UNE NOUVELLE CHAÎNE DE PRODUCTION POUR LES CARTES TOPOGRAPHIQUES À L'I.G.N.

par Arnaud Braun, Xavier Halbecq, François Lecordix, Jean-Marc Le Gallic, Florence Prigent

Projet nouvelle carte de base
Institut géographique national,
2-4 avenue Pasteur 94165 Saint-Mandé Cedex
arnaud.braun;xavier.halbecq;francois.lecordix;
jean-marc.le-gallic;florence.prigent}@ign.fr

L'Institut géographique national (I.G.N.) développe une nouvelle chaîne de production pour ses cartes topographiques aux échelles du 1:25 000 et du 1:50 000. La BDTOPO®, base de données géographique de précision métrique, est la principale source de données d'une base plus complète appelée la « base de référence », enrichie avec d'autres données externes fournies par des partenaires ou collectées sur le ter - rain. Les incohérences entre ces données hétérogènes sont supprimées avec des outils automatiques. Mise en cohérence, cette base de référence est dérivée en deux bases de données cartographiques au 1:25 000 et au 1:50 000 conformément aux spécifications des produits cartographiques. Des processus automatiques de généralisation et de placement des écritures sont alors appliqués. La chaîne de production doit prévoir une propagation la plus automatique possible des mises à jour fournies sur la base de données géographique source dans les bases de données cartographiques. Un haut niveau d'automatisation est atteint dans toute la chaîne grâce à une industrialisation de travaux de recherches.

***Mots-clés** : base de données cartographique, chaîne de production, appariement, généralisation, mise à jour, industrialisation.*

1 Introduction

1.1 Définitions

Cet article utilise les termes « base de données géographique » (BDG) et « base de données cartographique » (BDC) dans leur définition standard : une base de données géographique est une base orientée-objet contenant l'information topographique à une précision indiquée. Une base de données cartographique est une base adaptée aux spécifications cartographiques d'un produit précis : échelle, contenu et symbolisation. Ce produit peut être une carte papier ou une carte scannée. Ces deux modèles de base, BDG et BDC, contiennent une information de type vecteur.

1.2 Les cartes topographiques au 1:25 000 et au 1:50 000 de l'I.G.N.

L'I.G.N. produit les cartes topographiques aux échelles 1:25 000 et 1:50 000. Ces séries sont désignées par le terme global de « carte de base », car elles offrent une description précise, complète et homogène du territoire français dans son ensemble. La série 1:25 000 (déclinée en Série bleue et Top 25) est vendue au grand public ; elle est généralement bien appréciée, comme le prouvent des enquêtes mercatiques. La série 1:50 000 est produite pour un usage militaire ; elle respecte les spécifications cartographiques des accords de normalisation STANAG de l'OTAN. Ces deux séries existent sous la forme de cartes papier ou de cartes scannées, ces dernières étant visibles dans un S.I.G. ou sur Internet, par exemple sur le site du Géoportail [Géoportail 2007].

1.3 Les chaînes de productions actuelles et leurs limites

Actuellement, les cartes au 1:25 000 sont produites par deux chaînes, selon les zones :

• Une chaîne « vecteur » pour les zones couvertes par l'ancienne version de la BDTOPO®, produite principalement dans les années 90. Une base de données cartographique vecteur est ainsi produite feuille à feuille. Cette ancienne version de la

BDTOPO® contenait quasiment toute l'information nécessaire à la production de la carte de base. Elle couvre environ 25% du territoire. Sa production s'est arrêtée car la couverture complète de la France aurait été trop longue : elle a été remplacée par une nouvelle version plus légère qui a permis l'achèvement de la couverture complète du territoire en 2007. Ceci pose un problème de mise à jour des cartes produites via cette chaîne.

• Une chaîne « raster » pour les zones non couvertes par l'ancienne version de la BDTOPO®. Cette chaîne consiste à mettre à jour les planches mères scannées à l'aide d'orthophotographies. Avec cette solution, il est impossible de générer une base de donnée cartographique vecteur, ce qui n'est pas acceptable pour la mise au point de futurs services cartographiques.

Quant à la série du 1:50 000, elle est produite indépendamment, avec la même méthode que la chaîne « raster » du 1:25 000. Il est encore impossible de produire une base de données cartographique vecteur avec cette méthode. De plus, comme les productions du 1:25 000 et du 1:50 000 sont indépendantes, les coûts de mise à jour ne sont pas rationalisés.

1.4 Le projet "Nouvelle carte de base"

Considérant les limites des chaînes de production actuelles, ayant conscience que de nombreuses technologies issues du monde de la recherche ont émergé et sont suffisamment matures pour être industrialisées, et souhaitant la production d'une base de données cartographique aux échelles du 1:25 000 et du 1:50 000 couvrant l'ensemble du territoire de manière continue, l'I.G.N. a démarré un projet chargé de concevoir et de développer une nouvelle chaîne de production. En effet, la couverture complète du territoire avec la nouvelle BDTOPO® s'achève en 2007. La nouvelle chaîne de production doit dériver des bases cartographiques au 1:25 000 et au 1:50 000 à partir de cette base de données géographique. Les cartes produites par cette chaîne devront être similaires aux cartes actuelles. Le nouveau processus doit prévoir un mécanisme de propagation des mises à jour de la base géographique BDTOPO® dans les bases cartographiques. Il doit aussi assurer une compatibilité technologique avec des futurs services Web de carte à la demande. Enfin, le contexte industriel est complexe, puisqu'une centaine d'opérateurs dispersés dans six unités de production inter-régionales interviendront dans la chaîne.

Cet article présente la chaîne de production dans son ensemble (section 2), puis explique comment générer une base géographique enrichie par rapport à la BDTOPO® et illustre cette méthode par des exemples issus de la réalisation d'un premier prototype (section 3). La dérivation des bases de données cartographiques est ensuite détaillée (section 4), puis l'article se concentre sur le mécanisme de mise à jour (section 5). Enfin, des conclusions et des pistes pour de futurs travaux sont évoquées (section 6).

2 La chaîne dans son ensemble et les spécifications

2.1 Vue d'ensemble de la chaîne de production

La figure 2 montre une vue synthétique de la chaîne de production. La première étape consiste à collecter et mettre en cohérence des données nécessaires à la dérivation des bases carte, pour obtenir une base géographique unique et bien adaptée à partir de différentes sources hétérogènes. Cette BDG cohérente est appelée la « base de référence » : sa construction est présentée dans la section 3. Elle sert de point d'entrée à la dérivation des deux bases de données cartographiques au 1:25 000 et au 1:50 000 avec différentes étapes détaillées dans la section 4.

2.2 Les spécifications

Les spécifications sont le socle de toute la chaîne de production, car elles définissent précisément le contenu de la « base de référence », des deux bases cartes et de la représentation des cartes. 274 thèmes figurent sur la carte de base, et, pour chacun d'eux, les spécifications doivent décrire exactement comment les données sont définies, comment elles sont acquises, comment la mise en cohérence est effectuée, comment la dérivation s'effectue, comment la toponymie est gérée, comment les données sont représentées et finalement comment elles sont mises à jour. Un document fortement structuré est utilisé pour chacun des 274 thèmes et permet la bonne gestion de cette information volumineuse.

3 Une base géographique adaptée : la « base de référence »

3.1 Enrichissement de la BDTOPO® avec des données externes

La nouvelle BDTOPO®, base de données géogra-

phique de précision métrique, contient environ 70% des données nécessaires à la carte. Par exemple, elle ne contient pas les courbes de niveau, l'information touristique et certains thèmes d'occupation du sol. La BDTOPO® a été produite par stéréorestitution sans collecte terrain, donc l'information toponymique est incomplète. C'est pourquoi des données complémentaires sont requises. Il s'agit principalement de :

• Données fournies par des partenaires qui ont un accord avec l'I.G.N. : ainsi les chemins de grande randonnée (G.R.) seront fournis par la Fédération française de randonnée pédestre (F.F.R.P.). Les données d'occupation du sol relatives à la végétation sont fournies par l'Inventaire forestier national (I.F.N.).

• Données automatiquement extraites des anciennes planches mères scannées avec des techniques de traitement d'image : par exemple, les zones de sables sont ainsi extraites. Le processus consiste à analyser les poncifs sur les fichiers images pour en extraire des données vectorielles.

• Données sur le relief extraites d'une autre base de données I.G.N., la BDALTI®.

• Données issues d'un complètement terrain pour tout type d'information qu'on n'aura pas réussi à extraire par un autre moyen (notamment l'information touristique).

Toutes ces données hétérogènes ne sont pas cohérentes avec la BDTOPO®. Par exemple, les courbes de niveau et l'hydrographie ne sont pas cohérentes (fig. 3), les G.R. de la F.F.R.P. ne sont pas cohérents avec les chemins de la BDTOPO® (fig. 4) et les limites de forêt de l'I.F.N. ne suivent pas les réseaux de la BDTOPO® (fig. 5).

De telles incohérences doivent absolument être supprimées. En effet, une cohérence maximale est demandée pour différents aspects du processus de production :

• Pour la généralisation (cf. § 4.4) : si un tronçon de route ou de chemin doit bouger, tous les tronçons en partage de géométrie doivent bouger aussi (par exemple pour les G.R. en partage avec un chemin, pour les limites de forêt ou les limites administratives en partage avec une route, etc.).

• Pour la symbolisation : il est évidemment inesthétique de représenter des incohérences flagrantes sur une carte.

• Pour la mise à jour : le processus de propagation des mises à jour de la base géographique vers les bases cartographiques demande une parfaite structure topologique, donc sans incohérence.

3.2 Supprimer les incohérences avec un processus d'appariement

Pour supprimer les incohérences entre les données hétérogènes dans la « base de référence », le projet a décidé d'utiliser les principes de l'appariement automatique de réseaux proposé et implémenté au laboratoire COGIT de l'I.G.N. par [Mustière 2006] sur la plate-forme GeOxygene [Badard et Braun 2003]. Ce travail repose sur un processus en deux étapes : en premier lieu, les structures des réseaux sont transformées pour qu'elles soient similaires ; ensuite, les réseaux sont appariés avec un algorithme inspiré de l'approche de [Devogele 1997], basée sur un appariement des nœuds et des arcs topologiques. Ce processus a été porté dans l'environnement de travail du projet et utilisé pour mettre en cohérence les G.R. de la F.F.R.P. avec les chemins de la BDTOPO®. Des résultats sont illustrés sur la figure 4.

Quant à l'information d'occupation du sol, elle est traitée par un processus complexe développé au laboratoire COGIT et en cours d'industrialisation par l'équipe projet. Les données en entrée sont des surfaces de végétation fournies par l'I.F.N. Ces forêts ne sont pas cohérentes avec les réseaux. De plus, sur la carte, les haies doivent être représentées par des linéaires, ce qui n'est pas a priori possible avec ces données puisqu'elles sont toutes surfaciques. La première étape du processus consiste donc à détecter les haies avec un algorithme enchaînant des calculs de géométrie algorithmiques (dilatations, érosions, mesures d'élongation, de concavité et de densité) : se référer à [Touya et al. 2007] pour plus de détails. Ensuite ces haies surfaciques sont linéarisées par squelettisation (implémentation de l'algorithme de [Felkel and Obdrzalek 1998]). Enfin, les haies linéaires et les frontières des surfaces de végétation sont appariées automatiquement avec les réseaux et les mêmes outils d'appariement que ceux utilisés pour les G.R. Des résultats sont montrés sur la figure 5.

3.3 Enrichissement de la base géographique avec des données calculées

Pour permettre la dérivation la plus automatique possible des bases cartographiques à partir de la base géographique de référence, un enrichissement de celle-ci avec des données calculées est nécessai-

re ; ces données calculées sont notamment indispensables aux algorithmes de généralisation automatique (cf. § 4.4). Ces données sont portées par la « base de référence » car elles sont communes aux deux échelles (1:25 000 et 1:50 000) et n'ont pas un usage exclusivement cartographique. Le principal calcul concerne la modélisation des structures urbaines (villes, villages, hameaux, îlots) : ces structures permettent de décrire des phénomènes géographiques complexes, implicites, non collectés dans la BDTOPO®. Elles sont calculées avec les algorithmes de [Boffet 2000] basés sur des calculs de buffer et des découpages par les réseaux. Ces structures urbaines sont utilisées pour les calculs de généralisation (cf. § 4.4) et pour les algorithmes de placement automatique des toponymes (cf. § 4.5), puisqu'en liant un toponyme de lieu-dit par exemple à un objet surfacique, une plus grande latitude de placement est offerte. Un exemple de structures urbaines automatiquement calculées est montré sur la figure 6.

Après cette étape nous obtenons une base de données géographique bien adaptée : complétée, cohérente et enrichie, elle contient toute l'information nécessaire pour une dérivation la plus automatique possible de bases cartographiques aux échelles du 1:25 000 et du 1:50 000.

4 Dérivation des bases cartographiques 1 :25 000 et 1: 50 000

La « dérivation » d'une base de données cartographique à partir d'une base de données géographique est définie ici comme l'ensemble des opérations nécessaires jusqu'à la production finale d'une base cartographique directement éditable : la symbolisation des données géographiques, le filtrage des données non pertinentes pour l'échelle, la généralisation et le placement des toponymes. Toutes ces opérations sont construites sur un schéma multi-représentations adapté à la résolution des problèmes cartographiques et permettant une intégration aisée des mises à jour, sans être trop différent du schéma initial de la base géographique.

4.1 Le modèle de données

Les deux bases cartographiques au 1:25 000 et au 1:50 000 sont dérivées indépendamment de la "base de référence" géographique, selon la méthodologie exposée dans [Trévisan 2004]. Le schéma proposé permet d'instancier chacune des deux échelles de manière autonome. Les objets 1:25 000 vivent leur propre vie cartographique (symbolisation et généralisation notamment) indépendamment des objets 1:50 000. Cependant, chaque objet cartographique connaît son origine dans la base géographique grâce à une filiation des identifiants. Ce lien autorise une propagation automatique des mises à jour de la base géographique dans les bases cartographiques.

Le schéma proposé dans [Trévisan 2004] est basé sur le schéma initial de la base géographique. Chaque classe de la « base de référence » - qui elle-même reprend le schéma de la BDTOPO® - est liée avec deux classes cartographiques indépendantes, une pour le 1:25 000 et une pour le 1:50 000. Ces deux classes portent des champs purement cartographiques :

• Un attribut *symbolisation* donnant la représentation d'un objet conformément aux spécifications de la carte.

• Un attribut *écriture* donnant l'information toponymique quand elle existe, et des attributs relatifs au positionnement d'un toponyme par rapport à l'objet auquel il est lié.

• Si nécessaire, un objet porte aussi d'autres attributs cartographiques comme la rotation d'un symbole ou le décalage d'un tronçon.

Les classes impliquées dans le processus de généralisation peuvent être « divisées » pour mettre en relief les différences sémantiques qui ont un impact crucial pour la généralisation. Par exemple, la classe bâtiment de la base de référence est divisée en plusieurs classes dans le modèle de la base cartographique au 1:25 000 (et de même au 1:50 000) : une classe *bâtiment_ordinaire_25* dont les objets seront autorisés à bouger pendant le processus de généralisation, et une classe *bâtiment_important_25* dont les objets ne seront pas autorisés à bouger. La classe *bâtiment_important_25* est elle-même divisée en *bâtiment_important_ponctuel_25* et en *bâtiment_important_surfacique_25*, car certains bâtiments de la base géographique (tous surfaciques) peuvent être ponctualisés selon des critères cartographiques. Cette différenciation donne un accès direct aux géométries cartographiques.

4.2 La symbolisation

On appelle symbolisation l'opération de « remplissage » des bases cartographiques à partir de la base géographique. De manière simple, cela consiste à :

• Calculer l'attribut *symbolisation* indiquant la représentation d'un objet conformément aux spécifications de la carte. Cet attribut unique est souvent calculé par une combinaison de différents attributs de la base géographique. Par exemple, la symbolisation des routes dépend de leur nature, de leur classification et du nombre de voies.

• Choisir la classe de la base cartographique, conformément aux spécifications de la carte. Par exemple une église dont la largeur est supérieure à 50 m sera représentée par une géométrie surfacique au 1:25 000 et une géométrie ponctuelle au 1:50 000 (fig. 7).

• Calculer les attributs utilisés pour le placement automatique des écritures. Ces attributs donnent les positionnements possibles de l'écriture par rapport à l'objet que celle-ci renseigne. Ils dépendent de la taille de l'objet et de la taille de l'écriture : par exemple un nom de lac peut être complètement à l'intérieur du lac si le lac est suffisamment grand et l'écriture suffisamment courte, ou au contraire l'écriture sera mordante sur le bord du lac ou même extérieure au lac. Des algorithmes très précis donnent ces types de positionnements possibles.

4.3 Le filtrage

L'étape précédente de « symbolisation » crée des objets dans les bases cartographiques pour chacun des objets de la base géographique susceptibles d'être représentés sur la carte. Néanmoins, un filtrage simple doit être effectué afin de s'adapter aux critères de lisibilité de la carte. On ne parle pas ici de généralisation, car les algorithmes mis en œuvre sont triviaux et consistent simplement à éliminer certains objets. La principale opération de filtrage consiste à éliminer certaines impasses du réseau routier ; elle est particulièrement appliquée à l'échelle du 1:50 000. Un exemple de résultat des opérations de symbolisation et de filtrage est montré sur la figure 8, avec un effet visible du filtrage au 1:50 000.

L'intérêt du modèle de données utilisé réside dans le fait qu'on peut éliminer sans conséquence les objets cartographiques, puisqu'ils peuvent être recréés à partir des objets géographiques.

4.4 La généralisation

Les opérations de généralisation sont celles qui consomment le plus de temps, spécialement à l'échelle du 1:50 000 (pour mémoire, les données initiales sont de précision métrique, ce qui correspond à une échelle du 1:10 000 quand on les cartographie en l'état). L'étape de généralisation est la plus complexe dans la chaîne de production. Cet article ne traite pas en détail du processus de généralisation puisqu'une littérature abondante existe sur le sujet, se référer par exemple à [Duchêne et Regnauld 2002], [Gaffuri et Trévisan 2004], [Lecordix et al. 2006]. En quelques mots, le projet « Nouvelle carte de base » a décidé d'utiliser pour ses premiers prototypes deux types de processus, un pour la généralisation des bâtiments, l'autre pour la généralisation des réseaux.

Pour la généralisation des bâtiments, la seule technique de généralisation qui a prouvé sa faisabilité jusqu'à maintenant a été mise en œuvre : il s'agit de la technique « multi-agents » proposée dans le modèle de [Ruas 1999] ; ce modèle utilise un niveau « méso » représentant les phénomènes géographiques qui ne sont pas modélisés dans la base initiale, même si la personne lisant la carte les perçoit. Ce niveau « méso » est implémenté par les structures urbaines générées dans la base géographique de référence (cf. § 3.3) et créées dans la base cartographique pendant l'étape de symbolisation. Cette technique « multi-agents » a permis la production de premiers prototypes de carte avec la nouvelle chaîne. Ainsi, une base cartographique généralisée au 1:50 000 couvrant l'emprise d'une carte a été entièrement produite à partir de la base géographique de référence en environ 5 heures de processus. La carte ainsi produite a été comparée à une généralisation manuelle et les cartographes ont apprécié positivement les résultats : si des différences locales apparaissent, le paysage général est bien rendu (fig. 9).

Pour la généralisation des réseaux, la technique des « beams » a été choisie [Bader 2001]. Ce modèle permet d'améliorer la lisibilité des réseaux grâce à une analogie avec des mécanismes de minimisation d'énergie. Le processus a été implémenté à l'I.G.N. pendant le projet « Carto 2001 » pour produire les cartes au 1:100 000 à partir de la BDCARTO® [Jahard et al. 2003] et est actuellement en cours d'implémentation dans la chaîne de production « Nouvelle carte de base » ; les premiers résultats intermédiaires sont encourageants.

4.5 Le placement automatique des toponymes

Le problème d'un placement automatique efficace des toponymes a été résolu pendant le projet « Carto 2001 ». Un logiciel développé en interne est

utilisé à l'I.G.N., implémentant les méthodes proposées par [Lecordix et al. 1994] et [Barrault 1998]. L'outil prend en compte la position des écritures voisines et le fond cartographique pour placer précisément les écritures ; plus les toponymes sont liés aux objets, mieux ils sont placés, c'est pourquoi l'utilisation des structures urbaines est cruciale (cf. § 3.3.), puisque de nombreux toponymes peuvent être liés à de telles structures (il s'agit de tous les noms de lieux-dits, hameaux, villages, villes). Sur les premiers prototypes de la chaîne, environ 90% des toponymes sont placés automatiquement de manière satisfaisante sur une carte au 1:25 000 en 5 heures de calcul.

5 Propagation des mises à jour

Le but ultime de la chaîne de production est de mettre en œuvre un processus efficace de propagation des mises à jour issues des bases géographiques dans les bases cartographiques.

5.1 L'existant

Un mécanisme de propagation des mises à jour entre bases de données géographiques a été proposé par [Badard et Lemarié 1999] et implémenté sur un prototype de recherche au laboratoire COGIT de l'I.G.N. Les résultats de cette expérience ont été industrialisés par le projet « Carto 2001 » qui permet d'intégrer les mises à jour de la BDCARTO® dans les cartes au 1:100 000. Le processus génère un gain de temps important puisque la mise à jour automatique d'une carte prend 60 heures au lieu de 300 heures avec un mécanisme manuel [Lecordix et Lemarié 2007]. Ces solutions de recherche et de production sont efficaces mais ne sont ni génériques, ni portables : elles sont spécifiques à des produits précis et dépendent des logiciels S.I.G. utilisés. Basés sur les travaux précédents, les modèles et les fonctionnalités pour une solution portable et générique on été proposés par [Braun 2004].

5.2 Les données différentielles

Les données de mise à jour sont fournies sur la BDTOPO®, la principale source de la « base de référence ». Elles reflètent les changements réels sur le terrain collectés par les topographes. Chaque objet ainsi collecté porte une information de mise à jour, indiquant s'il s'agit d'un objet créé, détruit ou modifié. En cas de modification, les attributs modifiés avec leur ancienne et leur nouvelle valeur sont indiqués. En cas de modification géométrique, un lien vers l'ancienne géométrie est fourni. Les cas de scissions et de fusions d'objets sont aussi gérés. Pour les autres sources de données de la « base de référence », comme les données fournies par des partenaires, le contenu et la forme de l'information de mise à jour ne sont pas encore définis.

5.3 La propagation des mises à jour

La première étape consiste à propager les mises à jour de la BDTOPO® dans la « base de référence», ce qui est permis par la filiation des identifiants (cf. § 4.1). Un filtrage est tout d'abord effectué pour éliminer les mises à jour de la BDTOPO® qui ne sont pas pertinentes pour la « base de référence ». Ensuite, le processus consiste à refléter dans la « base de référence » les créations, destructions et modifications des objets de la BDTOPO®. Puisque la BDTOPO® et la « base de référence » sont toutes deux des bases géographiques d'égale précision, cette opération est assez aisée.

La seconde étape consiste à propager les mises à jour de la « base de référence » dans les bases cartographiques. Cette étape est plus complexe car les résultats de la généralisation doivent être considérés. Le but est de ne pas déclencher une nouvelle généralisation sur toute la carte (opération coûteuse en temps), mais de ne généraliser que localement autour des zones mises à jour. Des travaux sont actuellement en cours pour mettre au point les algorithmes adéquats. Deux pistes sont suivies :

Propagation de la mise à jour d'un bâtiment : la solution serait de ne généraliser que la structure urbaine à laquelle appartient le bâtiment.

Propagation de la mise à jour d'une route : la solution serait d'appliquer une déformation afin de reproduire le déplacement induit par la technique des « beams ».

6 Conclusion et perspectives

Le projet « Nouvelle carte de base » de l'I.G.N. conçoit une nouvelle chaîne de production fortement automatisée pour générer les bases de données cartographiques France entière, destinées à éditer les cartes au 1:25 000 et au 1:50 000 à partir d'une base de données géographique. La BDTOPO®, base géographique de précision métrique, est complétée avec d'autres sources de données pour constituer une « base de référence » dans laquelle les incohérences sont supprimées. La « base de référence » est ensuite enrichie avec des données calculées, utiles à la dérivation automatique des bases cartographiques au 1:25 000 et au 1:50 000. Cette dérivation enchaîne des étapes de symbolisation, filtrage, généralisation et placement des toponymes. La chaîne doit aussi permettre une propagation automatique des mises à jour de la base géographique dans les bases cartographiques.

Tous ces processus automatiques sont le résultat d'une industrialisation de travaux de recherches matures, issus principalement (mais pas seulement) du laboratoire COGIT de l'I.G.N. Cette industrialisation consiste à intégrer, corriger et améliorer les développements réalisés dans des prototypes de recherche, dans un environnement robuste et convivial capable de traiter de grands volumes de données.

Les bases cartographiques finales sont stockées sous une forme vecteur respectant les recommandations de l'Open Geospatial Consortium (O.G.C.), grâce au système gestionnaire de base de données (S.G.B.D.) open-source PostgreSQL et son module spatial PostGIS [PostGIS 07]. La couverture complète du territoire français devrait être achevée dans la prochaine décennie.

Ces bases cartographiques vecteur France entière permettront non seulement la génération de cartes papier ou de cartes numériques raster, mais aussi la définition de futures services cartographiques évolués (services Web par exemple) : un utilisateur pourra non seulement choisir l'échelle et l'emprise d'une zone dont il souhaite la cartographie (ce qui est déjà possible avec les scans), mais aussi choisir le contenu et la légende de ses données cartographiques. D'autres services sont imaginables. Avec de telles opportunités, les travaux sur la définition de légendes automatiques actuellement entrepris au laboratoire COGIT [Chesneau 2006] sont tout à fait essentiels.

Bibliographie

Badard T., Braun A., 2003, "OXYGENE: an Open Framework for the Deployment of Geographic Web Services", dans *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC).*, Durban, South Africa, p. 994-1004.

Badard T., Lemarié C., 1999, "Propagating Updates Between Geographic Databases with Different Scales", dans Atkinson P, Martin D., ed., *Innovations in GIS VII: GeoComputation*, London,Taylor and Francis, chap. 10.

Bader M., 2001, *Energy Minimization Methods for Feature Displacement in Map Generalization*, Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde, Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Universität Zürich.

Barrault M., 1998, *Le placement cartographique des écritures : résolution d'un problème à forte combinatoire et présentant un grand nombre de contraintes variées*, thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée.

Boffet A., 2000, *Méthode de création d'informations multi-niveaux pour la généralisation cartographique de l'urbain*, thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée.

Braun A., 2004, "From the schema matching to the integration of updating information into user geographic databases", dans *Proceedings of the 12th Conference on Geoinformatics,* Gävle, Sweden, June 2004, p. 211-218.

Chesneau E., 2006, *Modèle d'amélioration automatique des constrastes de couleurs en cartographie,* thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée.

Devogele T., 1997, *Processus d'intégration et d'appariement de bases de données géographiques. Application à une base de données routières multi-échelles*, thèse de doctorat, Université de Versailles.

Duchêne C., Regnauld N., 2002, « Le modèle AGENT », dans *Généralisation et représentation multiple,* Hermès Lavoisier , chap. 21, p. 369-386.

Felkel P., Obdrzalek S., 1998, "Straight Skeleton Implementation", dans *14th Spring Conference on Computer Graphic*, Budmerice, Slovakia, April 1998, p. 210-218.

Gaffuri J., 2007, "Field deformation in an agent-based generalisation model: the GAEL model", dans *GI days, Young Researchers Forum*, Münster, Germany, September 2007. À paraître.

Geoportail, 2007, *Page d'accueil,* http://www.geoportail.fr/ .

Jahard Y., Lemarié C., Lecordix F., 2003, "The Implementation of New Technology to Automate Map Generalisation and Incremental Updating Processes", dans *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC)*. Durban, South Africa, August 2003, p. 1449-1459.

Lecordix F., Lemarié C., 2007, “ Managing Generalisation Updates in IGN Map Production”, dans Mackaness W.A., Ruas A., Sarjakoski L.T. , ed. *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications*., Elsevier / ICA-ACI, p. 285-300.

Lecordix F., Plazanet C., Chirié F., Lagrange J.-P., Banel T., Cras Y., 1994, « Placement automatique des écritures d’une carte avec une qualité cartographique », dans *Actes du 6e Rendez-vous européen des acteurs de l’Information géographique numérique MARI*, Paris, 1994, p. 22-32.

Lecordix F., Trévisan J., Le Gallic J.-M., Gondol L., 2006, “Clarity experimentations for cartographic generalisation in production”, dans *ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation,* Portland, USA, June 2006, http://ica.ign.fr .

Mustière S., 2006, “Results of experiments on automated matching of networks”, dans *Proceedings of the ISPRS Workshop on Multiple Representation and Interoperability of Spatial Data*, Hanover, Germany, February 2006, p. 92-100.

PostGIS, 2007, *Home page*, http://postgis.refractions.net .

Ruas A., 1999, *Modèle de généralisation de données géographiques à base de contraintes et d’autonomie*, thèse de doctorat, Université de Marne-la-Vallée.

Touya G., Duchêne C., Mustière S., 2007, « Généralisation et intégration pour un fond vert commun entre l’IFN et l’IGN », soumis à *Revue internationale de géomatique.*

Trévisan J., 2004, “From DLM to multi-representation DCM, modelling and application on buildings”, dans *ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation,* Leicester, UK, August 2004, http://ica.ign.fr .

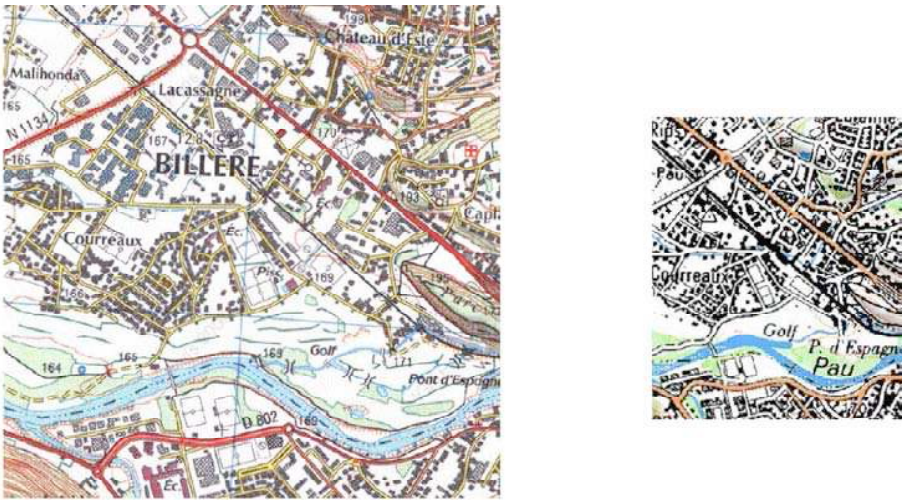

Figure 1 : Extraits de cartes au 1:25 000 et au 1:50 000

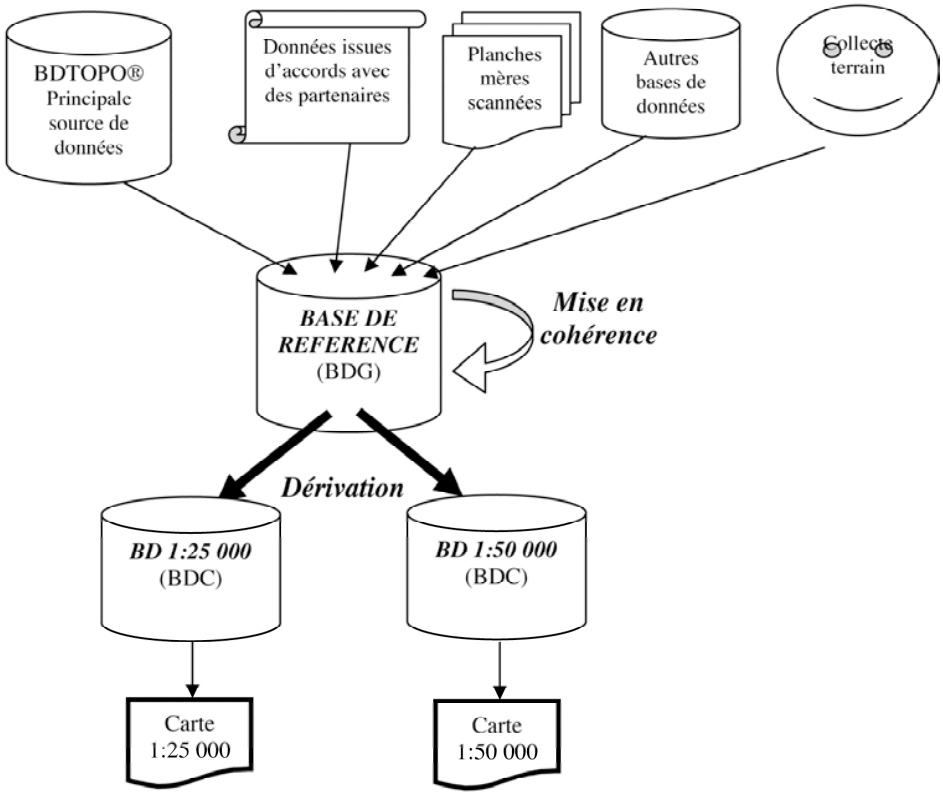

Figure 2 : Vue d'ensemble de la chaîne de production

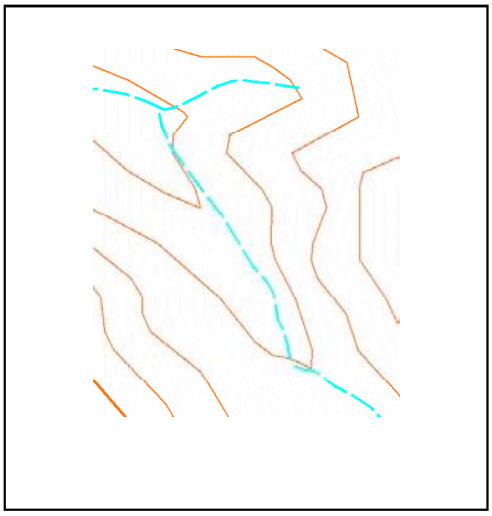

Figure 3 : Exemple d'incohérence entre des courbes de niveau (bistre) et une rivière (bleu) : la rivière ne coule pas dans le talweg

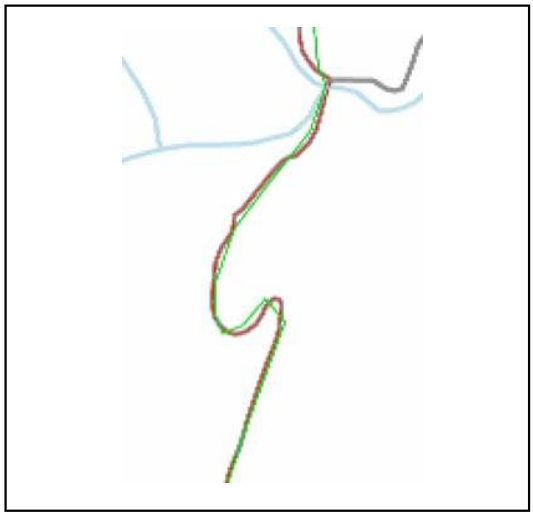

Figure 4 : Exemple d'appariement (en vert les tron - çons initiaux fournis par le partenaire, en gris les chemins de la BDTOPO® de l'I.G.N., en rouge le résultat de l'appariement automatique) : tout est recalé sur la BDTOPO®)

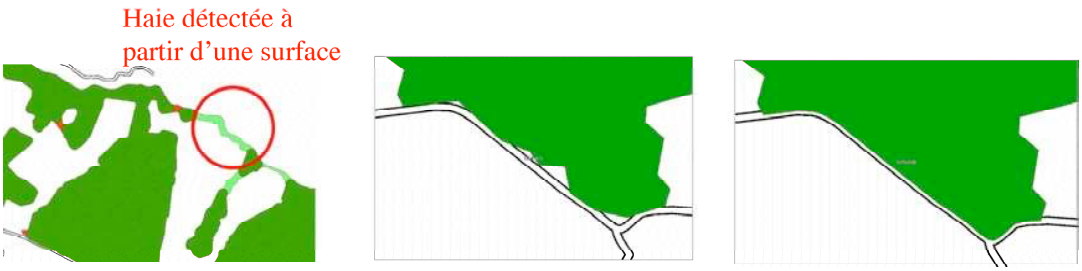

Figure 5 : Processus automatique sur les forêts. Les haies sont détectées (à gauche), les bords sont appariés avec les réseaux (à droite)

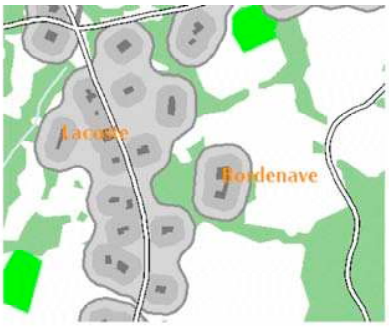

Figure 6 : Structures urbaines automatiquement calculées

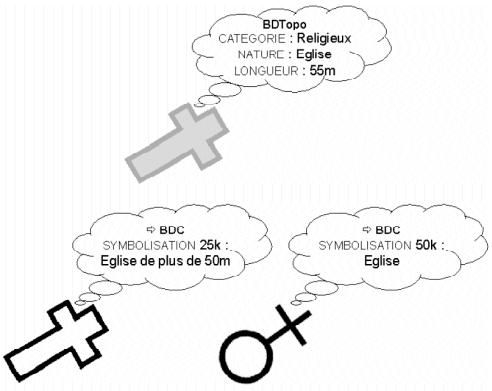

Figure 7 : Symbolisation des églises (d'après [Trévisan 04])

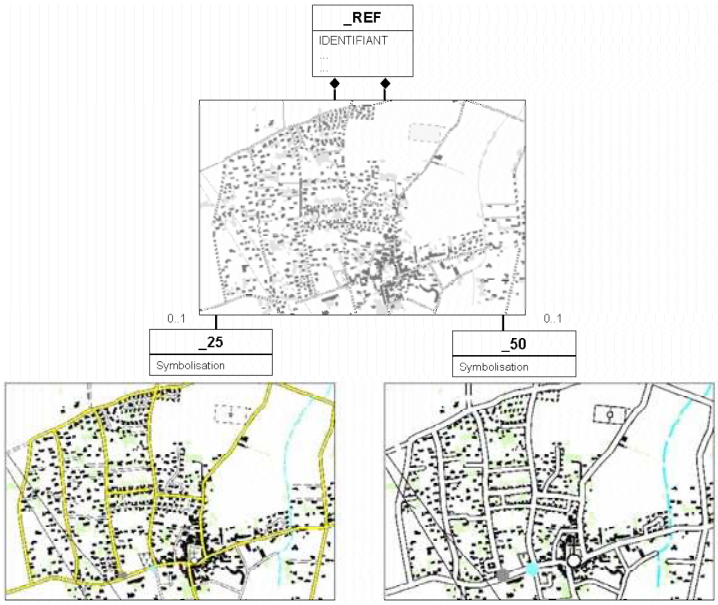

Figure 8 : Symbolisation et filtrage des bases cartographiques 1:25 000 et 1:50 000, d'après [Trévisan 2004]

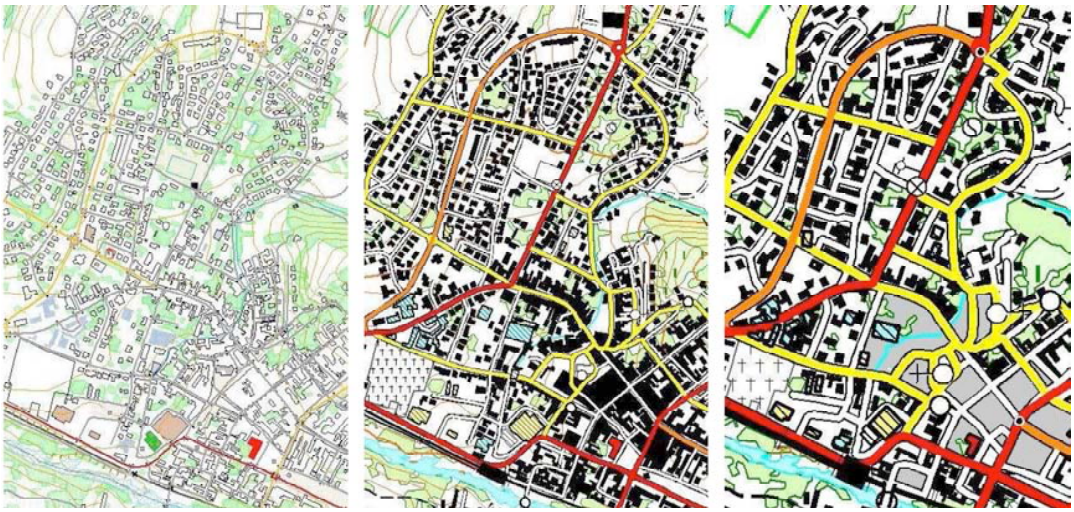

Figure 9 : Généralisation des bâtiments au 1:25 000 (centre) et au 1:50 000 (droite) après dérivation de la « Base de référence » (gauche)