cours de programmeur, le cours du certifi-

cat supérieur d'hydrographe et la formation technique des techniciens hydrographes ou cartographes. Elle contribue également à la formation des élèves ingénieurs de l'ENSTA-Bretagne de l'option «hydrographie». Les formations en catégorie A (ENSTA-Bretagne) et en catégorie B (hydrographie) sont homologuées par le comité international FIG-OHI-ACI sur les normes de compétence pour les hydrographes et les spécialistes en cartographie marine (IBSC). La formation de technicien en cartographie marine de l'école du SHOM est en cours d'homologation catégorie B par le même comité. La formation continue du personnel en poste est indispensable au bon emploi des nouveaux procédés informatiques intervenant dans les travaux cartographiques.

Certaines de ces formations sont accessibles aux étrangers et suivies par des ressortissants des pays francophones d'Afrique ou de pays développant des capacités hydrographiques et cartographiques. Les formations en cartographie marine comprennent en général une large part de pratique au sein même du département Cartographie du SHOM.

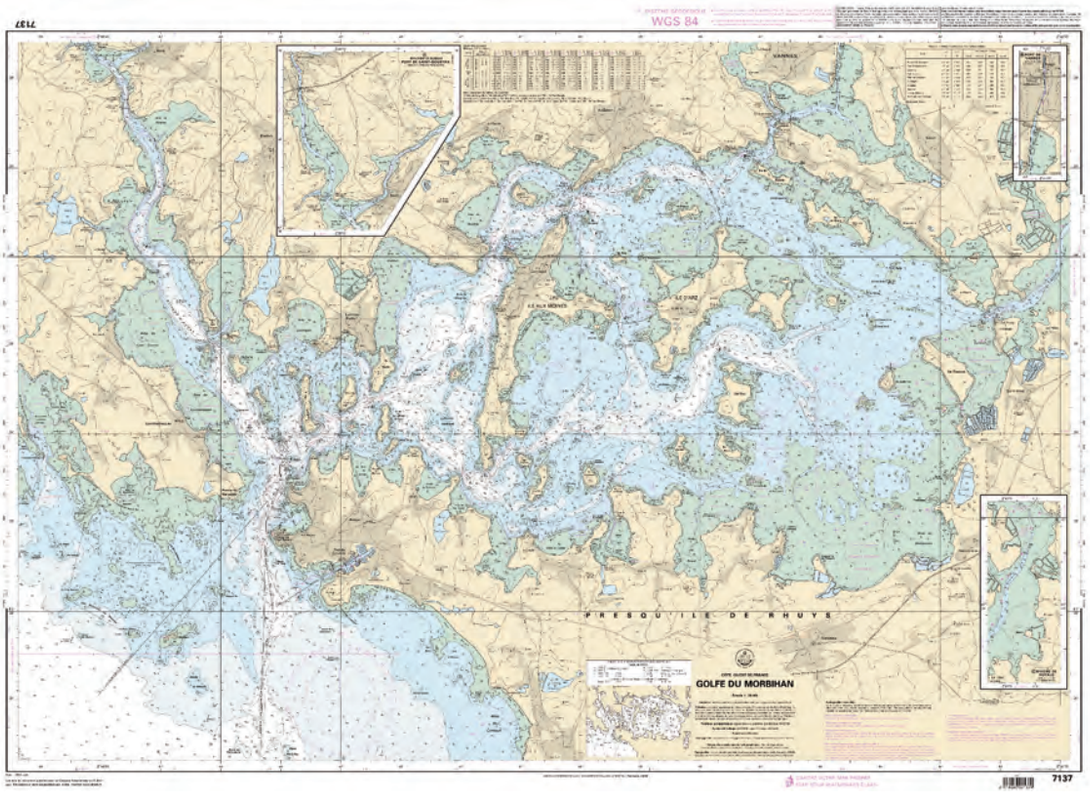


Figure 1 : Carte 7137 – Golfe du Morbihan – publiée en 2008 – échelle 1 : 20 000

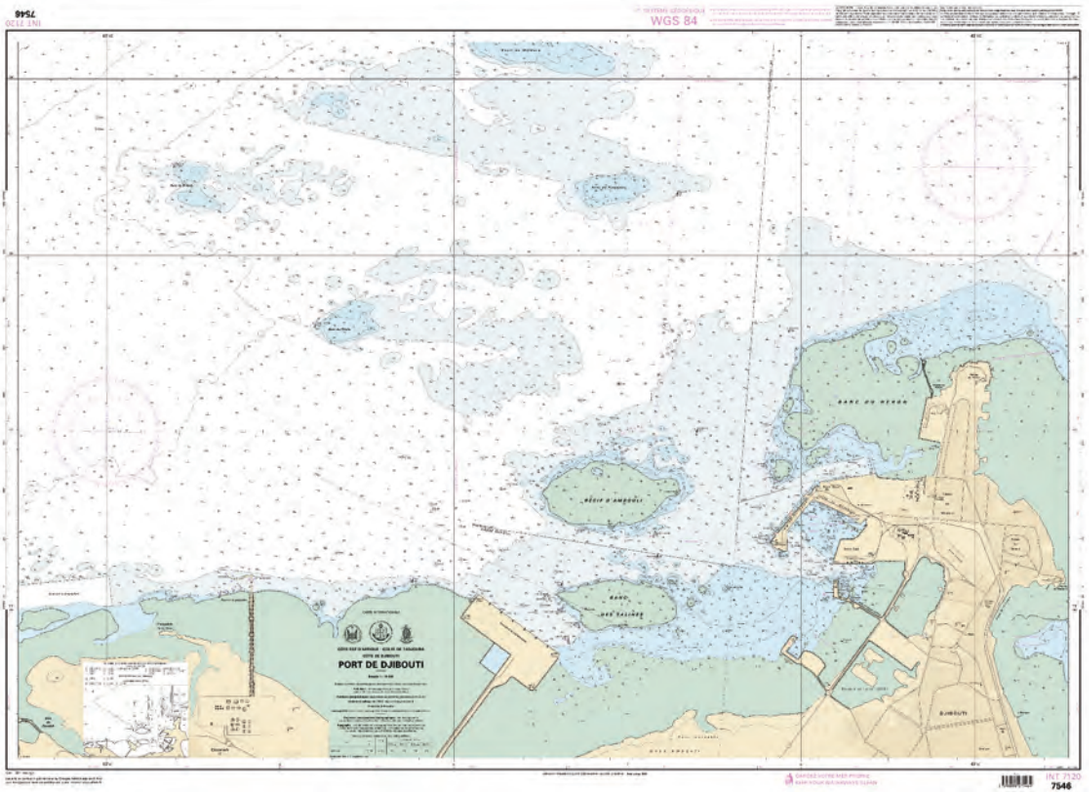


Figure 2 : Carte 7546 – INT 7120 – Port de Djibouti – publiée en 2010 – échelle 1 : 10 000

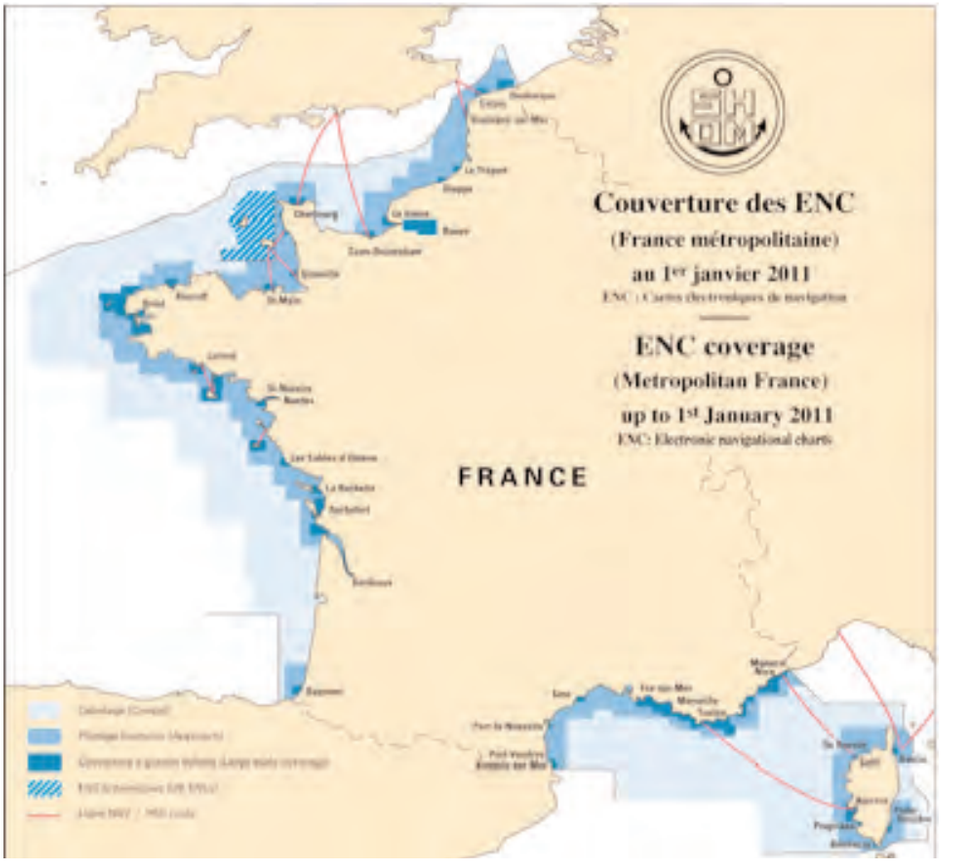


Figure 3 : Couverture des ENC en France métropolitaine

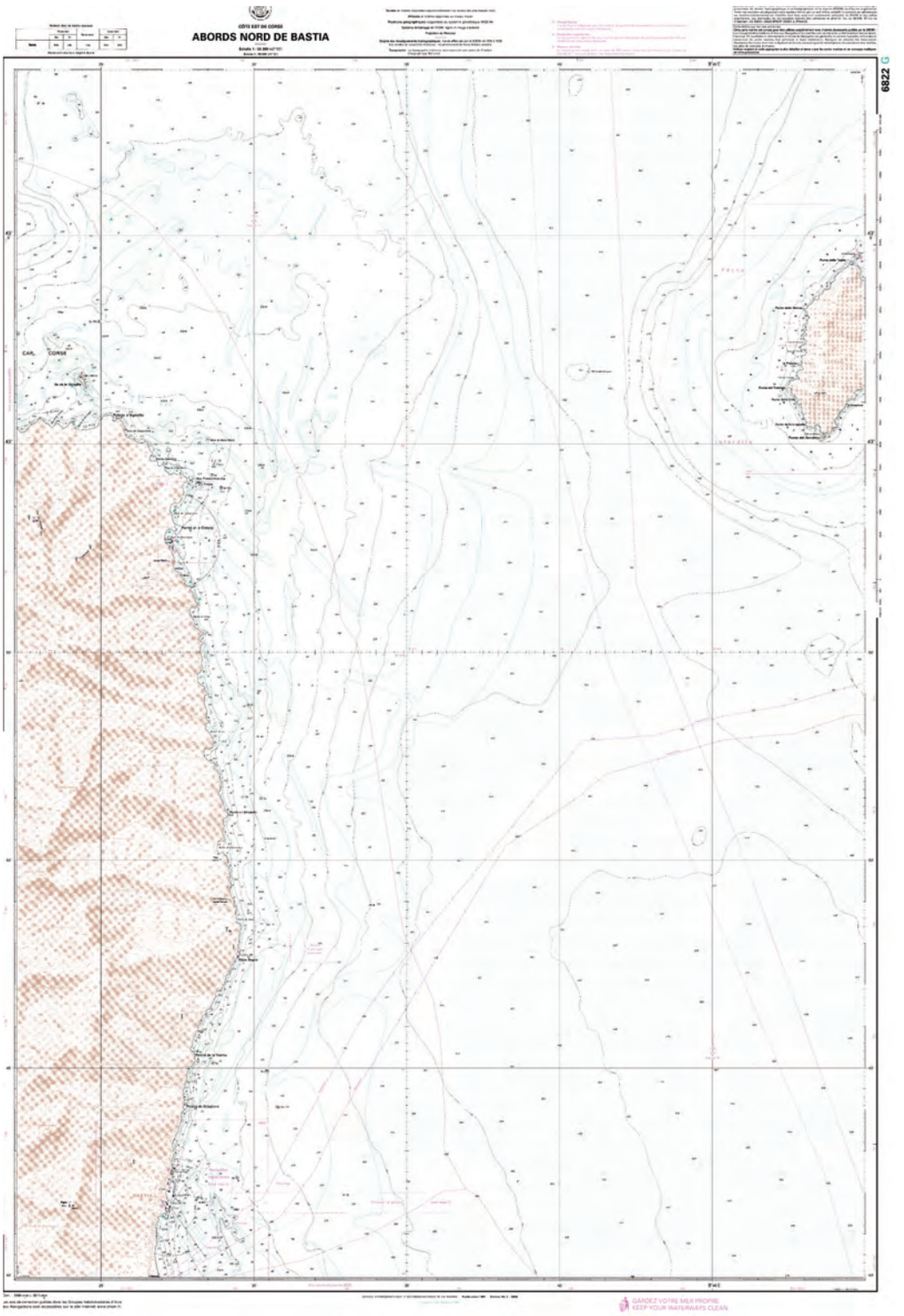


Figure 4 : Carte spéciale des natures de fond 6822 G – abords Nord de Bastia - publiée en 2009 – échelle 1 : 50 000

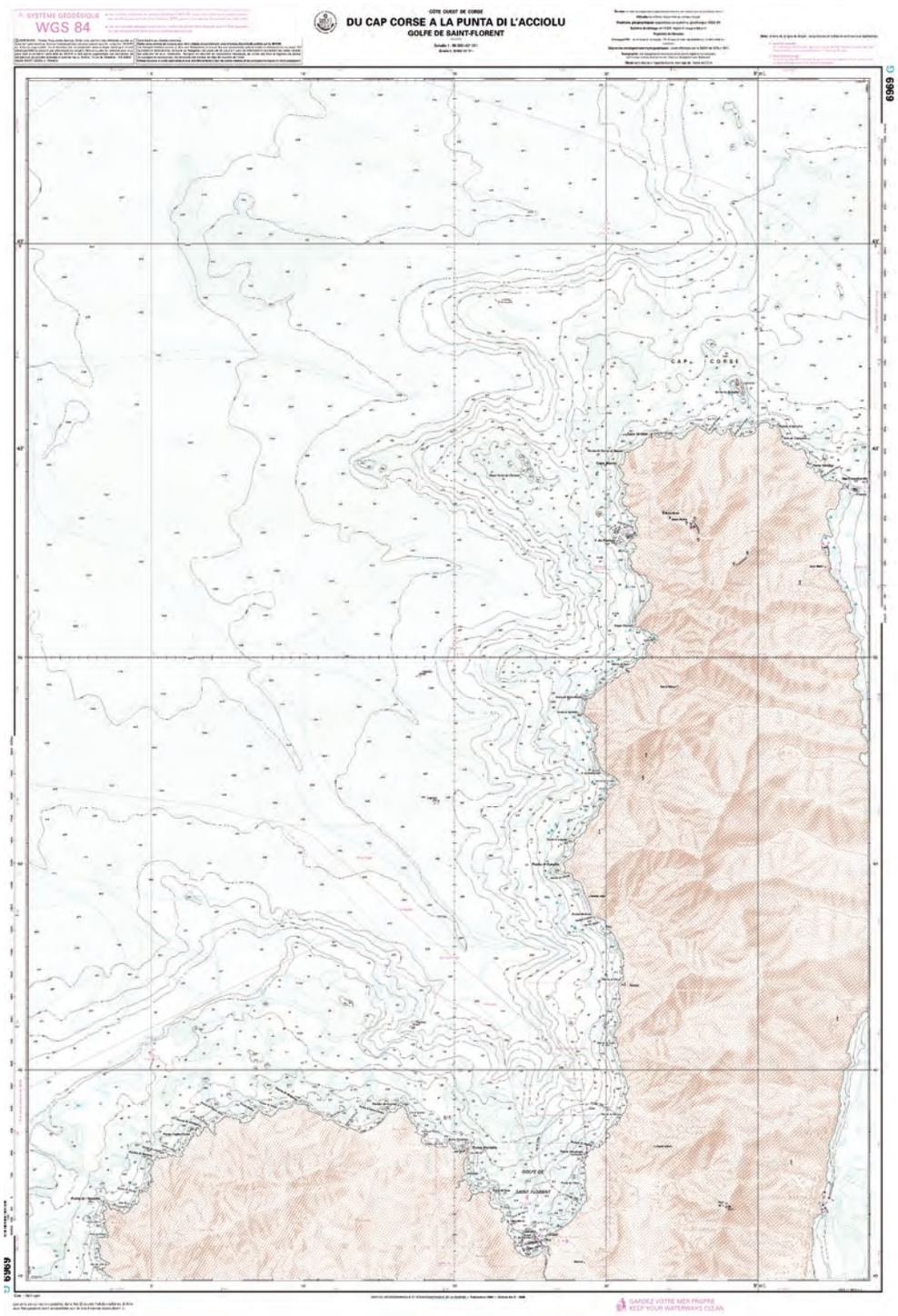


Figure 5 : Carte spéciale des natures de fond 6969 G – du Cap Corse à la punta di l'Acciolu – golfe de Saint-Florent - publiée en 2009 – échelle 1 : 50 000

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE 2011 DU CFC

L'assemblée générale du CFC s'est tenue le mardi 29 mars 2011 chez Michelin.
Vous trouverez ci-après les différentes interventions de cette journée.

RAPPORT MORAL 2010 ET RAPPORT D'ORIENTATION 2011

par Hélène Richard
Présidente du CFC

L'année qui vient de s'écouler a été très active pour le CFC, et le rapport de François Lecordix vous donnera une idée plus complète de ces activités. Comme vous le savez tous, le CFC s'est engagé dans l'accueil, en juillet 2011, du Congrès international de cartographie (ACI 2011). Ce congrès, où l'on attend entre 1500 et 2000 participants, qui va se dérouler au Palais des congrès de Paris, pendant six jours, sans compter les sessions préliminaires, est évidemment une entreprise qui dépasse largement les capacités ordinaires du CFC.

Aussi le comité est-il amené à solliciter des partenariats. Des organismes ont accepté, dès le début, de soutenir le CFC, d'une manière ou d'une autre (IGN, BRGM, SHOM, IRD et BNF), mais il faut solliciter d'autres subventions, demander des soutiens ou des aides ponctuelles. Le CFC est également sollicité par des personnes ou des structures, qu'elles œuvrent dans le domaine de la cartographie ou non. Et c'est ainsi que nous sommes, avant même que le congrès ne commence, bien plus visibles et présents auprès des organismes publics. C'est donc une bonne chose pour le Comité et il faut en remercier ceux qui s'investissent dans cette opération.

Pour le CFC, le congrès de l'ACI présente un certain nombre d'enjeux :

- Un enjeu scientifique, car il s'agit de permettre à la communauté scientifique française d'avoir toute sa place dans la communauté internationale de la cartographie et de la géomatique. Pour cela le congrès propose aux recherches françaises d'être largement et aisément présentées à côté de celles des autres pays. Il vise également à faciliter l'élaboration de relations entre les chercheurs français et la communauté internationale en créant une atmosphère qui favorise autant la concentration que la convivialité. Une attention particulière est portée aux jeunes chercheurs et un programme spécifique leur est destiné.

- Un enjeu lié à la sensibilisation du grand public à l'importance de la cartographie dans l'exercice de la citoyenneté. On sait à quel point la cartographie envahit l'espace public, car le mot est utilisé dans un sens très large, mais aussi parce que les cartes sont présentes sur nos murs, dans nos magazines ou sur notre écran d'ordinateur ou de téléphone. Or la carte doit, comme un texte ou une image, être analysée pour que l'on en comprenne le sens, le message, ou l'intention plus ou moins honnête… La sémiologie a là toute sa place. La cartographie joue également un rôle considérable dans la mesure des risques et les citoyens doivent être capables de les appréhender eux-mêmes. Pour cela, le congrès est ouvert à tous avec des conférences comme celle de Jean-Christophe Victor ou des expositions de cartes, y compris en dehors du congrès comme à la Mairie de Saint-Mandé ou à la BNF.

- Un enjeu enfin touchant la formation, car cette sensibilisation ne saurait être suffisante si la cartographie n'a pas sa place dans la formation des futurs citoyens ou acteurs de notre pays. Pour cela, un concours de dessins d'enfants et d'adolescents a été lancé et les travaux des jeunes ont montré qu'ils mesuraient bien cet enjeu, car les messages qu'ils souhaitaient faire passer, parfois avec bonheur, étaient forts… Et nous ferons une place également aux écoles ou aux organismes de formation en cartographie.

Mais ce congrès n'est pas une fin en soi. Il s'agit pour notre Comité d'engager une dynamique et de donner une visibilité à l'action des acteurs spécialisés dans l'un ou l'autre secteur de la cartographie. Nous espérons que le succès couronnera notre investissement et que celui-ci portera des fruits de long terme car notre champ d'activité nécessite une plus grande visibilité. Tel est donc le sens de notre engagement, et cet enjeu est partagé par nos partenaires.

Qu'il me soit permis ici de remercier les institutions qui soutiennent le CFC et qui se sont engagés particulièrement cette année. Je citerai l'IGN qui nous accueille et qui nous soutient en permanence, l'IRD qui est depuis longtemps à nos côtés, le BRGM et le SHOM ainsi que la BNF qui nous soutiennent dans notre entreprise.

Je voudrais aussi remercier tous ceux qui font fonctionner le CFC tout au long de l'année : François Lecordix, son Secrétaire général, Madame Lecomte, sa Secrétaire, Claude Mauny son Trésorier, Monique Pelletier et Cécile Souchon qui assurent la publication du *Monde des Cartes*, notre bulletin, ainsi que les présidents et secrétaires des commissions. Je dois y associer Aurore Salmon qui, dans le cadre de son apprentissage, s'occupe du site Internet. Mes remerciements vont aussi à ceux qui s'investissent particulièrement dans le congrès, Anne Ruas et, bien sûr, Cécile de Fombelle de la société Europa Organisation.

Enfin je suis très heureuse que cette année, nous soyons accueillis pour notre assemblée générale et pour une visite du musée Michelin. Que Messieurs Paul Carril et Philippe Sablayrolles trouvent ici tous nos remerciements. Enfin, je tiens à vous remercier tous de votre présence et de votre soutien actif.

RAPPORT GÉNÉRAL D'ACTIVITÉS 2010

par François Lecordix
Secrétaire général du CFC

Chers collègues cartographes,

Sans surprise, l'activité 2010 du Comité français de cartographie s'est concentrée sur l'organisation de la 25e Conférence cartographique internationale, tout en poursuivant les activités traditionnelles.

Le travail sur l'organisation de la conférence a pris de multiples formes :

- Définition du programme général de la Conférence et des différentes manifestations associées à la Conférence, avec leur lieu et leur date, notamment pour le cocktail d'ouverture au Musée de la Marine avec l'aide du SHOM, le dîner de gala à la Bibliothèque nationale de France avec l'aide de la BNF, la course d'orientation au bois de Boulogne et la promenade long de la méridienne à Paris avec l'aide de l'IGN.

- Organisation de deux comités scientifiques (un international et un autre national) pour la sélection des communications.

- Réalisation et diffusion de deux appels à communication de la conférence.

- Promotion permanente de la conférence en France et à l'étranger.

- Mise en place de la publication des textes sélectionnés pour la réalisation d'un volume et de deux numéros de revue couleurs des meilleurs articles et des actes numériques de la conférence.

- Organisation du site web de la conférence, notamment pour recevoir les soumissions : papiers longs, résumés et posters. Celui-ci a parfaitement fonctionné pour recevoir sans souci les 900 propositions proposées de France et de l'étranger.

- Sélection des soumissions au début de l'année 2011.

- Aide à l'organisation des réunions des groupes de travail avant le congrès pour ceux qui le souhaitent.

- Organisation des différentes expositions : techniques, dernières productions cartographiques et dessins d'enfants au Palais des congrès ; expositions historique à la BNF et artistique à la Mairie de Saint-Mandé.

- Définition des visites techniques à l'IGN, à l'IRD et à la BNF.

- Mise en œuvre du partenariat avec l'IGN, le SHOM, le BGRM, l'IRD et la BNF.

- Recherche de subventions auprès du Ministère de la Culture, de la Région Île-de-France, de la Mairie de Paris et de la Mairie de Saint-Mandé. Les premiers résultats de ce travail se traduisent avec les promesses de 20 000 euros de la Région Île-de-France et de 4 000 euros de la Mairie de Saint-Mandé. Ces sommes influeront le budget prévisionnel du CFC en 2011 comme nous allons le voir.

- Organisation et promotion du concours national de dessins d'enfants qui a permis de sélectionner six dessins en ce début d'année 2011 lors de l'exposition tenue à la Mairie de Saint-Mandé, parmi les 90 dessins reçus. Ce concours national ayant rarement obtenu de succès dans le passé, nous ne pouvons que nous féliciter que la France puisse cette année soumettre des dessins de grande qualité au concours international.

La préparation de cet évènement n'a pas empêché la poursuite des activités traditionnelles du Comité :

- La publication du bulletin trimestriel du CFC, *le Monde des Cartes*, avec ses quatre numéros trimestriels reflétant quatre manifestations sur des thématiques du CFC : la journée d'étude de géomatique de l'IRD (n° 203), l'histoire de la cartographie (n° 204), la communication et la cartographie (n° 205) et le salon de la géomatique à Saint-Dié (n° 206).

- La réorganisation du site web du CFC, entamée il y a deux ans par un travail de stage, a redémarré en septembre 2010 avec une apprentie, Aurore Salmon, qui réalise des modifications et des ajouts exprimés par les membres du Conseil et les présidents des commissions, notamment pour l'accès aux publications du *Monde des Cartes*. Ce travail se terminera en 2011.

- Les activités des commissions qui vous seront décrites par les présidents des commissions présents.

Enfin, l'année 2010 a été marquée par le déménagement du siège social et du secrétariat du CFC : en quittant le 107 rue la Boétie à Paris en raison de la fermeture du magasin de l'IGN, le CFC a trouvé un nouveau lieu d'accueil à Saint-Mandé dans les locaux de l'IGN que nous souhaitons remercier. Grâce au travail de notre secrétaire Madame Lecomte, aidée par Madame Alexis notre ancienne secrétaire, le déménagement a pu se réaliser dans les meilleures conditions et le nouveau bureau a pu être rapidement opérationnel. Ce déménagement nous impose de modifier un article des statuts, ce que allons vous proposer afin de pouvoir changer de département le siège social du CFC (Val-de-Marne et non plus Paris).

Je vous remercie pour votre attention.

RAPPORT FINANCIER DE L'EXERCICE 2010 ET PROJET DE BUDGET DE L'EXERCICE 2011

par Claude Mauny
Trésorier

Exercice du 01/02/2010 au 31/01/2011

I - RAPPORT FINANCIER DE L'EXERCICE 2010

a) Etat des adhérents

Adhérents en 2010	Membres d'honneur	Membres individuels	Membres collectifs	Total des membres cotisants	Correspondants et divers
	9	58	80	138	40

b) Produits de l'exercice

Subvention I.G.N	10 000,00 €
Subvention I.R.D.	4 544,80 €
Cotisations des membres	10 331,00 €
Correspondants étrangers	2 470,00 €
Publications diverses	709,50 €
Intérêts Livret A	593,01 €
TOTAL DES RECETTES	**28 648,31** €

c) Charges de l'exercice

Personnel : salaire	7 575,32 €
Personnel : charges sociales	4 033,00 €
Fournitures bureau	356,00 €
Téléphone - Fax - Internet	683,28 €
Bulletin : impression	11 955,01 €
Frais bancaires	8,00 €
Matériel informatique, maintenance	143,80 €
Cotisation ACI	2 000,00 €
Assurance - Honoraires	469,71 €
Congrès - ICC 2010	1 019,84 €
TOTAL DES DEPENSES	**28 243,96** €

Résultat de l'exercice **404,35** €

II - PROJET DE BUDGET DE L'EXERCICE 2011

a) Prévisions des recettes

Subvention I.G.N	10 000,00
Subvention I.R.D.	4 550,00
Subvention Ministère de la culture pour ICC2011	19 000,00
Subvention Région Ile de France pour ICC2011	20 000,00
Subvention Mairie de Paris pour ICC2011	6 000,00
Subvention Mairie de Saint-Mandé pour ICC2011	4 000,00
Cotisations des membres	9 000,00
Correspondants étrangers	2 500,00
Intérêts Livret A	800,00
TOTAL	**75 850,00** €

b) Prévisions des dépenses

Salaires	10 500,00
Charges sociales	4 500,00
Fournitures de bureau	1 000,00
Téléphone - Fax - Internet	500,00
Matériel informatique, maintenance	100,00
Frais bancaires	50,00
Bulletins	12 000,00
Cotisations A.C.I.	2 000,00
Assurance	500,00
Conférence ICC 2011	44 700,00
TOTAL	**75 850,00**

RAPPORTS DES COMMISSIONS 2010

COMMISSION II : HISTOIRE DE LA CARTOGRAPHIE

par Jean-Marc Besse
Président de la commission

et Catherine Hofmann
Secrétaire de la commission

Vie de la commission

Les membres de la commission se sont réunis à trois reprises au cours de l'année 2010, en février, juin et octobre. Toutes ces séances de travail ont eu lieu à la Bibliothèque nationale de France.

Suite à une vacance de quelques mois, Jean-Marc Besse, directeur de recherche au CNRS et responsable du laboratoire EHGO (épistémologie et histoire de la géographie) au sein de l'UMR «géographie-cités», a accepté de prendre la présidence de la commission ; Catherine Hofmann a été reconduite dans ses fonctions de secrétaire.

Des nouveaux membres ont été admis au sein de la commission en cours d'année 2010 :

- Jean-Yves Sarazin, directeur du Département des cartes et plans de la BNF,
- Lucile Haguet, chargée de recherche sur le projet J.B. D'Anville au sein du Département des cartes et plans de la BNF,
- Emmanuelle Vagnon, chercheur CNRS associée au projet median consacré à l'océan Indien.

Les travaux de la commission ont été nombreux en 2010, axés sur les points suivants

Lancement d'un carnet de recherches intitulé « cartes et figures du monde » en août 2010 à l'adresse http://cartogallica.hypotheses.org/ . Les objectifs de ce blog scientifique, hébergé sur le site Hypothèses.org géré par CLEO (centre pour l'édition électronique ouverte), sont de proposer aux chercheurs, étudiants, curieux et amateurs, une plate-forme d'information et de réflexion, leur permettant de suivre l'actualité des questions, des recherches, des propositions qui traversent le domaine de l'histoire de la cartographie, en France et à l'étranger. Il correspond également à la volonté de la commission Histoire de donner davantage de visibilité à ses travaux et de fédérer, dans la mesure du possible, l'essentiel des initiatives prises en France dans ce domaine. Tous les membres de la commission ont été invités à y participer en publiant des billets sur le blog. Les statistiques de fréquentation ont progressé rapidement, passant de 152 visiteurs différents mensuels en septembre 2010 à 767 en janvier 2011.

Le même souci de valorisation et de fédération des initiatives scientifiques en histoire de la cartographie est à l'œuvre dans le projet de création d'une société savante internationale, désignée en anglais sous le nom de *International Society for the History of Maps* (ISHM)**.** Ce projet, à l'étude depuis juillet 2009, est piloté par deux membres du bureau d'*Imago Mundi* : ZsoltTörök et Sarah Tyacke ; Catherine Hofmann a été invitée en novembre 2009 à faire partie du « founding group ».

Organisation du colloque 2010 : « Cartographier l'Afrique : construction, transmission et circulation des savoirs cartographiques sur l'Afrique (IXe-XIXe siècles), 2 et 3 décembre 2010», Bibliothèque nationale de France (auditorium colbert / site richelieu)

Ce colloque international a été organisé par Camille Lefebvre, Robin Seignobos et Vincent Hiribarren, tous trois membres du Centre d'étude des mondes africains (CEMAF -UMR 8171), avec le soutien de la commission Histoire du Comité français de cartographie et du Département des cartes et plans de la BNF, sur la base d'un financement du CNRS et de la Région Île-de-France.

Dix-huit communications ont été présentées, en très grande majorité d'excellente qualité sur le plan scientifique, regroupées autour de quatre grands thèmes : « cartographes et documents », « débats, confrontations, transmission/non-transmission », « mise en scène du continent, mise en scène d'un espace », « savoirs locaux et construction de la carte ». Le colloque a connu une bonne fréquentation, de l'ordre de 40 à 50 personnes, se renouvelant partiellement au cours du colloque.

Le programme détaillé du colloque a été publié en ligne sur le blog http://cartogallica.hypotheses.org. Les actes du colloque seront publiés fin 2011 dans le *Monde des Cartes.*

À noter également la publication des actes de la journée d'étude du 4 décembre 2009 « Cartographie et sociétés urbaines (XIXe-XXe siècles) » dans le *Monde des Cartes* n° 204 (juin 2010). La relecture des textes a été assurée conjointement par les coordinateurs de la journée, Gilles-Antoine Langlois et Marianne Guérois, et la rédactrice en chef de la revue, Monique Pelletier.

Refonte du site Internet du CFC

Le site web du CFC avait été partiellement refondu au printemps 2009 et un onglet spécifique créé pour chaque commission. Pour la commission Histoire, des compléments importants ont été apportés fin 2010-début 2011 grâce au travail d'une jeune stagiaire en contrat d'alternance à l'IGN, Aurore Salmon :

- Dans la rubrique « travaux et publications » : mise en ligne (ou signalement) des numéros du *Monde des Cartes* dédiés principalement à l'histoire de la cartographie.

- Constitution de la structure de la base de données, qui permettra de mettre en ligne l'annuaire des historiens de la cartographie. La commission a désormais les outils informatiques pour lancer la mise à jour de cet annuaire dont la 2e et dernière édition remonte à 2006.

Projet de publication avec les Éditions Autrement (2012)

Le projet de publication portant sur un ouvrage de synthèse grand public sur les métiers de cartographe en Europe du XVe au XXIe siècle a été requalifié en « beau livre » par les Éditions Autrement ; sa parution est repoussée à 2012. Parmi les rédacteurs principaux figurent désormais cinq membres de la commission Histoire (Catherine Hofmann, Isabelle Laboulais, Hélène Blais, Lucile Haguet, Gilles Palsky) et un chercheur extérieur (Valeria Pansini).

COMMISSION VI : CARTOGRAPHIE ET COMMUNICATION

par Jasmine D. Salachas
Présidente de la commission
Vice-présidente du CFC
Courriel : Jasmine.d.salachas@wanadoo.fr

À nouveau, cette année, les activités de la commission se sont diversifiées : de la rédaction du Bulletin numéro 205 (publié en octobre 2010) - publication des actes de la Journée de la cartographie de l'Université de Rouen (du vendredi 2 avril 2010, présentée dans le précédent compte rendu annuel) - à l'organisation de la prochaine journée ; la rédaction d'articles et la mise en place de manifestations dans le cadre du rayonnement de la Conférence internationale de cartographie (ACI-2011), qui est organisée à Paris du 3 au 8 juillet prochains. C'est ici une nouvelle occasion de remercier les auteurs des interventions de la Journée de Rouen, qui ont chacun répondu largement à notre intention de refléter la diversité des applications des univers de la cartographie, et de partager la richesse de la recherche dans notre discipline.

Nous nous efforçons en permanence d'étoffer le bureau de la commission - mais il reste difficile de solliciter sur la durée les meilleures volontés - cette journée bi-annuelle de la cartographie permet, et de manière collégiale, un relais indispensable de nos savoir-faire.

La prochaine journée de la cartographie se déroulera, cette fois, à l'Université de Franche-Comté à Besançon, le vendredi 12 février 2012.

Les Cafés-cartographiques du FIG 2010 (à St-Dié-des-Vosges, avec pour thème phare cette année La forêt, or vert des Hommes ? Gérer - exploiter - protéger, et, pour pays invité, la Russie), ont permis de partager les regards de Philippe Pelletier et Federico Ferretti sur la géographie sociale d'Élisée Reclus ; de Michel Sivignon sur la question des incendies de forêts en Grèce, et de Jean Radvanyi à propos de la Russie d'aujourd'hui. Federico Ferretti et moi-même sommes intervenus pendant une journée au Centre de formation des détenus de la maison d'arrêt d'Épinal - un article à propos de ces interventions des Cafés-cartographiques en maison d'arrêt est en cours de rédaction pour un prochain bulletin du CFC.

Le 22e FIG est aujourd'hui en préparation : du jeudi 6 au dimanche 9 octobre 2011 - sur le thème de L'Afrique plurielle : paradoxes et ambitions.

Au retour du FIG 2010, le Café-cartographique organisé à la Corderie royale de Rochefort, initialement prévu avec Monique Pelletier, a été repris par Alain Morgat - que je remercie à nouveau ici[1]. Cette rencontre, d'octobre 2010, a été immédiatement suivie du Café-carto pendant les journées portes ouvertes à St-Mandé, où l'IGN a célébré les 70 ans de la cartographie civile. À cette occasion, Claude Vuillecot, cartographe, qui a enseigné la cartographie au sein de l'ENSG de 1976 à 1985, a témoigné, à ma demande, de l'histoire des pratiques de mise en œuvre de la production cartographique en France.

Nous nous sommes engagés à publier des synthèses commentées d'ouvrages de référence touchant à la cartographie : l'article concernant les ouvrages de Françoise Vergneault-Belmont *L'œil qui pense* et *Lire l'espace, penser la carte* viennent d'être publiés.D'autres commentaires sont encore en cours de rédaction.

1 Les deux expositions sur la cartographie qui se tiennent à Rochefort seront accessibles jusqu'en octobre prochain (cartographie d'hier, d'aujourd'hui et de demain **:** *Tracez la route*, au Musée national de la Marine, et *La mer à l'encre*, trois siècles de cartes marines, exposition avec la collaboration de Monique Pelletier, à la Corderie royale).

Nous préparons activement la prochaine Conférence internationale de cartographie… Les Ateliers-cartographiques, que j'anime depuis plus de 25 ans, se sont ouverts à la préparation du concours international de dessins d'enfants Dessine le monde cette année.

Un atelier-carto s'est tenu, en particulier, à la Maison des arts de Brunoy, auprès d'enfants répartis sur trois groupes d'âges. En adaptant chaque échange à leur niveau d'écoute, j'ai pu leur expliquer ce que le cartographe doit prendre en compte pour concevoir son travail - notion de projection, d'échelle, de mise en forme graphique d'une information, de légende… Ils étaient accompagnés de Monique Pothé et de leur professeur d'arts graphiques, Aude-Marie Khidas ; chacun a pu partager son propre regard sur la représentation du monde. Les ateliers-cartographiques répondent, en général, à l'invitation d'un professeur, et s'adressent aux élèves de toutes les classes (et ce dès la seconde année de maternelle - les élèves ont alors entre quatre et cinq ans). Il s'agit de permettre à chacun d'envisager, à sa manière, la représentation de l'espace - souvent à l'appui d'un thème travaillé tout au long de l'année en classe. Chaque atelier est adapté à l'âge des enfants qui y participent. Ces ateliers permettent notamment aux plus grands de découvrir des métiers trop rarement accessibles au grand public.

D'autres rencontres et ateliers seront organisées toute cette année afin de permettre un large rayonnement de la Conférence ACI 2011 - en particulier, un café-cartographique sur la sémiologie graphique sera proposé le lundi 4 juillet au Zango, en hommage à Jacques Bertin (à 19h00, au 15 rue du Cygne - quartier piéton des Halles - Métro : Étienne Marcel / RER : les Halles).

Il reste toujours difficile de garantir les traductions simultanées de nos activités. Nous sommes correspondants auprès de l'ACI de la commission *Maps and Society* et du groupe de travail *Working group Open Data Access and Intellectual Property Rights* - nous organisons notre rencontre à l'occasion de la prochaine Conférence internationale, ce qui devrait faciliter la pérennisation de nos échanges.

La mise en place de nos informations sur le site du CFC est en cours : celles-ci seront prochainement accessibles sur la page de notre comission. Il faut retenir que la commission est enrichie désormais d'un groupe de correspondants, sollicités pour leur qualité et leurs références dans notre discipline :

- Élisabeth Habert (cartographe - Laboratoire de cartographie appliquée de l'IRD / Institut de recherche pour le développement) ;

- Françoise Vergneault-Belmont (géographe, historienne et cartographe - Université de Paris, Directeur d'études honoraire à l'EHESS) ;

- Bernard Bezes (direction du Centre de documentation / Cartothèque de l'IGN).

Merci encore à toutes celles et ceux qui, nombreux, contribuent, à nos côtés, au rayonnement de nos activités, toujours associées aux multiples applications de la cartographie.

MICHELIN, CENT ANS DE CARTOGRAPHIE

par Philippe Sablayrolles

Responsable de la production cartographique
MICHELIN Cartes et Guides
philippe.sablayrolles@fr.michelin.com

Cartes et caoutchouc : pourquoi ?

En 1910, l'entreprise qui fabrique des pneumatiques sur les rives de la Tiretaine à Clermont-Ferrand, cœur de l'Auvergne, est déjà implantée hors de nos frontières : États-Unis et Italie sont les premières destinations choisies pour l'expansion internationale de Michelin.

Néanmoins, les deux frères fondateurs, André et Édouard, convaincus que le pneumatique est l'avenir de la mobilité de tous les véhicules terrestres, font face à un marché restreint. Certes, André a anticipé dès 1895 que « dans 10 ans, toutes les automobiles seront équipées de pneumatiques », certes cela s'est réalisé plus vite que prévu puisque 5 ans ont suffi, mais il n'en est pas moins vrai que moins de 5 000 voitures roulent en France en 1910.

L'une des raisons de la faible diffusion de ce moyen de transport moderne, au-delà d'un coût élevé qui le réserve à une classe sociale très aisée, reste la difficulté à se déplacer. Pas de panneaux, pas de noms sur les routes, peu de routes en bon état, bref le voyage en automobile en 1910 est synonyme de Grande Aventure.

Pour aider les automobilistes à se mouvoir au moyen de leurs merveilleuses machines, l'entreprise a lancé en 1900 un petit guide rouge, le premier Guide MICHELIN. « Offert gracieusement aux chauffeurs » pour faciliter leurs déplacements, c'est d'abord un recueil d'adresses de dépôts de carburant, de mécaniciens et d'hôtels, agrémenté de plans de villes. Mais une coïncidence va aider à la naissance d'une autre grande idée. André MICHELIN a travaillé au Service Cartographique des Armées, et il a donc été en contact avec la carte, outil encore peu diffusé dans le monde civil. Il sait que l'essor de l'automobile, et donc, dans son sillage, celui du pneumatique, passe par la capacité des automobilistes à se déplacer, c'est-à-dire d'abord à trouver leur route. Il imagine un complément au fameux petit livre rouge : l'idée d'une carte routière est née, une carte d'abord pensée pour le conducteur, et dont l'information thématique est tout entière centrée sur la route. Assistés de ce précieux navigateur, les automobilistes ne vont pas tarder à entreprendre de plus longs voyages, et ce faisant ils vont user leurs pneumatiques et par voie de conséquence assurer la prospérité de l'entreprise des deux visionnaires. 45 feuilles, moins de trois ans de travail pour couvrir la France au 1 : 200 000, et, en cours de route, le lancement d'une pétition pour la numérotation des routes : en effet, à quoi bon tout ce travail s'il est impossible de se repérer sur le terrain ? Aussi, en 1912, les frères MICHELIN proposent aux visiteurs du Salon aéronautique de Lyon de signer leur pétition réclamant de l'État la signalisation du numéro de chaque route sur le terrain. Le premier visiteur accueilli sur le stand se pencha de bonne grâce sur le registre, et il revêtit de sa signature ce qu'il croyait être, selon la légende, le livre d'or. À la suite de son paraphe, il inscrivit son nom, Armand Fallières, et sa qualité, Président de la République. Rien d'étonnant à ce que la pétition remportât une approbation immédiate…

Dans cet élan, MICHELIN deviendra fournisseur officiel de l'Etat français (de 1931 à 1970, l'entreprise est homologuée « Constructeur officiel de panneaux de signalisation ») et équipera toutes les routes de ses fameux panneaux et bornes en lave émaillée, dont la plupart ont été retirés pour des raisons de sécurité et de normalisation. Néanmoins, beaucoup subsistent encore comme témoins de l'époque où la volonté de deux hommes a changé notre manière de nous déplacer.

De 1910 à nos jours, la carte MICHELIN, en façonnant les habitudes de lecture de millions de Français (qui ne connaît les routes rouges, jaunes et blanches apparues en 1923, dont la couleur a longtemps orné le chapeau des bornes kilométriques, afin de faciliter le repérage ?) a évolué et s'est réinventée sans cesse.

Sans passer en revue toutes les collections, un petit voyage dans le temps vous est proposé au travers d'un itinéraire cheminant sur ces images si familières.(fig.1)

Un voyage dans l'évolution des 5 générations qui ont jalonné les 100 ans de la carte de France au 1 : 200 000 vous permettra de découvrir les changements qui ont accompagné sa longue vie, mais aussi ce qui n'a pas changé, ainsi que les techniques utilisées pour dessiner les 5 séries, « numérotées » de A à E. (fig.2)

Aujourd'hui, pour fêter son anniversaire et affirmer sa jeunesse, la carte de France est devenue interactive, numérique et connectée : un simple « clic » sur un smartphone permet de connaître en temps réel le trafic à n'importe quel endroit de la carte, en un clin d'œil. Le clin d'œil de la carte toujours en mouvement dans le monde d'aujourd'hui !

Petit voyage dans l'alphabet des cartes MICHELIN

De 1910 à 2010, l'image de la carte a évolué, non seulement au rythme des usages nouveaux, mais aussi au fil des techniques employées pour sa réalisation : plume, puis tire-ligne, plume tubulaire, et aujourd'hui souris, l'outil dans la main du cartographe est le reflet des changements de nos vies. Tous ceux qui font quelque chose de leurs mains ont vu se transformer le prolongement de leurs doigts, pour finalement devenir pilotes de curseur sur un écran.

De la plume d'oie au tire-ligne, de l'anneau à graver à la table à digitaliser, la seule constante est le talent de celui ou celle qui tient dans sa main l'outil qui lui permet de tracer la forme qu'il désire. Peu importe le moyen, c'est par la maîtrise, la régularité, la précision de son geste que le cartographe donne à la carte MICHELIN cette patte si souvent imitée, cette clarté enviée, et en fait cette image qui reste profondément gravée au fond de notre culture collective. Des dizaines d'années de transmission du savoir font que les cartographes d'aujourd'hui sont les héritiers des pionniers d'hier.

De moines copistes, artistes-dessinateurs, les cartographes sont devenus des informaticiens de haut niveau, capables de dessiner à la souris, de paramétrer une charte graphique numérique, et de lancer des traitements automatiques sur des fonds de cartes de plusieurs giga-octets. De nouveaux défis les attendent, puisque la carte aujourd'hui est une base de données à part entière, capable de calculer des itinéraires, des temps de parcours, et de nous guider vers le restaurant trois étoiles le plus proche du château de Chenonceau, sans passer par l'autoroute !

Dans le même temps, MICHELIN a su employer tous les moyens à sa disposition pour accompagner la mobilité de ses contemporains : Guides, cartes, mais aussi bureau des itinéraires : Dès 1908, le bureau des renseignements proposait, de manière gratuite, de délivrer par retour de courrier la description détaillée d'un itinéraire sur simple demande. Remplacé en 1919 par le Bureau des Itinéraires, il répondait déjà à un besoin d'assistance qui perdure encore aujourd'hui. Le site Internet ViaMichelin, bien des décennies plus tard, a pris la relève pour l'accompagnement des déplacements privés ou professionnels de millions d'internautes tous les ans grâce à ses calculs d'itinéraires, ses cartes et ses circuits touristiques ou gastronomiques. À chaque époque ses moyens ! Car dès la naissance de l'entreprise, les fondateurs et leurs successeurs avaient compris que c'est le service qui compte, et non le moyen de le rendre.

Acte de naissance : la carte A (fig.3)

Entièrement dessinée à la plume, chaque texte écrit à la main sur des feuilles de calque, la naissance de la « 200 000e MICHELIN » installe la volonté de l'entreprise de s'inscrire dans l'aide à la mobilité naissante de ce début du siècle.

Rouge, jaune et blanc : la carte B (fig.4)

Toujours dessinée à la plume, texte toujours écrit à la main, la carte B voit apparaître pour la première fois la charte graphique si familière qui installe la couleur des « itinéraires » MICHELIN, c'est-à-dire la classification des routes qui, au-delà de l'importance administrative, indique la meilleure route selon des critères de viabilité, de confort, de rapidité qui perdurent encore aujourd'hui.

Les stigmates du conflit : la carte C (fig.5)

Évolution légère de la précédente, la carte C est surtout un formidable effort de mise à jour pour donner aux automobilistes une vision réaliste du réseau routier de l'après-guerre. Les zones minées, les routes coupées sont clairement indiquées, et les tirages se succèdent jusqu'à deux fois par an pour coller à l'effort de reconstruction du pays.

Une longévité exceptionnelle : la carte D (fig.6)

Refonte profonde, la carte D est dessinée avec les moyens modernes de l'époque : ce sont les outils « mécaniques » comme tire-lignes et plumes tubulaires qui sont dans la main du cartographe, et, pour la première fois, les textes sont photocomposés, parfois grâce à des inventions maison : la « Bibette » permet en effet de composer des

planches de lettres déjà en position sur la carte pour accélérer le processus de fabrication.

Les feuilles de support polyester sont collées sur des dalles de verre pour assurer la stabilité maximale des planches et leur parfait repérage entre elles.

Traversant près de 40 ans, elle connaîtra même le numérique, puisque les différentes couches qui la composent seront entièrement scannées, recalées entre elles et compilées dans un logiciel permettant de faire de la mise à jour en mode mixte, en effaçant les parties raster pour redessiner en vecteur les nouveaux aménagements par dessus.

Et aujourd'hui : la carte E (fig.7)

Entièrement vectorielle, la carte E est géoréférencée pour répondre aux besoins d'aujourd'hui.

1910-2010 : cent ans d'aide au voyage : du papier à l'écran (fig.8)

Aujourd'hui…

Carte ou information géographique ? La carte aujourd'hui n'est plus seulement une belle image. Objet toujours usuel, traînant déchirée sur la plage arrière d'une voiture ou soigneusement rangée dans une bibliothèque, la carte continue de véhiculer le rêve du voyage. Si la technologie a changé, et continuera de changer, le rôle du cartographe reste de fournir une image précise, belle à regarder, et qui donne envie de bouger. De simples dessins, les cartes sont devenues intelligentes, et les bases de données ouvrent des perspectives encore inimaginables il y a 15 ans. Peut-être est-ce la raison pour laquelle on dit que la cartographie est à la fois un art et une technique…

Figure 1 : MICHELIN fête ses 100 ans

Figure 1 : Cent ans d'évolution chez MICHELIN : de la carte A à la carte E

Figure 2 : La carte A de 1910 à 1922 : une information complète et utile

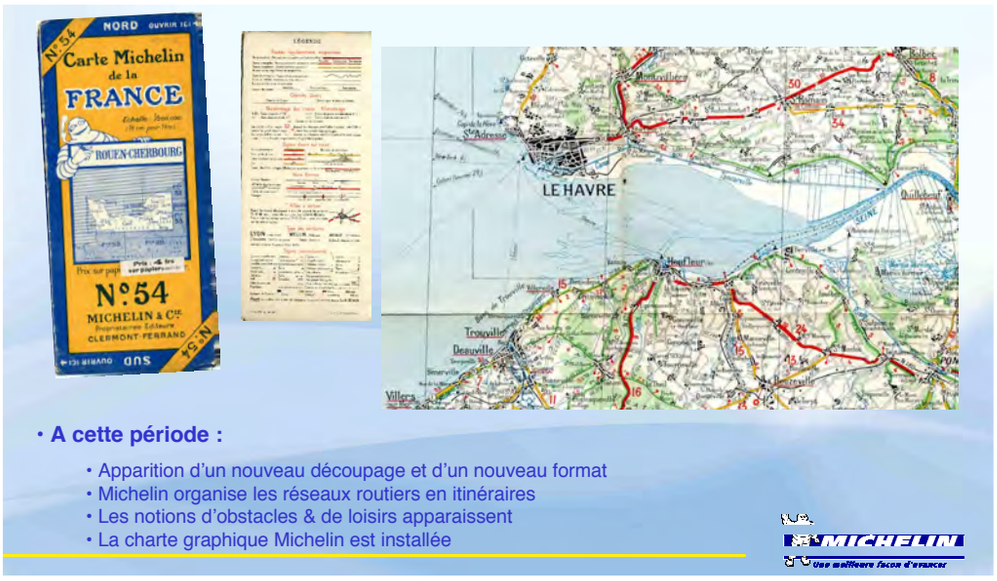
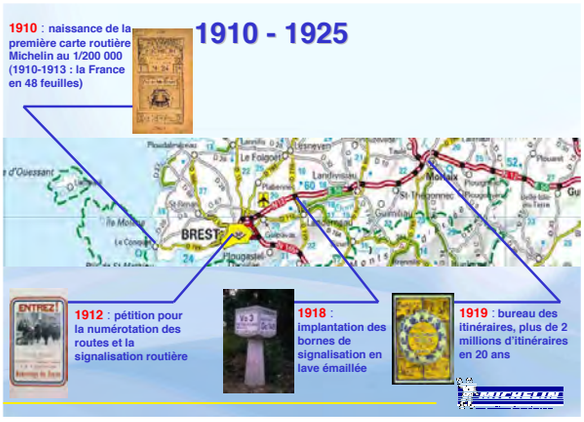


Figure 3 : La carte B de 1923 à 1945 : la distinction des itinéraires

Figure 4 : La carte C de 1946 à 1960 : l'ère du « tout automobile »

Figure 5 : La carte D de 1961 à 2006 : la carte de tous les changements

Figure 6 : La carte E depuis 2007 : vers la cartographie du 21e siècle



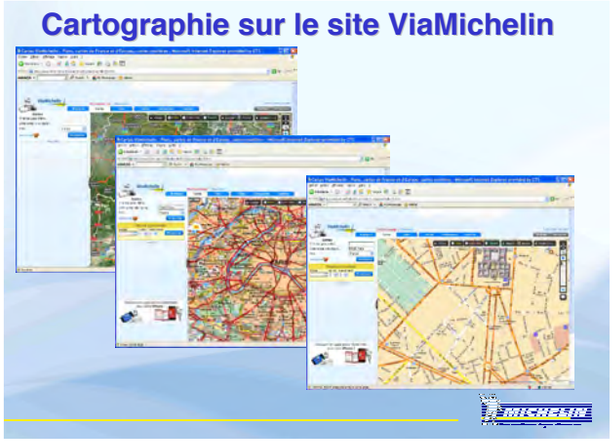


Figure 7 : Les évolutions de la carte MICHELIN de 1910 à 2010

UNE MICRO-HISTOIRE DE LA TERRE ET DE L'UTILISATION DES RESSOURCES[1]

L'intégration des SIG-H (Systèmes d'information géographique historiques) et des données qui y sont liées en Bourgogne du sud

par Scott Madry, Anne Elizabeth Jones, Amanda Tickner
Université de la Caroline du Nord à Chapel Hill, États-Unis

Seth Murray
Université d'État de la Caroline du Nord à Raleigh, Etats-Unis

Résumé

Nous avons porté beaucoup d'intérêt ces dernières années aux applications pratiques des SIG historiques (SIG-H ou HGIS), avec des avancées importantes aux niveaux de la méthode, de la technique et de la théorie. Cet article présente un exemple de l'extraction et de l'analyse de base de données cartographiques historiques dans le cadre d'un SIG, en particulier celle d'une carte Cassini produite en 1759 pour le sud de la Bourgogne. Nous intégrons des données cartographiques numérisées à des documents historiques, et nous nous appuyons également sur l'histoire orale pour reconstituer le peuplement, l'utilisation des terres et de l'eau sur une période de 250 ans. Les données historiques des cartes SIG sont analysées puis comparées avec les informations provenant des impôts et redevances historiques, d'anciens registres cadastraux, de rapports agricoles et d'entretiens ethnographiques modernes. Notre étude sur le terrain est centrée autour d'une écologie historique appliquée, de l'histoire du paysage et de la théorie de la résilience, en cherchant à comprendre les interconnexions complexes entre paysages, cultures et populations au fil du temps.

Introduction

Un groupe de chercheurs mène des études interdisciplinaires dans le sud de la Bourgogne, en France, depuis plus de trente ans (Crumley et Marquardt 1987 ; Crumley et Marquardt 1990 ; Madry & Jones en cours de publication). Cet effort, centré sur la commune d'Uxeau et la rivière Arroux (fig. 1), a impliqué de nombreux participants et s'est porté sur de multiples sujets de recherche au fil des années, mais tous ont mis l'accent sur l'interaction des humains avec leur environnement naturel et social. Cette recherche collective s'étend sur plus de deux millénaires et s'appuie sur les méthodes de l'archéologie, de l'histoire, de la géologie, de l'histoire orale et de l'ethnographie.

L'intégration de données cartographiques historiques dans le contexte des SIG (numérisation et analyse de cartographie) a suscité beaucoup d'intérêt ces dernières années (Knowles 2002 ; Rumsey & Punt 2005 ; Rumsey & Williams 2002) et a rapidement pris de l'importance et de l'intérêt (Healey & Stamp 2000). De nombreux projets sont en cours d'exécution à travers le monde (lire Madry 2006, p. 2 pour une présentation de ces projets). Le SIG joue un rôle important au sein de nos activités de recherche depuis 1986 et continue à servir comme moyen vital pour l'intégration des données et leur modélisation (Madry 1983, 1987, 1990a, 1990b, 1991, 2000, 2002, 2007 ; Madry & Crumley 1985, 1990 ; Madry & Rakos 1996). Une grande partie de nos travaux récents utilisant les HGIS s'est portée sur l'amélioration de notre capacité à extraire des informations utiles et à intégrer ces données à des informations provenant d'autres sources (Madry 2006, 2007 ; Madry, Jones & Tickner 2009 ; Jones, Madry, Tickner et McDaniel 2009) .

1) Traduit par Seth Murray

Le cadre de recherche

La structure de notre cadre de recherche interdisciplinaire intègre des méthodes de l'écologie historique avec des concepts émanant de la théorie de la résilience. L'écologie historique est bien adaptée à l'étude des cartes anciennes puisque les paysages que ces cartes représentent sont le reflet physique de l'interaction humaine avec l'environnement (Balée 2006b ; Crumley 1994, 2007). Cette méthode d'une écologie historique appliquée au paysage inclut explicitement les interventions dues à l'homme et adopte une perspective à long terme vis-à-vis de ces changements. Cette approche est semblable à celle de l'école française des Annales de l'histoire, avec sa notion de « longue durée » (Balée 1998, 2006a ; Braudel 1980).

L'écologie historique encourage également les activités interdisciplinaires et se préoccupe de la durabilité et de la résilience des interactions entre les humains et le paysage (Crumley 1994). La théorie de la résilience (Holling et Gunderson 2002) est un concept où le maintien des rapports socio-écologiques facilite l'adaptabilité et les changements, tout en conservant grosso modo une continuité de la forme du paysage. La théorie de la résilience conçoit les systèmes socio-écologiques (c'est-à-dire les paysages) comme ayant une souplesse plutôt que d'être des entités statiques se maintenant à perpétuité. Il y a ici un paradoxe au niveau du maintien de la structure et de la forme du système, tandis qu'en même temps, les actes et le processus de transformations du système maintiennent une adaptabilité (Redman et Kinzi 2003). Si la structure du système n'est pas capable de tolérer une évolution rapide, ceci peut même entrainer un «effondrement» systémique (Scarborough et Burnside 2010).

Le paysage rural du sud de la Bourgogne démontre ce paradoxe : alors que la structure de base du paysage conserve sa forme générale et que de nombreux éléments constitutifs sont persistants (sites de peuplement, parcelles de forêt et étangs artificiels), la manière dont le paysage est utilisé a considérablement changé au fil du temps. Mais la région a maintenu de façon constante une productivité agricole élevée depuis plus de 2 000 ans. Ainsi ce paysage qui a été historiquement résilient peut servir de modèle pour les études de développement durable et pour d'autres lieux où le territoire a été géré de manière résiliente à long terme.

Le domaine de la recherche

Nos recherches sont centrées sur la vallée de l'Arroux, au sud de la Bourgogne. L'Arroux est un affluent de la Loire ; elle traverse une région de collines et de forêts dans un paysage essentiellement pastoral et agricole. Ces collines appartiennent à la partie sud des monts du Morvan et partagent leurs sols granitiques, sablonneux et acides. Cela à été une région de petites exploitations agricoles, de l'âge du Fer à nos jours.

La persistance d'une productivité élevée de l'agriculture en Bourgogne a été une source de grande richesse pour l'élite de la région à travers le temps. La richesse de la puissante tribu celtique des Éduens a eu pour base le commerce avec les Romains, du fait de l'exportation de jambons, de chevaux et d'ouvrages de ferronnerie (Crumley et Marquardt 1987, p. 407-408). Les vestiges de cette période parsèment le paysage de la zone de recherche sous la forme de tumulus et comprennent les remparts de la colline fortifiée celtique du mont Dardon, pic dominant au centre de notre domaine de recherche, fouillée par les membres du projet dans les années 1970 (Crumley & Marquardt 1987). Pendant la période romaine la production agricole florissante de la Bourgogne du sud contribue au développement d'Augustodunum (actuellement Autun, fig. 1), la ville romaine principale de la Gaule. De même deux des ordres monastiques les plus influents du Moyen Âge, les clunisiens et les cisterciens, ont été fondés en Bourgogne. Les monastères cisterciens de cette région étaient connus pour leurs nombreuses innovations dans l'agriculture et la gestion de l'eau.

Dans le champ géographique de la recherche, les céréales sont les cultures prédominantes depuis l'Antiquité et le sont restées jusqu'au XIXe siècle. La petite quantité de vin produite était en grande partie destinée à la consommation locale. Les grandes régions viticoles de Bourgogne se trouvent à l'est de la Côte d'Or. Avec les progrès des transports au XIXe siècle, l'économie de la zone passe de la production de céréales à une économie essentiellement d'élevage, centrée sur un cheptel de bovins, mais comprenant également ovins et caprins (Clout 1983). Cette économie agricole, connue pour ses charolais, bovins blancs de boucherie, reste généralement intacte aujourd'hui.

La recherche HGIS peut aider à découvrir certains des modèles d'utilisation des terres qui, en dépit des perturbations climatiques, des récessions économiques, des pestes, des guerres et des bouleversements politiques, ont contribué à cette capacité de production sur le long terme. Notre compréhension de ces relations historiques peut, à son tour, nous instruire et façonner les pratiques futures d'utilisation des terres qui sont résilientes et donc durables.

Échelles d'analyse

Cette phase de notre travail a quatre échelles d'analyse emboîtées. À la plus grande échelle, nous avons les données GIS issues de la feuille entière de Cassini de 1759 pour les moulins à eau et les bâtiments. La carte couvre une superficie de 48,5 km du nord au sud et de 76,5 km d'est en ouest, ce qui représente une superficie totale d'environ 3 710 km carrés. Des données cartographiques supplémentaires ont été traitées pour le tiers de la partie occidentale de cette carte, soit la dimension totale de 48,5 km du nord au sud par 40 km de l'est à l'ouest, ce qui couvre une superficie de 1940 kilomètres carrés

L'étendue de notre recherche actuelle pour une analyse plus détaillée de l'utilisation des terres comprend la moitié sud de la carte IGN 2826 Ouest / échelle 1 : 25 000, qui représente environ 13,75 km d'est en ouest et 9,9 km du nord au sud, soit une superficie d'environ 136 kilomètres carrés. C'est le champ de recherche dans lequel nous avons utilisé notre technique de géoréférencement améliorée (voir ci-dessous) (Madry, Jones & Tickner 2009). Enfin nous nous sommes concentrés sur la paroisse d'Uxeau, correspondant à la localité actuelle d'Uxeau, située au centre de la zone de recherche ci-dessus énoncée et qui s'étend sur 33 kilomètres carrés.

Méthodes

Quatre types de données essentielles sont présentés ici : les bases de données GIS du présent, les bases de données GIS anciennes informatisées et les données GIS issues des documents historiques et des entretiens ethnographiques actuels. Chacune des cartes de notre région a été créée dans un contexte particulier de savoir-faire technique et à des fins politiques. Il est essentiel d'avoir une compréhension complète de ces contextes pour résoudre les problèmes de précision, d'exactitude et l'objectif cartographique qui sous-tend chaque cas.

Saisir avec succès et précision ces données dans un GIS équivaut à poser les questions à examiner. C'est ce qui sépare les numérisations antérieures des applications modernes et les pièges et problèmes sont nombreux pour les chercheurs qui souhaitent s'engager dans ces recherches. Nous avons entré les données de la carte Cassini dans une base de données existante composée de plus de 150 couches de données environnementales, culturelles et archéologiques.

Cartographie historique

Depuis quinze ans nous avons été intéressés par l'intégration de la cartographie historique dans nos recherches. Des cartes originales et des reproductions de la zone ont été collectées pour soutenir ce travail, y compris :

1631 : Willem J. Blaeu (1571-1638, Amsterdam) carte de la Bourgogne
1659 : Nicolas Sanson d'Abbeville, carte de la Bourgogne
1759 : carte de Cassini de la région de la vallée Arroux : feuilles d'Autun et de Châlons-sur-Saône
1811-1834 : cadastre napoléonien
1841 et 1848 : carte d'État Major : Autun n°136-1848 et Charolles n°147
1847-1854 : Victor Levasseur, plan de Saône-et-Loire de l'Atlas national Illustré des 86 départements et des possessions de la France
1895 : carte de la France, dressée par ordre du ministre de l'Intérieur, feuille XX-22, Gueugnon
1966 : cadastre
1950, 1983 et 2002 : cartes de l' Institut géographique national (IGN) (couleur, originaux, échelles au 1 : 100 000 ; 1 : 50 000 ; 1 : 25 000)
2009 : mise à jour du cadastre de 1966.

Nous avons également recueilli diverses données de télédétection de la région, y compris un ensemble complet de photos aériennes de l'armée américaine de 1945 en noir et blanc et des images satellite diverses sur des périodes s'échelonnant de 1972 à 2002. Combinées avec nos données cartographiques, celles-ci fournissent une chronologie temporelle du peuplement et de l'utilisation des terres de la région qui remonte à environ 380 ans. Les deux cartes les plus anciennes offrent un aperçu du paysage de cette époque, mais la première carte à avoir le détail et la précision spatiale nécessaire à notre enquête est la carte de Cassini de 1759.

Sous Colbert, l'Académie française a décidé, en 1668, d'améliorer la cartographie de la France, principalement réalisée jusqu'alors dans le cadre des provinces (diocèses, gouvernements). Quatre générations de la célèbre famille Cassini ont permis de passer du projet à la réalité (Pelletier 2002). En 1747, Louis XV a ordonné à César-François Cassini de cartographier l'ensemble de la France à une échelle moyenne en utilisant les techniques de triangulation développées par le cartographe néerlandais Gemma Frisius et reprises par l'Académie des sciences au

siècle précédent. La famille Cassini était à l'origine une famille d'astronomes qui avait résolu le problème du calcul des longitudes par l'observation des occultations des satellites de Jupiter, ce qui explique l'arrivée à Paris du premier membre de cette célèbre dynastie.

Les 181 feuilles formant la «Carte de l'Académie », dite aussi « Carte de Cassini », ont été produites à l'échelle du 1 : 86 400. Elles ont été les premières cartes détaillées triangulées d'une nation. Elles ont été établies sur le terrain entre 1749 et 1790, avec une publication entre 1756 et 1815. La feuille de Cassini numéro 85, couvrant notre domaine de recherche, a été établie sur le terrain en 1757 et publiée en 1759. Les premières cartes françaises sont établies en toises (c'est l'équivalent français de 6 pieds anglais ou environ 1,94 m), mais la longueur peut varier dans le temps et l'espace. L'échelle de la carte de Cassini de 1759 est de 1 ligne pour 100 toises. Une ligne représentait 1/12 de pouce. 1/12 de pouce sur la carte équivalait à 600 pieds sur le terrain. Notre carte couvre une superficie de 48,5 km nord-sud et 76,5 km d'est en ouest, soit une superficie totale d'environ 3710 km carrés. Elle s'étend de la vallée de la rivière Arroux à l'ouest à la région de Chalon-sur-Saône à l'est.

Les feuilles de la carte de Cassini sont riches en détails. Les minutes originales ont été dessinées en couleur, tandis que les impressions en taille-douce de l'époque ou les reproductions modernes de l'Institut géographique national (IGN) sont en noir et blanc, à moins d'avoir été rehaussées manuellement à l'aquarelle comme certains exemplaires de luxe tel l'exemplaire de la BNF, en ligne sur www.geoportail.fr. Chaque feuille fait apparaître des catégories détaillées de bâtiments, les routes, les structures et la couverture végétale.

Incorporation de données cartographiques numériques

Notre analyse des données de Cassini a commencé en 1995, avec une numérisation initiale, un géoréférencement et l'extraction des données (Madry 2006). Le géoréférencement consiste à mettre toutes les cartes à la même échelle pour pouvoir superposer les différentes couches de données. Nous avons localisé les voies romaines, analysé les types de couverture du sol, exploré les aspects techniques de ce travail avec ces données et démontré leur intérêt potentiel pour la recherche historique d'utilisation des terres (Madry 2006). Nous avons géoréférencé la carte pour les villes principales et identifié les caractéristiques significatives sur toute l'étendue de la feuille.

Les fonctionnalités suivantes ont été numérisées dans ArcInfo (transformées plus tard en ArcGIS) :

Routes : les routes pavées, les routes, chemins, routes anciennes, anciennes voies romaines, rues des villes, limites des villes.

Hydrologie : moulins sur étang, barrages, ruisseaux, rivières, îles, étangs, canaux.

Bâtiments : hameaux, fermes, communautés, châteaux, tours, tuileries, structure inconnue, la Commanderie (Templiers), églises paroissiales, églises paroissiales en ruine, couvents, couvents en ruine, monastères, prieurés en ruine, chapelles, chapelles en ruine, petites églises type # 1 , églises moyennes, grandes, croix, gibets, et corps de garde (postes de police).

Les moulins et les ponts : moulins à eau, moulins à vent, moulins à vent en ruine, ponts en bois, ponts de pierre.

Couverture du sol : forêts, zones humides, prairies, vergers, clairières.

Cette première tentative d'incorporer ces données dans notre GIS existant a été un succès total. Elle a révélé cependant quelques problèmes engendrés par la qualité cartographique des données et notre méthode de géoréférencement. Cette méthode a généré une bonne vision globale du territoire. Elle est adaptée à une visualisation générale et à une analyse à large échelle. Mais notre intérêt le plus récent s'est porté sur une investigation très détaillée de l'utilisation historique des terres et les modes de peuplement d'une zone plus restreinte de la vallée de l'Arroux.

Le géoréférencement général présente toutefois un niveau d'erreur spatiale qui le rendait impropre au travail à cette échelle. Une nouvelle technique de géoréférencement, plus précise, a été élaborée et utilisée pour réenregistrer les données des cartes historiques (Madry, Jones & Tickner 2009). Cette meilleure précision spatiale a été à la base de nouvelles analyses de la carte de Cassini. Cette méthode de géoréférencement plus précise sera utilisée pour intégrer toutes les données cartographiques recueillies dans la base GID de la zone d'étude (Jones, Madry, Tickner et McDaniel 2009). Elle nous fournit la base technique nécessaire à une comparaison précise des différentes cartes historiques à tra-

vers le temps. Après le géoréférencement et l'extraction des données Cassini représentant l'utilisation des terres et l'implantation humaine, nous avons ensuite interprété les données à la lumière des documents historiques non cartographiques et de la tradition orale. L'intégration de ces trois types de sources de données donne une image beaucoup plus riche et plus complexe des changements du paysage que n'importe laquelle de ces trois études disciplinaires pourraient fournir par elle-même.

Données documentaires historiques

Tous les documents historiques de cette période sont manuscrits. Beaucoup utilisent des mots de l'ancien français ou des mots de dialectes locaux qui nous sont inconnus. Il y a des unités inhabituelles de mesure de la terre, comme la boisselée, c'est-à-dire la surface du sol semé par un boisseau de semences. Comme cette surface variait, la mesure variait aussi.

Les écritures du XVIe au XVIIIe siècle sont souvent difficilement lisibles. Parfois le manuscrit lui-même est très endommagé, effacé et cassant, avec des bords manquants et des trous de ver. De nombreux documents ont été perdus suite à un incendie, une inondation, une guerre ou une mauvaise conservation. Quelques documents pertinents pour cette étude ont été ces dernières années accessibles en ligne, mais la majorité des documents ont été recueillis auprès des archives régionales (Dijon), départementales (Mâcon) et municipales des différentes communes. De nombreux registres, poussiéreux, étaient entassés dans le grenier d'une mairie.

Les documents historiques qui peuvent être corrélés avec la carte de Cassini sont de plusieurs sortes. Il y a les registres de la taille, impôt royal prélevé sur les chefs de famille paysanne, datant de 1633 à la Révolution de 1789, les visites de feux, enquêtes royales sur les ménages en 1610, 1645 et 1688, les archives royales sur les biens des communautés de 1666-1669, les registres des impôts sur les parcelles individuelles du début de la Révolution (1791), les registres des impôts sur les parcelles individuelles du cadastre napoléonien de 1834 à 1912 et un rapport agricole sur les cultures et les animaux produits dans la commune d'Uxeau en 1836. Même les registres paroissiaux de baptêmes, mariages et funérailles fournissent des détails sur les métiers et l'utilisation des terres. Le but, la méthode de collecte et la couverture géographique de chacun de ces documents doivent être déterminés avant qu'ils puissent être correctement interprétés.

Histoire orale

Les éléments ethnographiques d'histoire orale de ce projet de recherche sont issus d'une série de 18 entretiens individuels semi-structurés, menés à quatre reprises entre 2002 et 2009. Les entretiens de groupe ont également été complétés par des entretiens individuels de quatre familles nucléaires sur et autour de la commune d'Uxeau. En outre, l'observation-participation selon les standards de la démarche ethnographique a permis aux chercheurs de situer certains des renseignements obtenus dans le contexte socioculturel plus large de la région.

Les questionnaires et entretiens ont tous été conçus pour étudier les pratiques contemporaines de l'utilisation de l'eau et des terres des fermiers locaux. Les données ethnographiques recueillies auprès des agriculteurs et des résidents ruraux ont facilité notre compréhension des stratégies d'utilisation passées et présentes des terres et ont été particulièrement utiles pour élucider les données documentaires sur les étangs.

Peuplement et population

La répartition et la densité de l'homme dans le paysage existe dans une relation dialectique avec la topographie et l'utilisation des terres. À l'époque de la carte de Cassini, la région était très rurale. Il y avait peu de bourgs ou de villes et la majorité de la population vivait dans des fermes. Les types de fermes étaient variés, allant des quelques manoirs seigneuriaux avec leurs grands domaines de l'élite aristocratique aux fermes familiales individuelles, aux petites chaumières. Les quelques hectares ne suffisaient pas pour subvenir aux besoins des membres d'une famille qui devaient en outre travailler comme ouvriers dans les grandes exploitations ou dans une industrie artisanale comme le tissage. Mais de loin le type le plus commun de la ferme dans notre domaine de recherche a été la grande ferme communale en métayage, composée d'un hameau ou groupe de maisons. Ces fermes communales ou communautés pouvaient avoir bien plus de 100 habitants, tous plus ou moins liés les uns aux autres, mais considérés comme une seule famille et gérés par un chef élu de communauté. La loi exigeait que, pour être légalement constituée comme une ferme communale, tous les membres de la communauté devaient manger chaque jour à la même table. Ceci explique le regroupement très serré des maisons de ces fermes en hameaux importants et ressemblant à des villages, mais auxquels il manque une église paroissiale (Dussourd 1979, p. 63).

Les autorités exigeaient l'assistance de tous à la messe le dimanche pour que les lois et proclamations pussent être lues à l'assemblée (Goubert 1986, p. 149). Cette exigence a limité la taille physique des paroisses et a abouti à une répartition assez homogène. Cette répartition géographique permettait à tous les habitants des exploitations agricoles de pouvoir joindre l'église à pied. La répartition des paroisses par kilomètre carré sur la carte de Cassini est indiquée ci-dessous dans le tableau 1. Pour l'ensemble de la carte il y a, en moyenne, une paroisse pour chaque 13,4 kilomètres carrés. Le tiers ouest de la carte est plus accidenté et présente plus de forêts et de broussailles impropres aux cultures. Il est donc moins densément peuplé avec 1 seule paroisse par 29,8 km2. La commune actuelle d'Uxeau située dans le tiers ouest correspond à peu près à la combinaison des anciennes paroisses d'Uxeau et de Bessy (fig. 1). Cela donne une paroisse pour chaque 16,5 km2, ce qui est similaire à la densité de l'ensemble de la carte.

Les types d'habitat

Nous avons numérisé toutes les différentes structures du tiers occidental de la feuille de Cassini. Un total de 21 types de structures a été numérisé, avec 2 604 structures individuelles, qui représentent la majorité de toutes les structures occupées et abandonnées dans la région (fig. 2, la feuille de Cassini de la zone locale de recherche). Celles-ci représentent le modèle de peuplement dans la région sous l'Ancien Régime, en 1757, soit une génération avant la révolution française (1789). Elles constituent le dernier vestige du paysage médiéval, et ont été toutes enregistrées avec des techniques relativement modernes d'arpentage et de précision spatiale, avec un niveau stupéfiant de détails cartographiques.

Le tableau 2 montre les types et les caractéristiques du peuplement de la carte de Cassini à la fois pour le tiers ouest de la feuille et pour chaque paroisse d'Uxeau et de Bessy, qui composent la commune actuelle d'Uxeau.

Communautés, taille des habitats et métiers à Uxeau

Il y a un village, une maison et onze hameaux ou communautés indiqués sur la carte de Cassini dans la paroisse d'Uxeau (fig. 3). En 1748, la taille royale énumère toutes ces structures sauf le moulin et le hameau de Reuil. Le Reuil chevauche la frontière de la paroisse d'Uxeau (fig. 3) et a été compté dans la paroisse limitrophe. Tous ces lieux figurent sur la carte actuelle de la région et sont toujours habités. En 1760, le registre de la taille dresse la liste des chefs de ménages selon la profession plutôt que selon la communauté. En 1748, les 10 communautés, le village et la maison isolée d'Uxeau abritent 73 familles. En 1760 ce nombre se monte à 75 ménages.

Le tableau 3 énumère les professions de ces 75 foyers. Cinq de ces ménages étaient dirigés par des femmes seules. Sur les 70 ménages restants, 51 (ou 73%) ont été directement impliqués dans l'agriculture. La taille n'a pas la liste « seigneurs » parce qu'ils n'étaient pas soumis à l'impôt .

Tendances de la population au fil du temps et dépeuplement aujourd'hui des zones rurales

Le dénombrement proprement dit de l'ensemble de la population n'a pas commencé avant 1793, mais des recensements ont été faits de façon régulière depuis cette époque jusqu'à nos jours. La figure 4 montre l'évolution de la population d'Uxeau. Le climat, les maladies, les guerres, les fluctuations économiques et les changements technologiques, tous ont eu un impact sur les tendances démographiques et les moyens de subsistance.

Le graphique de la population (fig. 4) correspond aux tendances démographiques dans la région et le pays dans son ensemble. Les périodes de froid extrême et de pluie réduisent la population en milieu rural comme en témoignent les années 1806 et 1836. La baisse de la population dans les années 1860 et pendant toute la décennie 1870 reflète plusieurs circonstances. La protection tarifaire sur les importations de céréales a été supprimée. Les céréales bon marché en provenance de l'Amérique ont inondé le pays, provoquant la chute des prix des céréales (cela a toutefois facilité l'élevage). Les années 1870 ont été une période de mauvaises récoltes dues notamment à la guerre franco-prussienne de 1870-1871.

Dans les années 1880 et 1890, les tarifs protectionnistes ont été restaurés et les importations de bovins ont été arrêtées. Cela a donné une impulsion à la production française du bétail qui a contribué à la croissance de la population d'Uxeau, mais les débuts de la mécanisation dans l'agriculture ont réduit les besoins en main d'œuvre. Une tendance à la baisse de la population, qui s'est poursuivie tout au long du XXe siècle, a alors démarré. Les guerres mondiales et la dépression des années 1930 correspondent également à des pertes de population.

L'adhésion à l'Union européenne et la concurrence internationale en résultant pèsent sur les agriculteurs débutants à partir des années 1990, les obligeant à développer leurs fermes et le nombre d'ani-

maux en achetant les terres des fermes voisines qui ne pouvaient pas survivre. Cette tendance se reflète dans les chutes de la population en 1999 et 2007.

Les informations tirées de nos entretiens ethnographiques montrent que les agriculteurs locaux perçoivent qu'il y a plusieurs facteurs socio-économiques qui augmentent la complexité de l'activité agricole pour les petits exploitants. Pour partie, ils attribuent ce fait à une prolifération de réglementations environnementales et agricoles sous l'égide de la politique agricole commune de l'Union européenne. Les règles sont particulièrement complexes et lourdes à mettre en œuvre pour les exploitations familiales.

Ces conditions socio-économiques difficiles sont encore exacerbées par une transition démographique importante qui a eu lieu dans la France rurale au cours des six dernières décennies, changement constaté dans de nombreuses autres parties de l'Europe occidentale. La population totale de la commune d'Uxeau a fortement baissé depuis son apogée de 1138 habitants en 1886 à 528 habitants en 2007. Nous concluons de la composante ethnographique de notre recherche que moins d'enfants d'agriculteurs sont désireux et aptes à prendre en charge la ferme familiale, préférant abandonner la campagne pour un plus large éventail de possibilités d'emploi dans les zones urbaines.

Par conséquent, de nombreuses fermes sont vendues comme résidences secondaires à des non-agriculteurs en provenance de villes françaises telles que Paris ou Lyon, ou à des propriétaires étrangers des Pays-Bas. Quelques-unes des fermes ont été transformées en chambres d'hôtes. En 2007, 10% des maisons de la commune étaient des résidences secondaires. Dans le même temps, 27% des résidents étaient retraités à Uxeau et 10% des logements étaient sans résidents (INSEE 2007).

Bien que tous les habitats représentés sur la carte de Cassini existent encore et qu'ils sont à bien des égards inchangés, la vie rurale, elle, a profondément changé. Les transitions importantes incluent le passage au milieu du 19e siècle d'une économie céréalière de subsistance à une économie d'élevage de marché et, pour ces deux dernières décennies, le passage d'une économie agricole à un monde rural « vieilles fermes authentiques », fortement dépendant du tourisme et de plus en plus caractérisé par des résidences secondaires estivales.

La population rurale permanente est en déclin car les jeunes s'en vont pour rechercher des emplois non-agricoles. Pour comparer avec la période de Cassini, la population d'Uxeau en 2007 (528) n'était que de 58% de ce qu'elle avait été en 1793 (911).

L'eau

Presque tous les étangs de notre domaine de recherche ont été construits par l'endiguement de cours d'eau. Le contrôle de l'eau était indispensable dans cette économie rurale pour faire tourner des moulins, pour l'élevage de poissons, l'abreuvement du bétail, le trempage du chanvre, le lavage du linge. Le contrôle de l'eau n'est pas moins essentiel dans la région aujourd'hui pour les agriculteurs.

Moulins, étangs et modes d'organisation de la société

Au temps de la carte de Cassini, le pain était la principale source de protéines et de calories pour les paysans de France. Bien que des paysans aient élevé des animaux, comme des poulets et des bovins, la quasi-totalité de la viande, les œufs et les produits laitiers étaient vendus sur les marchés aux bourgeois des villes afin de payer les lourdes charges de la dîme, les impôts et les loyers. Il a été estimé qu'un paysan adulte mangeait environ 3 livres de pain par jour (Fagan 2000, p. 159 ; Goubert 1986, p. 3-84). Presque tous les moulins appartenaient à l'aristocratie locale, aux « seigneurs ». Ceux-ci avaient l'argent pour construire et entretenir les moulins et ils engageaient le meunier. Les banalités étaient les droits féodaux d'un seigneur qui lui permettaient d'exiger que les paysans utilisassent ses moulins, fours et pressoirs contre une redevance (Coveney 1977, p. 247). Le meunier prenait environ un sixième de la farine en poids. Parfois, les paysans évitaient de payer ces redevances en mangeant le grain sous forme de bouillie, mais en général tout le monde mangeait du pain (Goubert 1986, p. 84-85). Un total de 388 moulins à eau a été numérisé sur toute la feuille de Cassini. Le nombre et la densité des étangs et des moulins sont indiqués ci-dessous dans le tableau 4.

Les 388 moulins à eau représentent une moyenne d'un moulin par 9,6 km2 sur la feuille entière. Le nombre et la densité varient évidemment dans l'espace, mais cela nous donne une référence de comparaison avec les densités locales dans notre zone d'étude. Une analyse de rayon a été menée avec des distances de 1, 2, et à 3 km à partir de chaque moulin. Pratiquement toute la feuille a un moulin à moins de 3 km ou moins, ce qui signifie qu'aucun agriculteur ne devait faire plus de 3 km pour porter du grain dans un moulin (fig. 5). En fait, la majorité des bourgs et des hameaux sont à, au plus, 2 km d'un moulin. Cela révèle un réseau très dense de moulins sur une grande superficie. Il est également clair que la majorité des zones au-delà des 3 km sont couvertes de forêts.

Les historiens ont estimé que la plupart des agriculteurs de la France médiévale vivait à moins de 5 km d'un moulin (Champion 1996, p. 37-39).

Des polygones de Thiessen ont été créés pour tous les moulins sur la totalité de la feuille pour étudier le plus proche voisinage de la répartition des moulins. Cela montre des zones d'influence équivalentes à partir d'une série de points ; elles sont utilisées pour l'analyse de la distribution des points. Chaque point (moulin) est entouré d'une zone qui est à égale distance des points adjacents. On peut faire beaucoup de critiques sur cette technique car elle est simpliste et ne prend pas en compte des facteurs complexes tels que la topographie, les facteurs sociopolitiques, etc.… Par ailleurs quelques points manquants peuvent altérer de façon significative la nature de la distribution des données.

Ce type d'analyse, toutefois, est validé par la supposition que les gens utilisent le plus proche moulin pour éviter de transporter de lourdes charges sur des routes en mauvais état ou inexistantes. Par conséquent, dans ce cas, l'analyse fournit, en principe, une idée des problèmes de transport qui peuvent avoir guidé la construction des moulins. Le tableau 2 montre ces polygones dans la zone de recherche entourant la commune d'Uxeau. Les résultats font ressortir la grande densité des moulins dans le paysage.

La zone ouest (qui contient notre zone de recherche) est très homogène, la zone centrale l'est beaucoup moins, et la zone est dans une situation intermédiaire. Notre zone ouest paraît avoir les moulins les plus régulièrement répartis tandis que la zone centrale qui est le long de la rivière Bourbince a une densité de moulins moins importante. Nous attribuons ceci au fait que notre zone de recherche est plus accidentée, avec beaucoup de petits ruisseaux capables de faire tourner un moulin tandis que les berges sont plus dépendantes du courant de la rivière pour faire tourner les moulins, aussi des grappes de moulins se trouvent sur les rives de la rivière.

Dans notre zone de recherche entourant la commune d'Uxeau (moitié sud de la carte IGN 1 : 25000 2826 Ouest) quelques moulins sont situés le long de la rivière Arroux, mais la majorité sont sur de petits ruisseaux. Ici il y a une densité de 1 moulin pour 6,2 km2 et une moyenne de 2 étangs par moulin. Pour la commune d'Uxeau cette densité est légèrement inférieure, avec un moulin par 6,6km2 et un moulin pour 2,6 étangs. Ces densités sont beaucoup plus fortes que pour le tiers ouest ou la feuille entière de Cassini (voir tableau 4).

La figure 7 montre un rayon de 3 km autour des moulins entourant la zone locale étudiée. La plupart des fermes sont en général situées à un maximum de 2 km du moulin le plus proche. En fait la surface entière est à l'intérieur de ce rayon de 3 km, à l'exception des routes principales. Ceci se comprend puisque, logiquement, l'accès à une route permettait le transport du grain par charrette. Cependant, pour la plupart des gens, le grain était porté au moulin par sac individuel sur des chemins étroits, escarpés, peu entretenus et boueux (Goubert 1986, p. 84).

Nous savons par des cartes plus récentes que le nombre de moulins a régulièrement décru pendant tout le 19e siècle car les moyens de transport se sont améliorés. Cela est dû au développement du réseau routier démarré au temps de Napoléon, à la construction de canaux à partir des années 1830 et à la construction d'un réseau ferré à compter du milieu du 19e siècle (Clout 1983).

Ces améliorations du transport signifiaient que les gens pouvaient amener par bateau leurs marchandises (bétail pour cette zone) jusqu'à des villes éloignées telles que Dijon, générant des revenus qui permettaient d'acheter de la nourriture plutôt que la produire eux-mêmes. Un entretien avec le propriétaire du dernier moulin de la commune d'Uxeau, au Chevalot-du-Bas, nous apprend que celui-ci a cessé son activité dans les années 1950.

Les données historiques relatives aux moulins et aux étangs sur la commune d'Uxeau

La carte de Cassini montre 13 étangs et 5 moulins au sein des paroisses d'Uxeau et Bessy (tableaux 2 et 3). Quelques étangs de la carte de Cassini sont difficiles à localiser, mais leurs emplacements sont confirmés par l'étude du terrain. 4 de ces étangs (ou 31%) sont toujours existants. À l'époque de la carte d'État-major de 1840, un de ces étangs avait disparu, l'étang Gaumons, au nord de Morantru.

Parmi les données les plus anciennes dont nous disposons concernant l'utilisation des étangs figurent les documents fiscaux d'évaluation de chaque parcelle de terrain dans la commune en 1791, soit deux ans après le début de la Révolution française, ce qui nous donne une image des pratiques d'avant la Révolution comme elles figurent sur la carte de Cassini. Ces documents fiscaux enregistrent 26 étangs, dont 13 sont représentés sur la carte de Cassini.

Nous n'avons pas trouvé de carte qui corresponde aux numéros de parcelles listés dans le document de 1791 et sommes donc incapables de localiser l'en-

semble des étangs enregistrés. Toutefois, 20 des 26 bassins ont pu être identifiés par leurs noms et par rapport à des registres cadastraux ultérieurs. Les registres de 1791 indiquent que tous les étangs de la carte de Cassini existaient encore en 1791. Les étangs de 1791 qui ne figurent pas sur la carte de Cassini sont tous beaucoup plus petits, ce qui suggère que la carte de Cassini a seulement enregistré les étangs d'une certaine taille.

Sur les 26 bassins de 1791, 20 (ou 77%) ont été décrits comme empoissonnés. Onze des 13 étangs Cassini ont été enregistrés comme poissonneux en 1791 (soit 85%). Nous savons par la tradition orale que ces étangs étaient périodiquement vidés et que les poissons étaient collectés en une seule fois afin d'être vendus. Beaucoup d'étangs empoissonnés étaient détenus par un seigneur local ou des investisseurs bourgeois des villes voisines, mais quelques-uns étaient détenus par des communautés. En 1866, certains étangs appartenaient jusqu'à onze investisseurs. La tradition orale confirme que l'élevage de poissons destiné à la vente continue jusqu'à nos jours.

Les autres utilisations des étangs comprenaient l'abreuvement du bétail : avant même que l'activité ne passe de la production de céréales à l'élevage de bovins, les grandes exploitations pouvaient posséder jusqu'à 60 bœufs (Shaffer 1982, p. 58). Moutons et chèvres étaient également nécessaires dans les économies productrices de céréales pour fournir du fumier pour le pâturage sur les champs en jachère. Les registres de la paroisse indiquent que les habitants de Bessy se sont spécialisés dans la production de chanvre dans les années 1690 (Jones 2006). Le premier rapport de 1836 sur l'agriculture a également enregistré une activité de production de chanvre dans la commune d'Uxeau. La culture du chanvre nécessite de petits étangs dans lesquels on fait tremper le chanvre avant son traitement (Goubert 1986).

On lavait également le linge dans les étangs. Dans la France pré-moderne, ce lavage était effectué à certaines saisons (Goubert 1986, p. 32). La tradition orale nous apprend que le linge était lavé dans, au moins, l'un des étangs Cassini (Busseroles) avant l'avènement de l'électricité .

Importance de l'eau, changements d'utilisation et résilience

Sur la base de la tradition orale et des entretiens ethnographiques, la principale raison d'être pour les étangs d'aujourd'hui semble avoir évolué à partir d'une base économique en faveur de leur valeur sociale. Bien que de nombreux propriétaires d'étang que nous avons interviewés stockent et récoltent encore des poissons destinés à la revente, les coûts liés à l'entretien des étangs l'emportent clairement sur les revenus tirés de cette activité.

Par contre, les propriétaires d'étang actuels sont plus susceptibles de valoriser les aspects récréatifs de la baignade ou la pêche. De façon importante, la majorité des personnes que nous avons interviewées sont convenues que les étangs forment un élément esthétique important de leur ferme et de l'ensemble du paysage rural. De façon surprenante, compte tenu de la grave sécheresse et de la canicule de 2003, seuls quelques-uns des agriculteurs que nous avons interrogés estiment que leurs étangs sont un moyen de réduire les risques de pénurie d'eau et de pallier les effets de la sécheresse.

Il est important de noter que l'utilisation de l'eau et des terres a été fortement influencée par les politiques de l'Union européenne, en particulier depuis 2004, lorsque l'accent était mis sur les impacts environnementaux de l'agriculture. Les agriculteurs ont été obligés de suivre des réglementations environnementales plus strictes pour la protection des cours d'eau afin d'obtenir leurs subventions agricoles.

En dépit de l'augmentation des coûts liés à l'entretien d'un étang, comme le dragage annuel et la vidange des étangs, de nombreux propriétaires d'étangs ont affirmé lors de nos entrevues que ces coûts étaient élevés, mais acceptables. Depuis 1983 un certain nombre d'étangs de la région ont été recréés dans des endroits historiques à des fins récréatives et esthétiques. Ainsi nos données ethnographiques nous permettent de conclure que les étangs de la commune d'Uxeau peuvent être considérés comme résilients et sont des éléments constants du paysage rural, en dépit des récentes modifications apportées à leurs fonctions d'origine et à leur utilité.

Forêts

La plupart des forêts naturelles de la zone de recherche sont composées d'un mélange d'espèces à feuilles caduques, mais le pin prédomine sur certaines terres récemment défrichées. Hêtres et chênes sont les arbres les plus communs, et lorsque l'altitude augmente, le hêtre est supplanté par le charme. Les chênes les plus répandus sont le chêne sessile et le chêne anglais, avec fréquemment des hybrides des deux. Érables, frênes, châtaigniers et des introductions d'espèces exotiques de la famille des acacias sont également présents. Le sous-étage de la plupart des forêts est généralement composé de buissons, comme le buis, ainsi que de jeunes arbres. En lisière, framboisiers et mûriers sont com-

muns. La sécheresse de 2003 a attiré des coléoptères qui ont décimé les résineux. Toutefois les plantations de sapins et de pins, subventionnées par le gouvernement, restent abondantes dans cette zone. Ils représentent un investissement bois à long terme pour les agriculteurs.

Dans l'ère préindustrielle, les forêts de la région ont joué un rôle important dans l'économie locale. Les forêts sont une ressource particulièrement précieuse pour les porcs et les bovins de pâturage, la cueillette de plantes comestibles, la chasse de petits animaux, le bois de chauffage et les matériaux de construction. À l'heure actuelle, dans l'économie locale, les forêts sont encore utilisées pour le chauffage, la collecte des baies, la chasse et la randonnée.

Les forêts sur la carte de Cassini et sur les cartes actuelles

La carte de Cassini ne comporte que les parcelles boisées les plus importantes. Leur schéma général correspond à celui de la carte IGN 2826 Ouest. En rapprochant la carte de Cassini des versions de 1983 et de 2002 de la carte IGN, on voit les évolutions et les constantes en matière de composition et emplacement des zones boisées. On pouvait s'y attendre, la superficie totale de la couverture forestière a diminué et est devenue plus fragmentée depuis 1759. En 1759, il y avait 36,16 km carrés avec 67 polygones GIS individuels, en 1983, 23,92 km carrés avec 427 polygones et en 2003, 23,98 km carrés avec 404 polygones.

Les zones de forêt primaire subsistent, mais se retrouvent la plupart du temps dans des terres plus escarpées en altitude. La diminution du nombre des parcelles de forêt et une légère augmentation globale de surface entre 1983 et 2003 peuvent refléter les nouvelles plantations qui ont été encouragées par des subventions. Nous pouvons également estimer qu'il y a consolidation des terres à usage agricole avec l'adoption d'une agriculture encore plus intensive (Van Deventer 2001).

Les forêts anciennes datant de 1759 se retrouvent encore sur les collines très érodées et dans les sols sableux et argileux, zones délaissées (conglomérat bourbonnais inférieur du Pliocène-Quaternaire) (BRGM 2010). Il n'est pas surprenant que les forêts restantes ne se trouvent que sur des sols indésirables, compte tenu de l'intensification de l'activité agraire et du développement des pâturages. En termes de composition de la forêt, la carte de Cassini ne montre pas de forêts de conifères, tandis que le paysage actuel contient des conifères, principalement sous la forme de plantations.

GIS historique et gestion forestière

Plusieurs études récentes, utilisant des cartes historiques, des documents et des cartes actuelles dans un GIS ont documenté l'évolution des forêts et de leur gestion en Europe centrale (Geri 2010 ; Hersperger 2009 ; Pelorosso 2009 ; Taillefumier 2003 ; Teixido 2010). L'histoire des forêts peut être utile dans la prise de décisions pour la gestion du paysage. Le GIS est une méthode pertinente et efficace pour retracer l'histoire des forêts. Les forêts anciennes s'avèrent abriter une importante diversité biologique. Ces forêts peuvent servir de réservoir pour des espèces dans le rétablissement de nouvelles zones forestières (Wulf 2003). Il s'agit d'un atout particulièrement important au regard des qualités plus restreintes des forêts actuelles dans leur diversité et leur durabilité (Wulf 2003). Les banques de semences à partir des parcelles des forêts anciennes sont également utiles dans les zones en recolonisation, auparavant plantées de pins, pour l'introduction de plus de biodiversité (Erenler et al. 2010).Nos entretiens ethnographiques nous ont appris que, lorsque les feuillus sont défrichés ou exploités et les terres laissées en friche, les pins poussent sur la zone. Ces pins qui sont plus sensibles à la sécheresse et aux coléoptères créent un paysage très vulnérable. Les zones exploitées, qu'il s'agisse de forêts de feuillus ou de plantations de conifères, pourraient bénéficier d'un reboisement à partir d'essences locales. La capacité à identifier les zones de forêts anciennes avec leurs caractéristiques, sans enquête de terrain approfondie, serait également utile aux organisations et aux décideurs politiques. Elle constituerait un moyen d'identifier les zones forestières présentant un intérêt particulier et devant être conservées (voir d'Angelo 2000 pour un exemple).

Nos analyses GIS suggèrent que le reboisement, lorsqu'il s'agit de l'objectif poursuivi, peut être plus efficient sur des parcelles semblables aux zones de forêts anciennes (par exemple sols pauvres marqués par une forte érosion). Une telle sélection serait une stratégie plus résiliente. L'accent mis sur l'histoire régionale et la notion de patrimoine local favorise l'accord des habitants et accroît encore les chances d'adhésion à un tel projet.

Orientations futures

Maintenant que nous avons développé et perfectionné des méthodes d'analyse multi-temporelle des données historiques, cartographiques et non cartographiques, la prochaine phase de la recherche sera d'affiner la chronologie entre la carte de Cassini de 1759 et les données actuelles. Les cartes actuelles au 1 : 25 000 montrent de nombreux petits étangs et des parcelles de forêt qui ne sont tout simplement

pas présents sur les feuilles de Cassini, de sorte que nous avons manifestement certaines questions d'échelle à résoudre. Nous aborderons cette question dans notre prochaine phase d'analyse quand nous commencerons à numériser toutes les cartes destinées à compléter la chronologie. Nous avons acquis 13 nouveaux ensembles de données cartographiques et de télédétection qui couvrent les 250 années écoulées, avec une période moyenne de 28 ans entre les différentes données. Les cartes qui suivent les feuilles de Cassini, c'est-à-dire les enquêtes cadastrales napoléoniennes à une échelle moyenne de 1 : 2 500 et les feuilles de la carte d'État-major de 1841 au 1 : 40 000 sont cartographiquement plus précises et présentent des détails supplémentaires importants qui contribueront à élargir notre analyse. Nous avons des données d'impôt correspondant aux parcelles individuelles des enquêtes cadastrales qui nous permettent de suivre l'utilisation des terres, parcelle par parcelle, des années 1830 à nos jours. L'intégration de ces ensembles de données supplémentaires aux documents historiques et à la tradition orale nous permettra de créer un modèle plus fin de la continuité et du changement dans la région.

Conclusion

Bien que nous ayons achevé la première phase de notre projet de recherche, nos premiers résultats montrent les avantages potentiels et les questions techniques liées à l'analyse historique régionale à long terme, en particulier l'intégration des données cartographiques historiques dans le contexte des GIS avec des données non cartographiques. Nous démontrons que le géoréférencement détaillé, l'analyse et l'intégration d'ensembles de données GIS historiques sont possibles avec les outils et techniques actuelles. Ces données peuvent être étendues et améliorées par la documentation historique et les données ethnographiques modernes qui ne sont pas traditionnellement considérées comme relevant du domaine du GIS. Elles peuvent être en outre utilisées pour étudier des modèles et des questions complexes liées au peuplement et à l'utilisation des terres au fil du temps.

Nous avons déjà identifié plusieurs grandes tendances et révélé les relations entre les modes d'habitat et l'utilisation de l'eau et des forêts qui ne peuvent pas être identifiées lorsque ces trois aspects sont étudiés séparément. Les forêts, qui étaient autrefois utilisées comme des zones de pâturage secondaires, se sont contractées ces derniers temps en raison de l'intensification de l'élevage. Cette intensification nécessite l'expansion des pâturages et des prairies de fauche dans toute la mesure du possible.

Comme les fermes ont augmenté en taille afin de demeurer viables dans l'environnement économique concurrentiel de l'Union européenne, de nombreuses petites exploitations familiales ont été vendues à des exploitations voisines. Les corps de ferme abandonnés ont été acquis pour servir de résidences d'été pour les citadins ayant un désir nostalgique de vacances dans un paysage rural qui apparaît, au moins superficiellement, avoir très peu changé au cours des siècles.

La connaissance des anciennes forêts peut aider au remplacement des conifères malades (un effet secondaire de la sécheresse). De la même façon, la reconstruction des étangs dans leurs emplacements historiques, pour servir à des activités de loisirs contemporains et à une ressource en eau dans le cas des sécheresses à venir, est également subordonnée à cette connaissance des emplacements passés.

Comme la région est de plus en plus dépendante de l'économie touristique, l'aspect traditionnel du paysage doit être maintenu afin d'attirer les touristes. En même temps, ce paysage doit répondre aux besoins des agriculteurs qui cherchent à rester compétitifs dans l'économie de marché de l'Union européenne. Ces tendances contradictoires rendent les données fournies par nos recherches pertinentes et utiles tant aux agriculteurs qu'aux décideurs politiques. C'est pourquoi nous échangeons en ce moment nos informations et partageons nos résultats avec les agriculteurs locaux et les maires et conseils municipaux des communes d'Uxeau, Vendenesse-sur-Arroux et Gueugnon.

Témoignage de la résilience

Notre recherche se concentre sur les concepts de résilience. La « résilience sociale » est la capacité à supporter un changement adaptatif dans une société face à des perturbations internes et externes (Redman & Kinzig 2003). Le paysage de la région est très résilient comme en témoigne la persistance des étangs, des forêts et hameaux au cours des siècles. Cette capacité à gérer le changement, élément essentiel des systèmes résilients, est également présente. Bien que notre paysage rural puisse apparaître inchangé à un observateur extérieur, l'utilisation de ses propriétés, la relation entre le paysage et ses habitants, et les caractéristiques de la population locale se sont profondément modifiées. Le paysage a été adapté à de nouveaux usages, en particulier à ceux centrés sur les loisirs et le concept de préservation du patrimoine. La continuité du paysage et le mode de vie dans la région

font face maintenant à d'importants défis, tels que la diminution de la population, son vieillissement et un habitat plus saisonnier.

On ne sait pas quels seront les impacts de ces changements démographiques régionaux combinés à un environnement économique difficile pour les petites exploitations familiales, ni l'incidence sur la capacité de résilience de ce paysage. Mais notre recherche peut servir à éclairer ces questions et, peut-être, à travers la connaissance de la résilience passée de la région être un guide pour sa planification future.

Bibliographie

Arya S., Malamatos T. & Mount, D. M., 2002, "Space efficient approximate Voronoi diagrams", dans *Proceedings of the 34th ACM Sumposium on Theory of computing*, p. 721-730, Stockholm.

Balée W. L., 1998, "Historical Ecology: Premises and postulates" dans W. L. Balée (Ed.), *Advances in Historical Ecology* p. 13-29, New York, Columbia University Press.

Balée W. L., 2006a, "The research program of historical ecology", *Annual Review of Anthropology, 35*(5), p. 15-24.

Balée W. L., 2006b, *Time and complexity in Historical Ecology: Studies in the neotropical lowlands,* New York, Columbia University Press.

Braudel F., 1980, *On history* (S. Matthews, Trans.), Chicago, University of Chicago Press.

Champion É.,1996, *Moulins et meuniers carolingiens dans les polyptiques entre Loire et Rhin,* Paris-Belfort, A.E.D.E.H. Vulcain.

Clout H. D.,1983, *The land of France 1815-1914,* London, George Allen and Unwin.

Coveney P. J. (Ed.), 1977, *France in crisis 1620-1675* (P. J. Coveney, Trans.), Totowa, New Jersey, Rowman and Littlefield.

Crumley C. L.,1994, "Historical Ecology: A multidimensional ecological orientation", dans C. L. Crumley (Ed.), *Historical Ecology : Cultural knowledge and changing landscapes* (p. 183-201), Santa Fe, School of American Research Press.

Crumley C. L., 2000, "From Garden to Globe: Linking Time and Space with Meaning and Memory", dans R. McIntosh, J. A. Tainter, and S. K. McIntosh (Ed.), *The Way the Wind Blows : Climate, History, and Human Action* (p. 193-208), New York, Columbia University Press.

Crumley C. L., 2007, "Historical ecology: Integrated thinking at multiple temporal and spatial scales, dans A. Hornborg & C. L. Crumley (Ed.), *The World system and the earth system: Global socio-environmental change and sustainability since the Neolithic* (p. 15-28), Walnut Creek, California, Left Coast Press.

Crumley C. & Marquardt W., 1987, *Regional dynamics: Burgundian landscapes in historical perspective,* San Diego, Academic Press.

Crumley C. & Marquardt W., 1990, "Landscape: A unifying concept in regional analysis", dans K. M. Allen, S. W. Green & E. B. W. Zubrow (Ed.), *Interpreting Space: GIS and Archaeology* (p. 73-79), London,Taylor and Francis.

D'Angelo M., Enne G., Madrau S., Percich L., Previtali F., Pulina G. & Zucca C., 2000, "Mitigating land degradation in Mediterranean agro-silvo-pastoral systems: A GIS-based approach", *Catena, 40,* p.37-49.

Dussourd H., 1979, *Au même pot et au même feu : étude sur les communautés familiales agricoles du centre de la France,* Paris, G.-P. Maisonneuve et Larose.

Erenler H. E., Ashton P. A., Gillman M. P. & Ollerton J., 2010, "Factors determining species richness of soil seed banks in lowland ancient woodlands", *Biodiversity Conservation, 19,* p.1631-1648.

Fagan B., 2000,*The Little Ice Age: How climate made history 1300-1850,* New York, Basic.

Geri F., Amici V. &. (2010), "Human activity impact on the heterogeneity of a Mediterranean landscape", *Applied Geography, 30,* p. 370-379.

Goubert P., 1986,*The French peasantry in the seventeenth century* (I. Patterson, Trans.), Cambridge, Cambridge University Press.

Greer A., 2005*, Agricultural policy in Europe*, Manchester, Manchester University Press.

Healey R. G. & Stamp Trem R., 2000, Fall, “Historical GIS as a foundation for the analysis of regional economic growth: Theoretical, methodological, and practical issues”, *Social Science History, 24* (3), p. 575-612.

Hersperger A. M. & Bürgi M, 2009, “Going beyond landscape change description: Quantifying the importance of driving forces of landscape change in a Central Europe case study”, *Land Use Policy, 26,* p. 640-648.

Holling C. S., & Gunderson L. H., 2002, “Resilience and adaptive cycles”, dans C. S. Holling & L. H. Gunderson (Ed.), *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems* (p. 25-62), Washington, D. C., Island Press.

Jones E., 2006, *Surviving the Little Ice Age: Family strategies in the decade of the great famine of 1693-1694 as reconstructed through parish registers and family reconstitution.* Unpublished doctoral dissertation, University of North Carolina at Chapel Hill, Anthropology.

Jones E., 2009, “Multi-temporal landscape history in Burgundy: An innovative application of genealogy software”, dans *Proceedings of the 37th annual international conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology.* Retrieved February 6, 2010 http://caa2009.org/articles/Jones_Contribution182_c.pdf.

Jones E., Madry S., Tickner A. & McDaniel, D., 2009, August 4-8, “Historic ponds in rural Southern Burgundy: Water management from the Medieval Period through the present day” dans S. Madry (Chair), *Water management and land-use: An interdisciplinary study in historical ecology of an agricultural landscape in Southern Burgundy from the Middle Ages through the present day*. Paper presented at World Congress of Environmental History, Local livelihoods and global challenges: Understanding human interaction with the environment. Copenhagen, Denmark.

Knowles A. (Ed.), 2002, *Past time, past place: GIS for history,* Redlands, California, ESRI Press.

Knowles A. & Hillier A., 2008, *Placing history : How maps, spatial data, and GIS are changing historical scholarship,* Redlands, California, ESRI Press.

Madry S.,1983, “Remote sensing in archaeology” [Reprinted in French *Echos du Passé*, Bulletin du Les amis du Dardon, Gueugnon, France 1985], *Archaeology, May-June,* p.18-19.

Madry S., 1986, « Télédétection (Remote Sensing) », *Echos du passé, revue périodique de l’Association Les Amis du Dardon, Gueugnon, France, 56,* p. 2-6.

Madry S.,1987, “A multiscalar approach to remote sensing in a temperate regional archaeological survey”, dans C. Crumley & W. Marquardt (Ed.), *Regional dynamics: Burgundian landscapes in historical perspective* (p. 173-235), San Diego, Academic Press.

Madry S., 1990a, “The realities of hardware”, dans K. Allen, S. Green & E. Zubrow (Ed.), *Interpreting space: GIS and archaeology* (p. 173-183), London, Taylor and Francis.

Madry S., 1990b, « Application des Systèmes d’Information Géographique Informatisée et de Télédétection en relevé archéologique regional Bourgogne, France, et Caroline du Nord, USA », dans *Journées d’études internationales : télédétection et cartographie thématique en archéologie,* Valbonne, France, CNRS/CRA.

Madry S.,1991, « Un Emploi des systèmes de télédétection d’information géographiques dans une analyse régionale de répartitions spatiales archéologiques », *Archéologie et ordinateurs, lettres d’information du Centre de recherches archéologiques (Paris), 17,* p.1-11.

Madry S., 2000), “A GIS/remote sensing case study in archaeology: Burgundy, France”, dans N. M. Short (Ed.), *NASA`s Goddardd Space Flight Center’s Online remote sensing tutorial, Section 15: Geographic information systems—the GIS approach to decision making*. NASA Goddard Space Flight Center.

Madry S., 2002, October 15-19, *Practical aspects of GIS and predictive maps from Burgundy, France and North Carolina, USA.* Invited paper presented at the International Conference on Landscape Archaeology and GIS: Predictive Maps, Settlement Dynamics, Space and Territory in Prehistory, Wünsdorf, Germany, Land Brandenburg.

Madry S., 2006, *Hic sunt dracones* (Here be dragons): The integration of historical cartographic data into geographic information systems, dans S. N. Archer & K. M. Bartoy (Ed.), *Between dirt and discussion: Methods, materials, and interpretation in historical archaeology* (p. 33-57), New York, Springer.

Madry S., 2007, « Des gorilles du Rwanda aux sites archéologique de la vallée de l’Arroux, introduction aux nouveaux outils de cartographie et d’analyse spatiale » dans *La cartographie au service de la recherche et de l’aménagement du territoire,* Glux-en-Glenne, France, Centre archéologique européen.

Madry S. & Crumley C., 1985, « La grenouillère perdue », *Échos du passé, revue périodique de l’Association Les Amis du Dardon, Gueugnon, France, 54,* p. 6-9.

Madry S. & Crumley C.,1990, “An application of remote sensing and GIS in a regional archaeological survey”, dans K. Allen, S. Green & E. Zubrow (Ed.), *Interpreting space: GIS and archaeology* (p. 364-380), London, Taylor and Francis.

Madry S. & Jones E. (in submission), *Interdisciplinary research and method in Historical Ecology: A Burgundian landscape,* Walnut Creek, California, Left Coast Press.

Madry S., Jones E. & Tickner A., 2009, “An improved method for extraction of historical cartographic features into GIS: A French case study, dans *Proceedings of the 37th annual international conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology.* Retrieved February 6, 2010
http://caa2009.org/articles/Madry_Contribution186_a.pdf.

Madry S. & Rakos L.,1996, “Line-of-sight and cost surface analysis for regional research in the Arroux River valley”, dans H. D. G. Maschner (Ed.), *New methods, old problems: Geographic information systems in modern archaeological research* (p. 104-126). *Southern Illinois University Center for Archaeological Investigations, Occasional paper 23*.

Madry S., Seibel S., Resnick B., Cole M. L. and Gould S., 2005, “Development of a State-Wide Archaeological Predictive Model for the North Carolina Department of Transportation and Computerized Archaeological Database for the North Carolina Office of State Archaeology”, dans M. W. Mehrer & K. L. Wescott (Ed.), *GIS and Archaeological Site Location Modeling* (p. 317-334), Boca Raton, Florida, Taylor and Francis Books.

Pelletier M., 2002, *Les cartes des Cassini : la science au service de l’État et des régions,* Paris, Éd. Du CTHS.

Pelorosso R., Leone A. & Boccia L., 2009, “Land cover and land use change in the Italian central Apennines: A comparison of assessment methods”, *Applied Geography, 29,* p.35-48.

Petrella M., 2009, “Guillaume Delisle’s Carte du Duché de Bourgogne: The role of central and peripheral authorities in the Construction of a provincial territory in France in the early 18th century”, *Journal of map and geography libraries, 5* (1), p. 17-39.

Redman C. L. & Kinzig A. P., 2003, “Resilience of past landscapes: Resilience theory, society, and the *Longue Durée”*, *Conservation Ecology, 7* (1), p. 14.

Rumsey D. & Punt E. M., 2005, *Cartographica extraordinaire: The historical map transformed,* Redlands, California, ESRI Press.

Rumsey D. & Williams M., 2002, “Historical Maps in GIS”, dans A. Knowles (Ed.), *Past time, past place: GIS for history* (p. 1-18), Redlands, California, ESRI Press.

Scarborough V. L. & Burnside W. R., 2010, “Complexity and sustainability: Perspectives from the ancient Maya and the modern Balinese”, *American Antiquity, 75* (2). Retrieved from General OneFile June 2, 2010.

Scholl M. D., Murray D. S. & Crumley C. L., 2010, “Comparing trajectories of climate, class and production: an historical ecology of American yeomen”, dans I. Vaccaro, E. A. Smith & S. Aswani (Ed.), *Environmental Social Sciences: Methods and Research Design* (p. 322-348), Cambridge, Cambridge University Press.

Shaffer J. W., 1982, *Family and farm: Agrarian change and household organization in the Loire Valley 1500-1900,* Albany, New York, State University of New York.

Taillefumier F. & Piégay H., 2003, “Contemporary land use changes in prealpine Mediterranean mountains: A multivariate GIS-based approach applied to two municipalities in the Southern French Prealps”, *Catena, 51,* p.267-296.

Teixido A. L., Quintanilla L. G., Carren F. & Gutiérrez D., 2010), “Impacts of changes in land use and fragmentation patterns on Atlantic coastal forests in northern Spain”, *Journal of Environmental Management, 91,* p. 879-886.

Van Deventer E. A., 2001, *Redefining the farm, redefining the self: Enduring struggles in the historical transformation of agriculture in Burgundy, France.* Unpublished doctoral dissertation, University of North Carolina at Chapel Hill, Anthropology.

Wulf M., 2003, “Forest policy in the EU and its influence on the plant diversity of woodlands”, *Journal of Environmental Management, 67,* p.15-25.

Localisation	Surface en km^2	Nombre de paroisses	Nombre de km^2 par paroisse
Ensemble de la feuille	3710	276	13,4
Tiers ouest de la feuille	1940	65	29,8
Paroisse Uxeau/Bessy	33	2	16,5

Tableau 1 : Répartition des paroisses

Catégories d'habitat tiers ouest de la feuille de Cassini	Nombre total	Nombre sur la paroisse d'UXEAU	Nombre au rôle de la taille 1748 sur la paroisse d'UXEAU	Nombre au rôle de la taille 1748 sur la paroisse de BESSY
Hameaux Communautés	1051	11	10	2
Maisons	954	1	1	2
Gentilhommières	16			
Bourgs (souvent fortifiés)	15			
Tour (en bois)	1			
Tours (en pierre)	21			1
Châteaux	173			
Commanderies	11			
Églises paroissiales	233	1	1	1
Églises ruinées	3			
Abbayes de femmes	2			
Abbayes d'hommes	9			
Chapelles	229			
Chapelles ruinées	2			
Églises paroissiales (symbole d'église différent)	28			
Symbole inconnu	26			
Églises paroissiales avec châteaux	15			
Croix de chemin	6			
Lieux d'exécution	10			

Tableau 2 : Structures figurant sur la carte de Cassini

Professions	Nombre de ménages
journaliers	29
métayers	18
propriétaires	9
veuves	4
vignerons	3
bourgeois	2
tissiers de toile	2
meuniers	2
marchands	1
agent de police	1
cabaretier	1
laboureur propriétaire	1
tailleur d'habit	1
vieille fille	1

Tableau 3 : Professions des ménages dans le registre de la taille de 1760

Localisation	Superficie en km^2	Nombre d'étangs	Surface en km^2 par étang	Nombre de moulins	Nombre d'étangs par moulin	Surface en km^2 par moulin
Feuille entière	3710	N/A	N/A	388	N/A	9,6
1/3 ouest	1940	281	6,9	99	2,8	19,6
Zone locale de recherche	136	45	3,0	22	2,0	6,2
Paroisse d'Uxeau/Bessy	33	13	2,5	5	2,6	6,6

Tableau 4 : Répartition des moulins et des étangs

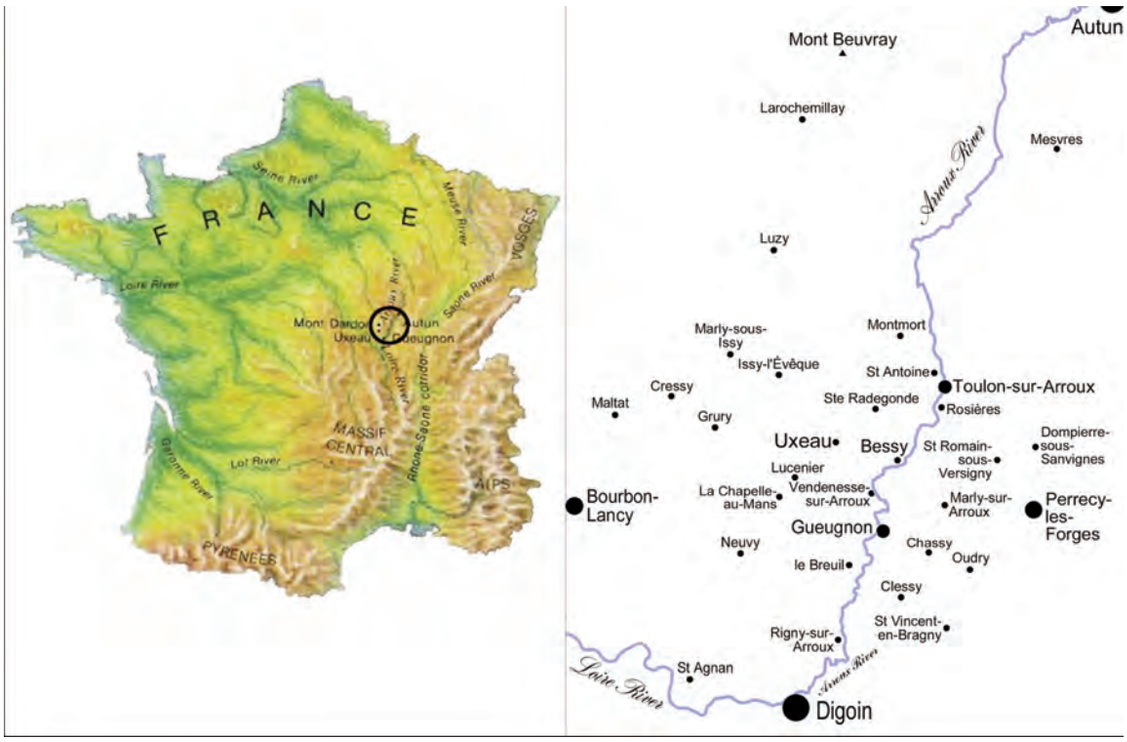


Figure 1 : Zone de recherche du sud de la Bourgogne

Figure 2 : Zone locale de recherche (= moitié sud IGN 2826 Ouest) montrant les symboles des bâtiments : hameaux / fermes communales (triangles), maisons (cercles avec une croix), les villages avec l'église paroissiale (grandes croix), tours et châteaux (rectangles avec des drapeaux), les moulins (étoiles) et les polygones de Thiessen, adapté à partir de la feuille de Cassini n° 85 (1759) de la cartothèque de l'Institut géographique national. www.ign.fr.

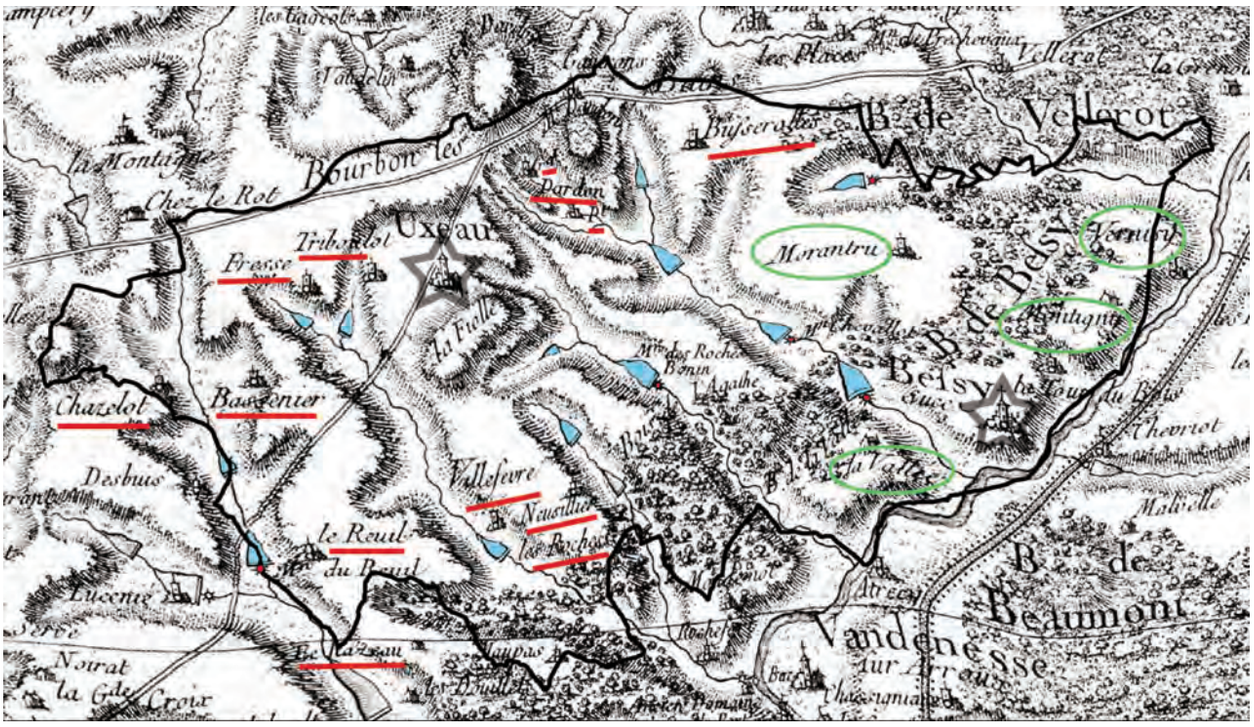


Figure 3 : Anciennes paroisses d'Uxeau et Bessy sur la carte de Cassini. Les noms des hameaux / communautés et maisons d'Uxeau et Bessy sont soulignés. Les étangs appartenant à Uxeau / Bessy sont ombrés. Adapté à partir de la feuille de Cassini n° 85 (1759) de la cartothèque de l'Institut géographique national. www.ign.fr.

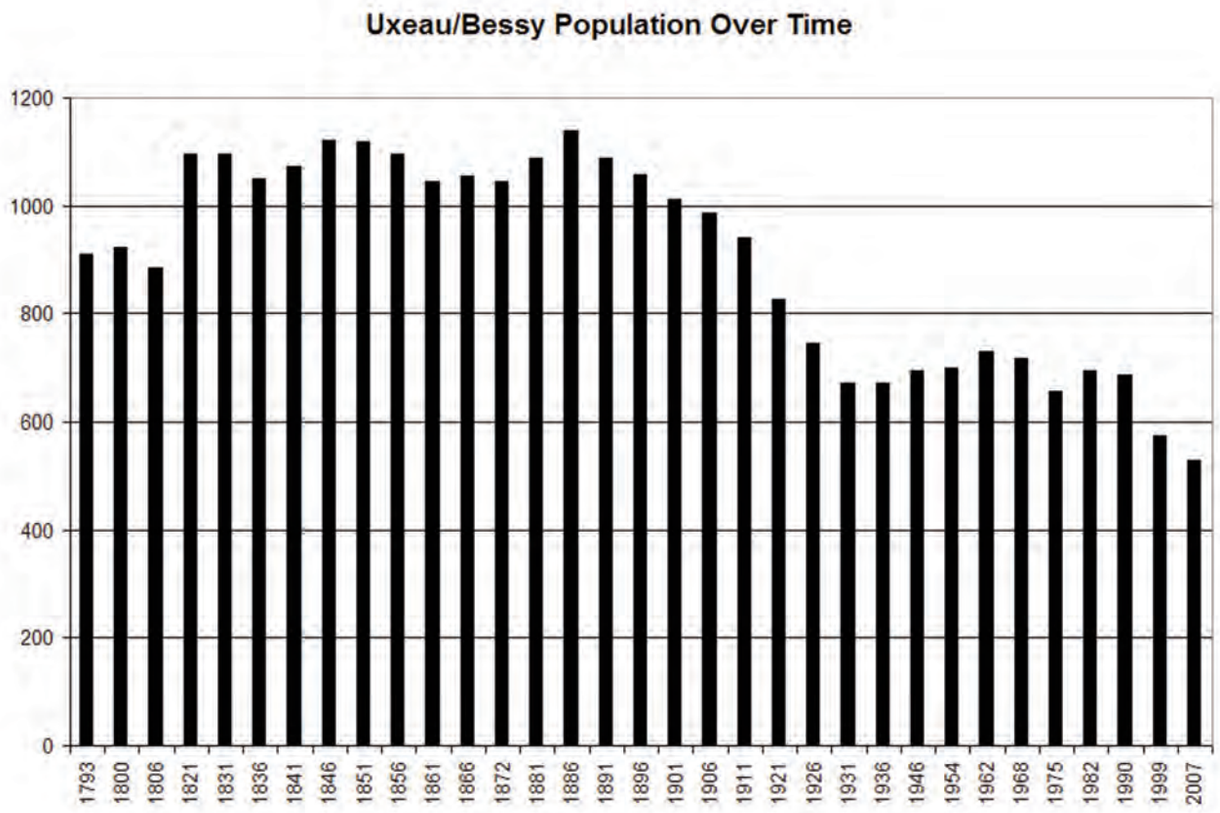


Figure 4 : Les tendances démographiques pour Uxeau de 1793 à 2007

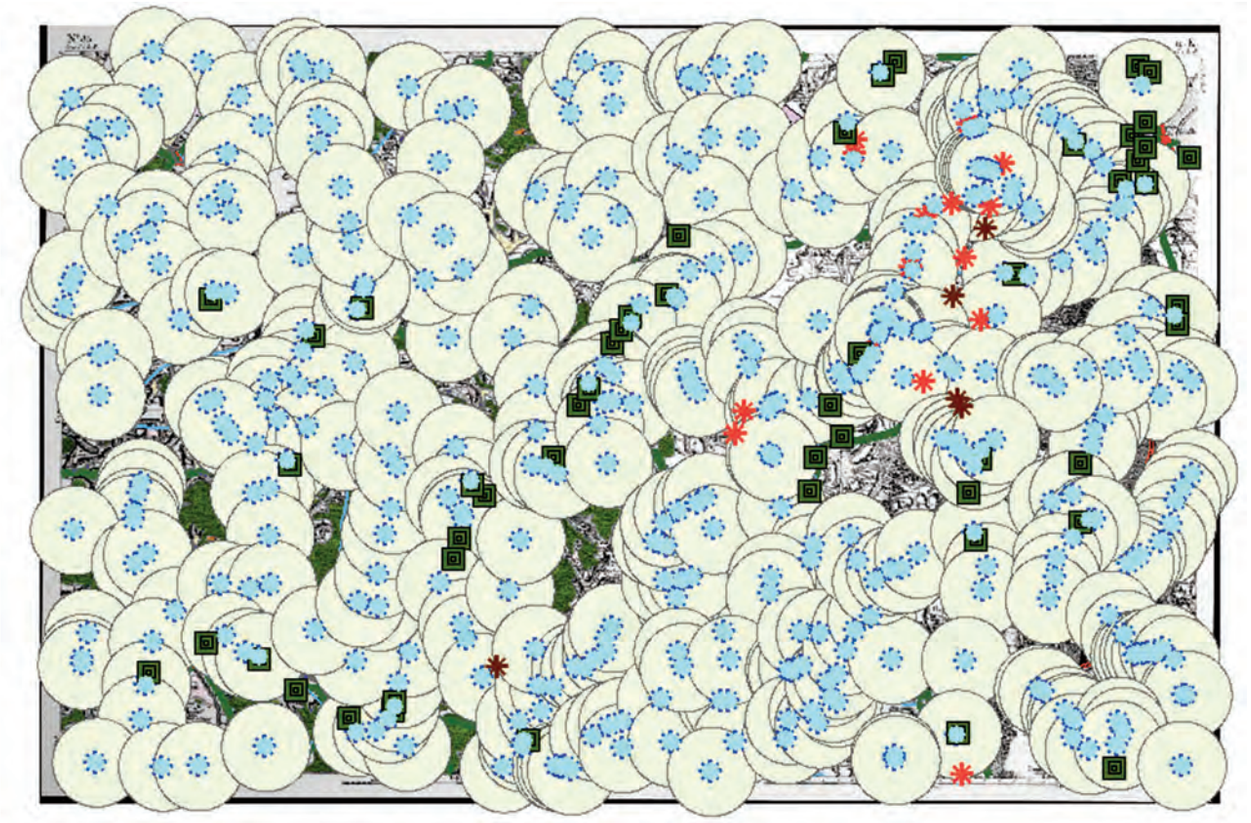


Figure 5 : La carte de Cassini montrant un rayon de 3 km autour des moulins dans toute la zone de recherche. Adapté à partir de la feuille de Cassini n° 85 de la cartothèque de l'Institut géographique national. www.ign.fr.

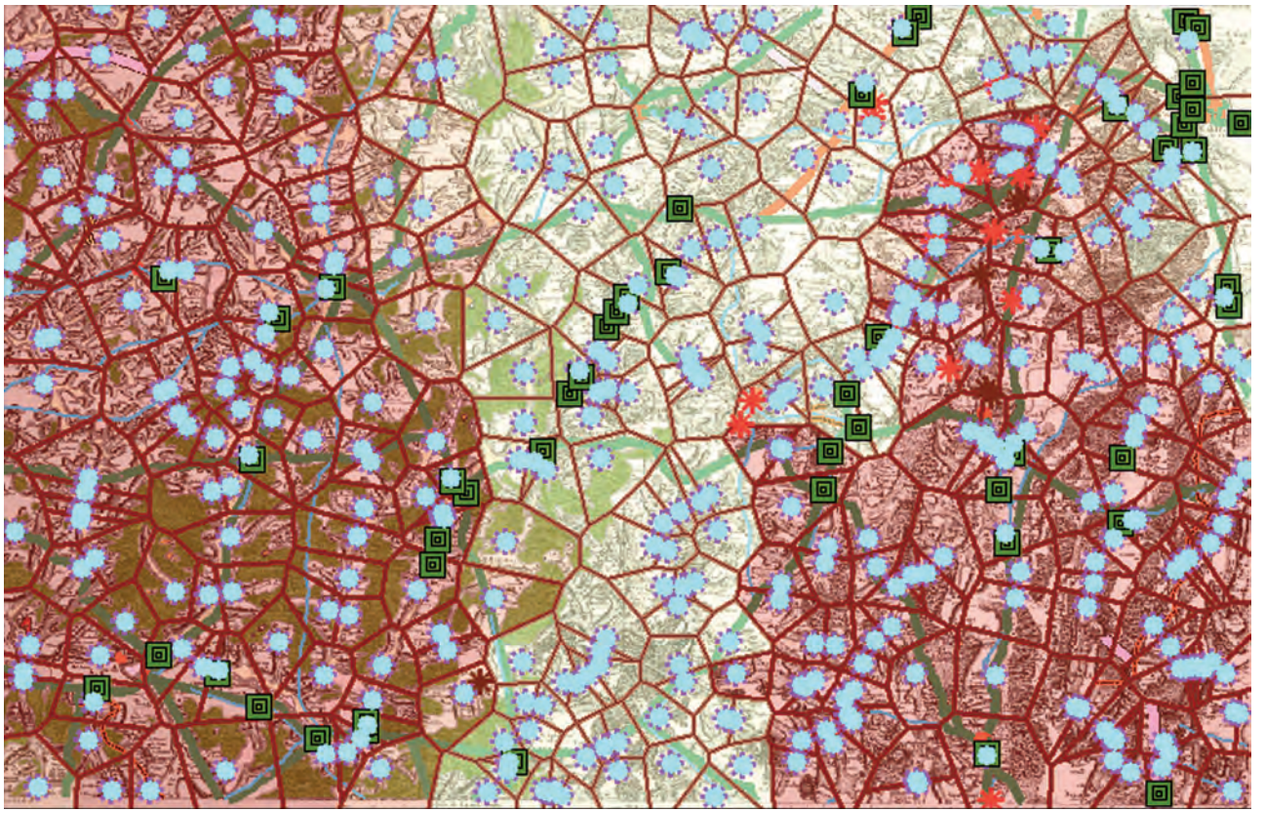


Figure 6 : Plan pour toute la zone de recherche montrant les valeurs du I de Moran, adapté à partir de la feuille de Cassini n° 85 de la cartothèque de l'Institut géographique national. www.ign.fr.

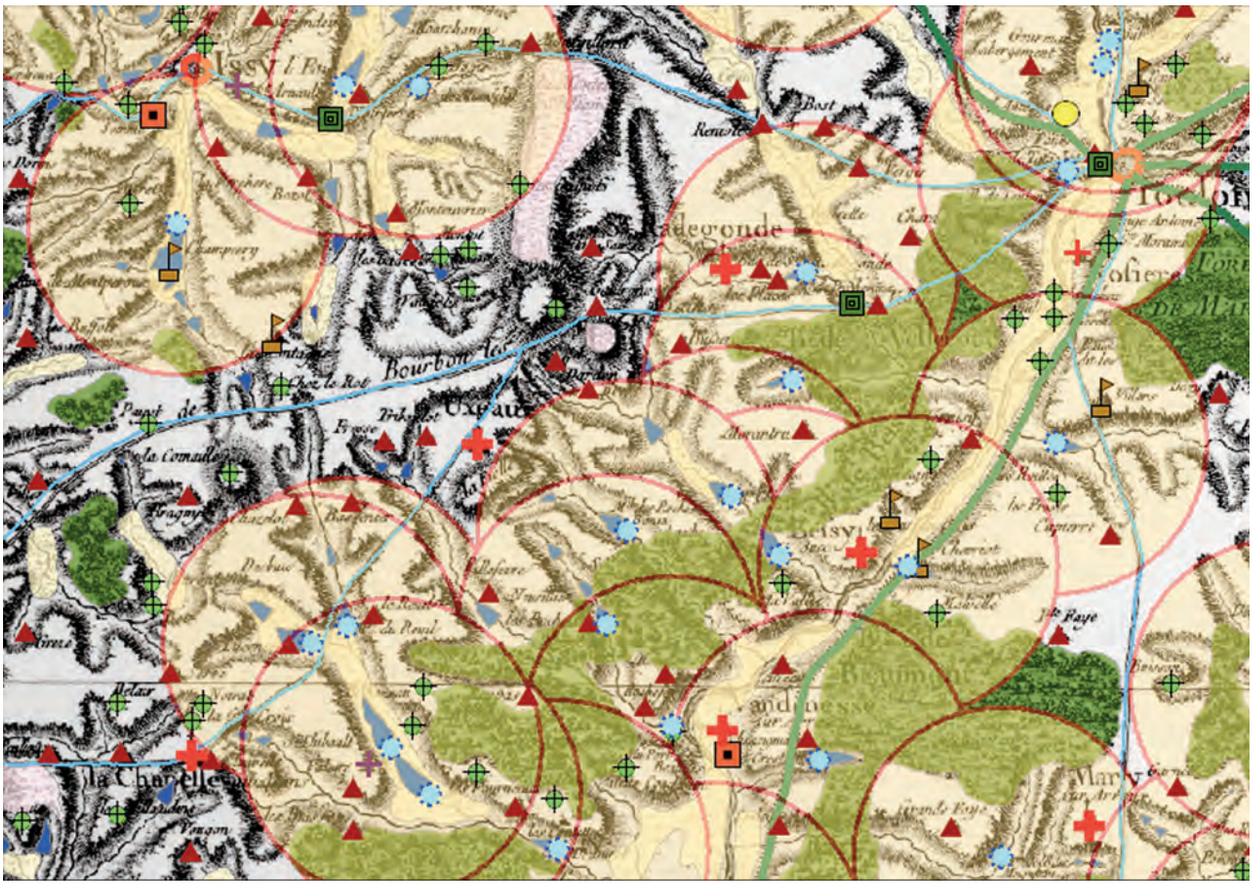


Figure 7 : Détail de la zone étudiée montrant un rayon de 3 km autour des moulins dans la zone de recherche, adapté à partir de la feuille de Cassini n ° 85 de la cartothèque de l'Institut géographique national. www.ign.fr.

Figure 8 : Les changements de la forêt de 1759 à 2002, adapté à partir de la feuille de Cassini n° 85 de la cartothèque de l'Institut géographique national. www.ign.fr.