

ession – dans la profession – dan

La BD  
topographique®

Christophe Dekeyne  
IGN

### INTRODUCTION

La couverture de la troisième carte de base du Territoire, après celle de Cassini et celle dite "de l'État Major", l'actuelle carte de base à 1 : 25 000 s'est achevée en 1980. Mais dès la fin des années 1960, l'IGN a commencé à réfléchir à l'apport de l'informatique pour la modernisation de ses outils de production. La première application concrète fut la création de la base de données altimétriques (BD ALTI®), entre 1977 et 1984, par numérisation des courbes de niveau du 1 : 25 000.

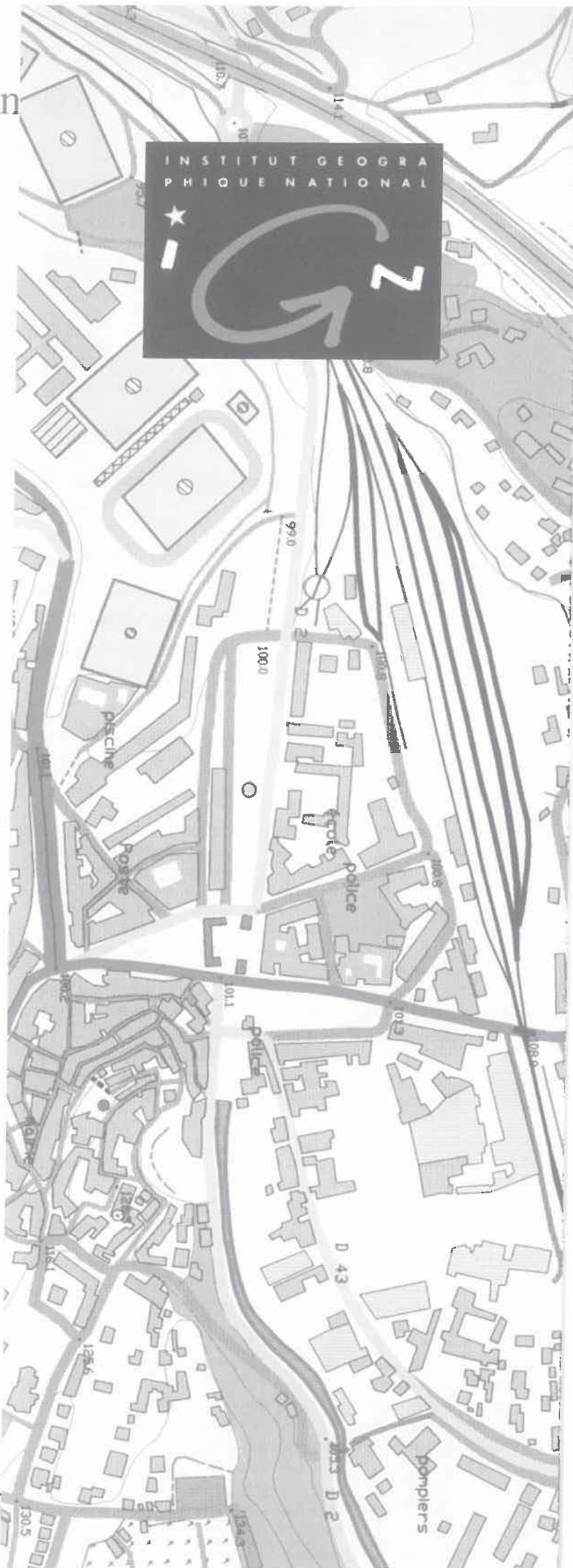
Le projet complet d'une nouvelle cartographie numérique sur l'ensemble du territoire aura mis pratiquement 10 ans à se lancer. Entre 1982, date de la création de la Commission Nationale de l'information Géographique qui engagera ce projet et 1991, date de la sortie de la première feuille BDTopo, les actions marquantes ont été les suivantes :

– en 1984, la décision fut prise de lancer un projet de base de données topographiques dont l'objectif prioritaire était la production par voie automatique de la carte à 1 : 25 000, et corrélativement de celle à 1 : 50 000. L'intérêt de cette base de données pour la réalisation d'un plan de base à grande échelle était également souligné.

– en 1987, à la suite d'une enquête menée par le CNIG auprès de 600 utilisateurs potentiels, les premières spécifications de la BDTopo ont été rédigées et validées. Il faut cependant noter que les besoins exprimés étaient relatifs à un plan topo foncier numérique plutôt qu'à une base de données topographiques.

– entre 1987 et 1991, l'IGN s'est attaché à réorganiser totalement son outil de production autour du projet de saisie de la BDTopo qui était parti pour durer une trentaine d'années. Durant cette période, de nombreux essais de saisie ainsi que la restitution effective de quelques feuilles, avec les moyens de production de l'époque, ont été réalisés.

Où en sommes-nous en 1997 ? Cet article tentera de faire un point complet sur l'avancement du projet (spécifications du produit BD TOPO®, produits, moyens de production, avancement de la production, diffusion et utilisation qui en est faite à l'extérieur).



## SPÉCIFICATIONS DE LA BASE DE DONNÉES

La BD TOPO® correspond globalement au contenu traditionnel de la carte au 1 : 25 000 avec une précision bien supérieure. La source principale de l'information étant une saisie photogrammétrique, la plupart des points de la base sont connus par leurs 3 coordonnées. Détaillons ces spécifications selon trois aspects : le contenu, la structure et la qualité.

Le contenu de la BD TOPO® a été défini à la suite de l'enquête effectuée par le CNIG en 1986 (*cf. introduction*). Les objets retenus (190 classes d'objets) peuvent être présentés par regroupement en dix thèmes, pour plus de clarté :

Voies de communication routières : routes, chemins, sentiers.

Voies ferrées - Transport d'énergie : électrique et matières premières

Hydrographie : cours d'eau, lacs...

Lignes et limites diverses : murs, talus, haies

Bâtiments - Équipements divers : bâtiments, mairies, écoles, stades...

Végétation : bois, broussailles, vignes, vergers.

Orographie : lignes caractéristiques (cuvettes, glaciers.)

Limites administratives : communes, arrondissements.

Toponymie : les noms de certains objets et des noms traditionnels de la carte, non-attachés à un objet de la base.

Altimétrie : points cotés, courbes de niveau...

La structure de la base fait intervenir les notions de modèles de données, de niveau, de couche et de topologie. Ainsi les thèmes sont répartis en 2 couches topologiquement indépendantes. La couche planimétrique regroupe les neufs premiers thèmes. La couche altimétrique comporte le seul thème Altimétrie. Les 2 couches ainsi définies sont géométriquement et topologiquement indépendantes.

À l'intérieur de chacune de ces 2 couches, les informations sont structurées en 2 niveaux. Cette structure est décrite par un modèle de données :

- le niveau géométrique est composé de surfaces, d'arcs (composés de points) et de sommets. Ces informations composent un graphe.

- Le niveau sémantique, ou chaque objet présent dans la BDTopo est décrit. Un objet appartient à une classe d'objet (par exemple TRONÇON-ROUTE) et possède des attributs (par exemple "nombre de voies", "importance"). La plupart des objets de la BDTopo sont des objets simples. Ils sont reliés dans la base de données à un ou plusieurs éléments du niveau géométrique du même type (surfaces, arcs ou sommets). Il existe également quelques objets complexes, qui sont composés d'objets simples et possèdent des attributs. Les C-ROUTE (par exemple la Nationale 7) va être composée de plusieurs objets TRONÇON-ROUTE qui vont correspondre à des viabilités différentes. Enfin, quelques liens sémantiques sont gérés entre différentes classes d'objet, notamment des liens indiquant les niveaux de franchissement entre différents objets (par exemple, une route "passe-sur" ou "passe-sous" un pont).

La précision géométrique de la BDTopo est de l'ordre du mètre sur les objets clairement identifiés, aussi bien en altimétrie qu'en planimétrie. Pour chaque entité de la BDTopo (objet, attribut, lien), des critères de qualité attendus sont rédigés dans les spécifications. Il concerne aussi bien la précision géométrique que la précision sémantique de ces entités.

La BDTopo est la plus volumineuse de nos bases de données. À terme, elle devrait représenter environ 500 Go de données (au format EDIGéO) sur l'ensemble du territoire. Mais il est plus juste de dire que la BDTopo est une juxtaposition de base de données, chacune correspondant à un rectangle du découpage à 1 : 50 000 traditionnel. Les raccords entre ces 1 096 bases de données sont assurés tant au niveau descriptif que géométrique, toutes les différences devant être justifiées par les différences de dates des prises de vue.

## GAMME DE PRODUITS ET DISPONIBILITÉS

Forte de ces critères de précision et d'exhaustivité, la BDTopo doit pouvoir constituer le référentiel géographique utile à tout projet d'équipement ou d'aménagement, de la Commune au Département. C'était là en tout cas le deuxième objectif de la constitution de cette base de données après la réalisation d'un nouveau 1 : 25 000. Pour cela, une première gamme de produits, tant graphiques que numériques est proposée à la clientèle.

Actuellement sur le marché professionnel, trois types de produits numériques sont offerts et un produit graphique :

- la BD TOPO® gestion, dont le contenu et la structure des données sont similaires à ce qui est fabriqué dans les ateliers de production. Ce produit est proposé au format EDIGéO, standard français d'échanges de données numériques. Récemment, une version simplifiée (Gestion B) a été élaborée pour s'intégrer facilement sur les principaux SIG du marché.

- la BD TOPO® vision qui se voulait à l'origine plus proche de la demande actuelle, est destiné avant tout à générer toute sorte de dessins et de cartes. Le contenu est réduit, la structure des données est simple et le format d'échange est le format DXF, standard industriel de fait.

- le BD TOPO® MNT, modèle numérique de terrain calculé à partir des courbes de niveau de la BDTopo.

- Fort de sa précision métrique, la BDTopo peut servir de fond topographique à tout levé d'étude dont l'échelle varierait du 1 : 5 000 au 1 : 25 000. Un produit graphique au 1 : 5 000, le plan BD TOPO® qui représente l'ensemble du contenu de la BDTopo dans une symbolisation originale a été défini.

L'utilisation de ces formats standards ne suffit pas pour répondre à l'attente des utilisateurs : Ils ne sont, pour bon nombre d'entre eux, ni informaticiens ni cartographes et souhaitent s'affranchir de contraintes de chargement et d'édition de nos données.

- L'opération SAPHIR, lancée en 1993, doit conduire à l'apparition sur le marché de logiciels qui intègrent sans aucun problème les données BD TOPO® vision et permettent sans effort de soigner leurs présentations.

- Une autre démarche visant à proposer des produits standards aux formats compatibles avec les principaux SIG du marché est en cours.

## PROCESSUS DE PRODUCTION

La chaîne de production de la BDTopo doit se voir comme le résultat d'une mutation du processus de fabrication de la Carte de Base, mais non comme un bouleversement : le découpage en cinq grandes phases de travail est resté (prises de vue aériennes, aérotriangulation, restitution photogrammétrique et complètement sur le terrain). Même si les métiers attachés à chacune de ces phases de travail ont évolué, ont intégré la manipulation d'outils informatiques, le savoir-faire et les connaissances de base sont toujours nécessaires !

Seule la cartographie classique, dernière étape du processus ancien, a été remplacée par des traitements informatiques liés à la fabrication de données numériques, le contrôle de ces données, la structuration et leur mise au format d'archivage. Ces données sont ensuite exploitées pour la fabrication du nouveau 1 : 25 000, la nouvelle Carte de Base issue de la BDTopo.

Le Service de l'Information Topographique (SIT - 300 personnes) est le service maître d'œuvre de la fabrication de ce produit et assure les principales tâches de production mais fait appel à quatre sous-traitants internes dans le processus :

D'abord, le Service des Activités Aériennes réalise les couvertures aériennes au 1 : 30 000 ou 1 : 20 000 des chantiers du programme BDTopo de l'année, élaboré par MODV et la DC. Chaque chantier correspond à une coupe 1 : 50 000 du territoire, ce qui représente en moyenne une surface de 550 km<sup>2</sup>. Un programme annuel BDTopo, c'est actuellement une cinquantaine de nouveaux chantiers.

Vient ensuite la réalisation de la stéréopréparation et de l'aérotriangulation de chacune des missions photographiques, c'est-à-dire la détermination, pour chacun des clichés, de coordonnées précises de points repérables sur les clichés, sans lesquels l'exploitation cartographique de la mission photo est impossible. Le SPCN réalise également les opérations de numérisation des clichés pour les besoins des unités de production numériques (voir ci-dessous).

C'est à ce niveau que le SIT débute son travail : chaque atelier (les LPI, au nombre de neuf) a un programme de cinq chantiers par an à réaliser, chacun représentant environ 5 500 heures de travail.

La restitution, la mission de terrain, la numérisation du complètement (ces deux dernières étant en cours de remplacement par le complètement numérique) et la mise en base sont les quatre phases de travail qui s'étaleront sur 1,5 à 2,5 années en LPI. Chacune de ces phases a évolué techniquement entre 1991 et 1997. On a principalement observé :

- l'apparition progressive de la photogrammétrie numérique : il y a maintenant trois ateliers de production équipés de ce type d'appareil qui permettront progressivement d'automatiser la saisie de certains thèmes. En 1998, des premières saisies semi-automatiques de courbes de niveau seront réalisées dans ces ateliers. Ces appareils, intégrés par la société SYSECA, sont une association entre l'appareil photogrammétrique numérique d'HELAVA et le SIG Géocity de NMG.

- la fusion des phases de complètement et de numérisation de ce dernier. Maintenant, les topographes emmènent sur des PC portables un extrait de la base de

données correspondant à leur zone de travail. Ils peuvent ainsi directement numériser ce qu'ils ont collecté et ne pas procéder à une phase de mise au net de leurs documents en vue d'une numérisation ultérieure. Le SIG choisit pour ces opérations est GEO CONCEPT d'ALSOFT.

Vient ensuite l'archivage des données finales de la BDTopo sur le serveur général de l'IGN puis la diffusion de produits numériques (BD TOPO® gestion et vision) vers nos clients internes, ou externes. La diffusion inclut les activités de conditionnement des produits livrés.

## LA QUALITÉ EN PRODUCTION BDTopo

Pour obtenir, à la sortie des LPI, une feuille BDTopo dont la qualité soit conforme à ce que l'on attend, le SIT s'est donné un certain nombre de procédures et d'outils. L'état d'esprit qui a guidé la réflexion sur ce sujet est "l'assurance qualité", c'est-à-dire que l'on cherche à identifier systématiquement les causes possibles de non-qualité, et à y remédier. La qualité d'une feuille BDTopo est le résultat du travail des opérateurs d'une LPI, dans le cadre du système d'assurance qualité ; l'entretien et l'évolution de ce système sont deux tâches essentielles de l'équipe produit BDTopo. Elles se déclinent en la rédaction de procédures de contrôle, de documentation opérateur, de plan de formation. Dans le même état d'esprit, des missions d'assistance technique au chef de mission ont été définies.

La démarche qualité entreprise pour la production de la BDTopo inclut de plus en plus de ces procédures d'assurance qualité mises en place a priori, des contrôles qualité, permettant de vérifier a posteriori le résultat final obtenu. Le contrôle final est le seul moyen de connaître la qualité du produit, et de valider les procédures d'assurance qualité mises en place. Connaître la qualité de la BDTopo est indispensable.

Le contrôle s'effectue en fin de chaîne de production, c'est-à-dire sur les données finales. Le terrain réel filtré par les Spécifications à une date donnée est appelé terrain nominal. La qualité d'un jeu de données géographiques est l'écart entre ce jeu de données et le terrain nominal.

La qualité se mesure au moyen de critères ; jusqu'à présent les évaluations successives ont permis d'estimer puis d'affiner les chiffres des critères de qualité. Ces chiffres sont désormais des objectifs de production.

## L'AVANCEMENT DE LA PRODUCTION

La saisie de la BDTopo est une entreprise de très longue haleine. La carte qui présente l'avancement de la saisie de la BDTopo montre bien l'ampleur du travail restant à faire. Au 1er janvier 1998, environ 14 % du territoire a été couvert (représentant plus de 50 % de la population : les zones urbaines ont été saisies les premières). L'avancement de la saisie initiale, malgré l'extension du potentiel de production et la sous-traitance qui doit se mettre en place, est ralenti par les besoins de mise à jour des données, tant pour nos clients existants que potentiels, qui souhaitent à juste titre disposer de données actualisées.

D'abord prévu pour s'étaler sur 30 ans puis 15 ans, les dernières prévisions les plus réalistes font état de 20 ans pour couvrir tout le territoire national, à partir de

1991. Les estimations les plus optimistes ne prévoient donc pas de fin de réalisation de la BDTopo dans sa forme actuelle avant 2010.

### LA MISE À JOUR DE LA BDTOPO

Pour mettre à la disposition des usagers des informations topographiques aussi proches que possible de la réalité, il est nécessaire d'actualiser régulièrement la base de données topographiques. Afin de répondre à cet objectif, un processus de mise à jour a été mis en place. Le produit BD TOPO® résultant d'une mise à jour est théoriquement équivalent à celui qui serait issu d'une saisie initiale à la même date. Le travail consiste bien sûr à actualiser la zone en fonction des évolutions du paysage, mais aussi à mettre à niveau les anciennes données en fonction des spécifications en vigueur à la date de la mise à jour.

Le processus de production s'apparente à celui de la saisie initiale. Une restitution photogrammétrique permet de saisir la géométrie des évolutions ; leur identification est facilitée par l'utilisation d'appareils de restitution permettant une superposition stéréoscopique de l'ancienne base de données sur les nouvelles photographies aériennes. Ensuite, un passage sur le terrain permet de vérifier, renseigner et éventuellement de lever tout ce qui n'est pas visible sur les photos.

La principale difficulté de la mise à jour est de définir précisément le travail des opérateurs dans le but de faire de la qualité sans faire de la sur-qualité. En effet, les outils actuellement utilisés permettent d'identifier les moindres erreurs ou imprécisions de l'ancienne base de données, il est donc nécessaire de déterminer les seuils à partir desquels une reprise est nécessaire.

Le coût de production de la mise à jour de la BDTopo est encore relativement élevé, il correspond à quarante pour cent de celui d'une saisie initiale. Il devrait rapidement baisser grâce à des améliorations du processus et à une meilleure formation du personnel à cette nouvelle technique.

Les données de la BDTopo seront ainsi actualisées selon un rythme moyen de huit ans ; ce rythme sera variable selon l'évolutivité de la zone : quatre ans lorsqu'elle est très évolutive et douze ans si elle l'est peu.

Les outils de production évolueront très certainement dans les années à venir. Leur ergonomie est sans doute le point faible actuel. Il est d'ores et déjà prévu d'adapter le processus de mise à jour à la chaîne "tout numérique". L'utilisation d'ortho-images est également envisagée, de même que l'adaptation des méthodes de révision classique ou l'utilisation de travaux de recherche dans le domaine des images numériques.

La mise à jour est l'avenir de la BDTopo, c'est grâce à elle que le produit conservera toute son actualité. Dans les prochaines années, le nombre de feuilles produites par ce processus augmentera considérablement ; selon les estimations actuelles, en 2010, les deux tiers de la production BDTopo seront de la mise à jour.

### LES PRINCIPALES UTILISATIONS DE LA BDTOPO

Le produit BD TOPO® peut être utilisé pour une large gamme d'applications : aménagement du territoire, urbanisme, architecture, gestion routière, gestion de réseaux, transport, environnement, paysage, secours, incendie,

risque naturels, nuisances sonores, cartographie... Ses utilisateurs sont tout aussi variés : villes, prestataires de services rattachés à des collectivités locales, parcs naturels, districts, communautés urbaines, conseils généraux, DDE, DDAF, conseils régionaux.

Jusqu'en 1995, l'essentiel de la diffusion de la BD TOPO s'est fait auprès de trois Conseils Généraux de l'Hérault, du Vaucluse et de la Martinique. Depuis, les utilisateurs se sont diversifiés et même si leur nombre et la surface de données diffusées sont encore faibles, de nombreux signes encourageants ont été observés ces deux dernières années :

- la création d'un cercle utilisateurs BD TOPO qui se réunit deux fois par an.

- le lancement de trois opérations pilotes. La première en milieu rural (avec 12 organismes de Vendée), la deuxième avec le Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais sur le parc naturel régional et la troisième sur la gestion d'un POS dans le conseil Général du Bas-Rhin.

- une application de gestion contre le bruit a été développée d'abord sur la ville de Châlon-sur-Saône puis maintenant en Île de France (DREIF).

- La DDE de Thann dans le Haut-Rhin a acquis la BD TOPO® pour détecter et prendre en compte rapidement les projets d'aménagement du territoire de la zone. Ces nouvelles méthodes de gestion pourraient être étendues à d'autres subdivisions.

- en octobre 1996, un protocole a été signé entre l'IGN et l'OGÉ pour l'exploitation des données BDTopo. Un plan de formation va être mis en place à l'usage des cabinets de géomètres souhaitant signer ce protocole. Les principales applications visées dans le métier des géomètres sont la gestion de la voirie communale, la gestion du POS, l'établissement de plan de recollement, l'établissement de plan de préventions des risques (PPR) en particulier dans le domaine de l'eau, la lutte contre le bruit et la pollution.

- fin 1997, acquisition par les services de l'équipement de l'Île-de-France (DREIF) de la BD TOPO® sur 9 540 km<sup>2</sup> de la région.

- début 1998, acquisition par un groupe de 25 utilisateurs de la BDTopo sur l'ensemble de l'île de la Réunion.

### CONCLUSION

Malgré ces signes encourageants, les délais de réalisation et le coût de fabrication (et de mise à jour) du produit actuel restent un frein au développement de la diffusion de la BDTopo, notamment en zone rurale. De nombreuses réflexions sont en cours actuellement pour réduire les délais de couverture du territoire et accroître notre réactivité pour la mise à jour.

À plus long terme, la définition de nouveaux produits issus de la BDTopo dépendra bien sûr des résultats commerciaux sur la gamme actuelle, mais on peut déjà raisonnablement penser que cette gamme de produits se verra plus souple et plus simple à utiliser par le client, comprendra un service "accompagnement de livraison" et sera dotée d'un réel Service Après Vente.

Bien sûr, toutes ces perspectives optimistes ne pourront se réaliser que si l'IGN garde le cap sur la BDTopo et si le produit s'impose à l'extérieur comme référentiel géographique numérique.