

INTRODUCTION

I. OBJECTIF DU TRAVAIL

Les vues photographiques et les images figurant une partie ou la totalité de la Terre, enregistrées depuis des véhicules spatiaux divers - capsules, satellites, navettes -, sont devenues en quelque trente ans une forme d'iconographie familière. Tout d'abord réservées à des catégories d'utilisateurs spécialisés, elles ont vite été adoptées par le grand public. Leur aspect spectaculaire et leur esthétique particulière ont été largement exploités pour la réalisation de produits banals - calendriers et affiches -, mais leurs qualités didactiques n'ont pas été négligées : nul atlas, même scolaire, ne paraît aujourd'hui sans incorporer l'une ou l'autre image de ce type, quand l'atlas entier ne leur est pas consacré.

La tentation est grande, pour le profane, d'assimiler toutes ces images à des cartes. Certes, la facture diffère des cartes traditionnelles, mais le champ couvert est généralement fort vaste, la palette des couleurs utilisées est souvent conventionnelle, et les quelques éléments d'habillage, tels qu'une échelle graphique ou des amorces coordonnées, confortent le lecteur dans son impression d'avoir sous les yeux un document cartographique. Qui plus est, les technologies mises en œuvre, spatiale et informatique, confèrent au document un prestige, une autorité, qui semblent renvoyer la cartographie traditionnelle au rang d'un artisanat primitif. Dans un même ordre d'idées, la photocopie, élaborée au départ de photographies aériennes, avait déjà entamé l'autorité de la carte, mais elle a connu une moindre diffusion auprès du grand public.

Il est évident que l'image satellite constitue une source inépuisable d'informations pour la cartographie, tant topographique que thématique. Il est vrai aussi que les documents exploitant l'image satellite peuvent présenter des caractéristiques inaccessibles par d'autres sources et des qualités inégalées par les moyens traditionnels de la cartographie. Pourtant, toute image n'est pas une carte. Pour prétendre à ce statut, le document doit répondre à des exigences particulières, et si quelques-unes d'entre elles sont rencontrées lors du traitement de l'image satellite, la plupart demandent pourtant que soient prévues et exécutées des tâches propres au processus de production cartographique.

Cette publication a pour objectif de présenter et d'illustrer les opérations, incluses ou complémentaires aux traitements de télédétection, qui définissent la spatio-cartographie, soit l'élaboration de cartes de différentes natures exploitant l'image satellite. Il ne s'agit donc pas d'un traité de télédétection, ni d'un manuel de traitement d'images, même si quelques concepts et traitements de base ont dû être décrits afin d'assurer la cohérence de certains chapitres. Le volume voudrait s'adresser tout particulièrement aux utilisateurs déjà accoutumés aux images satellite, mais qui souhaitent dépasser le seul stade de la visualisation des images pour produire un document analogique ou numérique pouvant revendiquer l'appellation de spatio-carte.

Cette préoccupation n'est pas nouvelle : elle apparaît avec la diffusion des premières images Landsat, puis SPOT. Pour des raisons notamment liées à la résolution et à l'échelle, c'est d'abord dans le domaine de la cartographie thématique que la spatio-cartographie fait ses preuves. Une commission a été créée à cette effet au sein de l'Association Internationale de Cartographie il y a plus de dix ans, et elle a déjà publié plusieurs travaux de référence (Denègre, 1991, 1994). Mais les progrès enregistrés dans la qualité des images et dans la sophistication des traitements permettent d'envisager aujourd'hui une spatio-cartographie à vocation topographique. On devine que le sujet est vaste, et qu'il n'est pas possible d'être exhaustif dans le cadre d'un seul ouvrage, écrit de surcroît par les membres d'un seul et même laboratoire.

II. PLAN DE LA PUBLICATION

La publication est organisée en une dizaine de chapitres ou sections. Leur rédaction est assurée par un ou deux membres du laboratoire SURFACES du département de géomatique de l'Université de Liège, laboratoire où s'est distingué durant une quinzaine d'années Istvan Nadasdi, à qui est dédié l'ouvrage. L'ordre des chapitres ne correspond pas à une « marche à suivre » idéale, dans la mesure où il n'existe pas de fil conducteur unique dans l'élaboration d'une spatio-carte. Plusieurs étapes sont optionnelles et leur ordre n'est pas immuable. La démarche se veut cependant logique, dans la mesure où les traitements indispensables sont présentés avant

les traitements particuliers, eux-mêmes précédant les phases d'habillage et de rédaction des spatiocartes.

Deux types de spatiocartes sont privilégiés à travers cette publication : les spatiocartes en composition colorée et celles d'occupation du sol. Malgré cette limitation sévère, il n'a pas été possible d'aborder tous les types de données satellite — par exemple, les images radar ne sont pas considérées —, ni tous les traitements particuliers — les représentations en trois dimensions sont à peine évoquées —, ni même toutes les options des traitements les plus élémentaires. Par contre, à chaque fois que l'occasion se présentait, on s'est efforcé de développer un algorithme original ou de faire profiter le lecteur de l'expérience pratique du laboratoire **dans le vaste domaine de la spatiocartographie.**

Le chapitre qui suit cette brève introduction s'efforce de justifier le recours à une méthodologie adéquate pour réaliser une spatiocarte. Le fait de disposer de données géographiques sous forme d'images ne signifie pas que la carte qui les représente est plus facile à réaliser ou plus correcte. Les données, d'une part, et la carte, d'autre part, font référence à des modèles distincts, caractérisés par des spécifications propres. Mais il est clair que les qualités des données interviennent directement dans la qualité de la spatiocarte qui les utilise. La définition des différents modèles **de données et de spatiocartes**, l'identification, la description et l'évaluation de leurs qualités intrinsèques sont abordées dans ce premier chapitre.

La toute première qualité attendue d'une carte est d'être capable de restituer la portion de la surface terrestre dans un système cohérent de coordonnées. Roland Billen et Bernard Comélis se sont attachés à décrire les différentes méthodes de correction géométrique des images satellite qui garantissent le respect **de cette exigence cartographique.** L'avènement des capteurs de plus en plus précis requiert des techniques de corrections toujours plus sophistiquées, se rapprochant aujourd'hui des techniques photogrammétriques. La qualité des corrections géométriques effectuées, non seulement conditionne la mise en oeuvre de toutes les prestations requises dans l'élaboration d'une spatiocarte, mais elle en détermine aussi l'échelle.

Comme on l'a dit, deux types de spatiocartes sont plus précisément étudiés dans ce volume. Deux chapitres sont ainsi consacrés respectivement aux compositions colorées et aux spatiocartes d'occupation du sol. Le premier de ces chapitres est l'occasion de rappeler les notions fondamentales de visualisation des images numériques en couleurs. C'est aussi à travers la réalisation des compositions colorées que sont décrits plusieurs procédés, certes courants en traitement

d'images, **mais qui présentent des options particulières, dédiées à ce type de visualisation.**

Dans le chapitre relatif aux cartes d'occupation du sol, Marc Binard ne s'est pas attardé à une description, difficilement exhaustive, **des méthodes de classification des images.** Par contre, les conditions de mise en oeuvre de ces classifications et, surtout, les multiples opérations nécessaires pour passer d'une image classée à une carte sont largement exposées. La longue expérience de l'auteur en la matière transparaît lorsqu'il décrit les avantages d'un filtrage contextuel dont il a imaginé l'implémentation (Binard et Collette, 1993) ou la transformation radicale de l'image d'occupation du sol en un champ spatialement continu. À ce propos, il est bon de rappeler qu'Istvan Nadasdi, pionnier dans les transformations de champs géographiques (Nadasdi, 1971), est aussi le concepteur de cette dernière opération menée en mode image (Nadasdi et al., 1991).

Les trois chapitres qui suivent traitent d'opérations qui ne sont pas toujours requises lors de la création d'une spatiocarte, mais qui, soit s'imposent dans certains cas de figure, soit sont souhaitables pour améliorer les qualités géométriques ou esthétiques de la carte.

La multiplicité des images disponibles aujourd'hui, à des résolutions géométriques et radiométriques différentes, et l'exploitation commune d'images anciennes et nouvelles ont fait de la fusion d'images une technique de premier plan en télédétection. Fabrice Muller et Stanislas de Béthune exposent et illustrent les avantages et les contraintes des principales techniques de fusion appliquées actuellement de façon courante. En particulier, ils décrivent dans le détail l'algorithme imaginé au laboratoire **(de Béthune et al., 1998)**, et particulièrement bien adapté à la constitution des spatiocartes en composition colorée.

Chaque fois que le territoire d'analyse déborde du champ d'une image satellite, et le principe de la vexation universelle voudrait qu'un territoire d'analyse chevauche toujours deux images sinon plus, la constitution d'une mosaïque d'images s'impose. La démarche diffère selon qu'elle s'applique à une carte d'occupation du sol ou à une composition colorée et, dans ce dernier cas, la variabilité de la radiométrie des images participant à la mosaïque soulève de nombreuses difficultés. François Leruth qui a consacré son mémoire de fin d'études à ce problème (Leruth, 1998) décrit non seulement toutes les étapes intervenant dans cette délicate opération, mais il nous livre aussi une méthode originale de contrôle de la qualité des mosaïques réalisées.

Le troisième chapitre consacré aux opérations spéciales de spatiocartographie est l'occasion

d'aborder à la fois la technique d'injection de texture et celle de visualisation en trois dimensions. Ces techniques sont introduites par le biais d'une application particulièrement spectaculaire consistant à intégrer l'estompage de pente dans une spatio-carte d'occupation du sol. Ici encore, c'est un algorithme original qui est décrit (Donnay et Cornélis 2000). Il est utilisé pour illustrer cette forme particulière de fusion, requise lorsque la carte d'occupation du sol est amenée à draper un modèle numérique de terrain visualisé en perspective.

Le dernier chapitre présente les opérations ultimes intervenant **dans le long processus de spatio-cartographie**. Tout d'abord, sont analysés les éléments de la planimétrie susceptibles d'être reportés sur la spatio-carte, la manière de les sélectionner et de les figurer graphiquement. Ensuite, vient la toponymie, avec les règles de disposition propres aux écritures cartographiques. Sur une spatio-carte, les reports planimétriques et les écritures sont toujours introduits au détriment de l'image, ce qui explique l'intérêt qui leur est accordé. Enfin, c'est toute la composition de la spatio-carte qui est étudiée, y compris les différents éléments de l'habillage. Dans cette section, les légendes des spatio-cartes font l'objet d'une attention spécifique, tant elles sont originales et difficiles à mettre en page, au point de pouvoir remettre en cause le format ou l'échelle du document.

Ainsi construit, ce volume du bulletin ne constitue certes **pas une somme en matière de spatio-cartographie**. Mais si bien des aspects ont sans doute été laissés de côté, la brève conclusion de l'ouvrage montre que la plupart des méthodes présentées sont capables de trouver leur utilité dans des domaines de la télédétection distincts de la spatio-cartographie

REMERCIEMENTS

Pour terminer cette introduction, les auteurs souhaitent exprimer leurs remerciements à toutes les personnes qui ont permis la rédaction de ce volume. Tout d'abord, nous les adressons à Istvan Nadasdi qui nous a fait profiter de son talent exceptionnel de cartographe et de photo-interprète, de sa continuelle curiosité scientifique et de son esprit critique aiguisé. Nous voudrions aussi remercier les autres membres du laboratoire qui, sans figurer parmi les auteurs, ont accepté avec enthousiasme de participer au projet, par leurs nombreux commentaires et leur aide technique. Nous sommes reconnaissants à la Société Géographique de Liège d'avoir bien voulu nous réserver un volume thématique de son bulletin, et aux distributeurs de données satellite et cartographiques (CNES, Eurimage, IGN-B, Space Imaging et SPOT Image) qui autorisent gracieusement la reproduction des images et des cartes dans les publications scientifiques. Enfin, Istvan Nadasdi et tous les

membres du laboratoire SURFACES souhaitent associer à ces remerciements l'équipe TELSAT des Services fédéraux Scientifiques, Techniques et Culturels qui, depuis près de quinze ans maintenant, a permis au laboratoire d'acquérir une expérience dont le présent volume est le témoin.

BIBLIOGRAPHIE

- BINARD M. & COLLETTE B., 1993. Traitement contextuel en post-classification pour l'élaboration d'une spatio-carte destinée à la gestion et à l'aménagement du territoire. *Actes des journées scientifiques du réseau de télédétection de l'UREF : Télédétection appliquée à la cartographie thématique et topographique, Montréal—1991*, AUPÉLF, Presses de l'Université du Québec, 285-295.
- DE BÉTHUNE S., MULLER F. & BINARD M. 1998. Adaptive intensity matching filters : a new tool for multiresolution data fusion. *Agard Conference Proceedings 595 : Multi-Sensor Systems and Data Fusion for Telecommunication, Remote Sensing and Radar, Lisbonne, sept.-oct. 1997*, RTO-NATO, 28/1-28/15.
- DENÈGRE J. (Éd.), 1988. *Thematic Mapping from Satellite Imager*). *An International Report*. International Cartographic Association, Elsevier, Londres.
- DENÈGRE J., (Éd.), 1994. *Thematic Mapping from Satellite Imagery. A guidebook*. International Cartographic Association, Pergamon-Elsevier, Oxford.
- DONNAY J.-P. & CORNÉLIS B., 2000. An algorithm for fusion of hill shading with satellite maps. *Proceedings of the Third International Conference on Fusion of Earth Data*, EARSEL-École des Mines de Paris-SEE, Nice, janvier, 2000, 1-9.
- LERUTH F., 1998. *Validation radiométrique de mosaïques d'images en composition colorée*. Mémoire de licence en géomatique, Université de Liège, inédit.
- NADASDI E., 1971. Surface de potentiel de la population de la province de Liège. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 7, 51-60.
- NADASDI I., BINARD M. & DONNAY J.-P., 1991. Transcription des usages du sol par le modèle de potentiel. *Mappemonde*, 3, 27-31.

Jean-Paul DONNAY
Département de Géomatique
Université de Liège
7 place du 20 Août
B-4000 Liège, Belgique