RÉALISATION DE SPATIOCARTES DANS DES ZONES D'ACCÈS DIFFICILE

Par Philippe DE MAEYER & Liesbeth VANSTEENVOORT

Universiteit Gent (Université de Gand)
Département de Géographie
Krijgslaan 281 (S8)
B-9000 GENT Belgique
philippe.demaeyer@rug.ac.be
liesbeth.vansteenvoort@rug.ac.be

INTRODUCTION

La cartographie de base de plusieurs pays en voie de développement reste caractérisée par des problèmes de couverture et d'actualité de la couverture cartographique à moyenne et grande échelles. Ceci est certainement le cas pour l'Afrique centrale. Si certains pays ont eu le bénéfice d'une cartographie de base récente à moyenne échelle (par exemple le Ruanda dans les années '80), d'autres pays dans la région encourent un retard dans leur cartographie détaillée. Les raisons en sont historiques, politiques, géographiques, ... Si certains pays ont pu s'engager dans une cartographie à moyenne voire grande échelle depuis l'indépendance, d'autres - suite à leur dimension ou par un manque d'intérêt économique -, n'ont pas pu bénificier d'une mise en carte récente ou n'ont même pas profité de l'héritage d'une cartographie de base ou d'un canevas géodésique.

Ceci a été le cas pour de grandes parties de la République Démocratique du Congo. Si pour des régions économiquement intéressantes - par exemple dans le sud de la R.D.C. la province du Katanga - une cartographie exhaustive existe depuis l'époque coloniale, la partie centrale et partie orientale du bassin congolais, y compris une grande partie de la province de Kivu, n'ont pas bénéficié d'une cartographie développée. Un inventaire de la cartographie coloniale et indépendante de l'est de la République Démocratique du Congo a été fait en préparation de la réalisation du présent projet cartographique (Vansteenvoort, L., 2000). A cette fin, différents types de documents cartographiques et photographiques ont été inventoriés (environ 250 au total). On ne tint pas compte, vu la difficulté de les situer ou consulter, des archives de sociétés privées. On a estimé en outre que, même si ces sociétés possèdent des relevés cartographiques précis, ceux-ci datent, couvrent des surfaces limitées et sont presque toujours cartographiés dans un référentiel local, ce qui en limite l'intégration dans un concept géoréferencé. L'inventaire des documents permit d'affirmer qu'aucune cartographie à moyenne échelle couvrant la totalité du territoire n'existait et que pour de grandes parties de la zone étudiée une couverture au 1 : 200 000 était la meilleure échelle dont on pouvait disposer. Le manque d'information cartographique cohérente s'observe aussi quand on consulte les documents à petite échelle (1 : 1 000 000) internationalement disponibles, tels le Digital Chart of the World.

La région étudiée se situe dans l'est de la République Démocratique du Congo entre les parallèles de 1°S et 4°S, et les méridiens de 26°E et 29°E. La surface couverte est de 9 degrés carrés. La région de l'est de la Province de Kivu, province bordant le Ruanda, a été les dernières années menacée par des fortes pressions démographiques. Cette pression est essentiellement due à l'instabilité politique de la Région des Lacs. Cette pression s'est non seulement exercée dans la bande frontalière, qui est en même temps une région à forte densité de population ainsi qu'une importante région agricole, mais s'est exercée sur des dizaines, voire une centaine de kilomètres de profondeur. Ajoutant à ceci la migration régulière des villages en zone tropicale, on peut constater un important changement dans l'occupation du sol. On peut en outre remarquer l'apparition d'exploitations minières sauvages à divers endroits, ainsi que des changements dans le réseau des voies de communication terrestre. La végétation naturelle de la région subit une pression importante, qu'il est utile de pouvoir suivre et vérifier. En dehors des zones bordières du Parc National du Kahuzi-Biega, où on constate une continuité dans l'inventaire et la gestion de la flore et de la faune, grâce aux gardiens de parc appuyés par des chercheurs d'ONG, tels le WCS (World Conservation Society), il est impossible par observation terrestre de connaître l'évolution de l'environnement. Une approche par télédétection s'impose donc.

Afin d'étudier ces phénomènes sur une imagerie multitemporelle il fallait disposer en premier lieu d'un référentiel cartographique. Dans ce cadre on optera pour une réalisation de spatiocartes à l'échelle du 1 : 200 000, échelle égalant ou améliorant l'échelle des cartes existantes et surannées.

PRODUCTION DE SPATIOCARTES

La réalisation des spatiocartes présentée ici s'appuie sur des techniques maîtrisées par bon nombre d'instituts et laboratoires. Le schéma de production variera d'unité en unité en fonction des logiciels disponibles et des compétences du personnel présent. On rappellera brièvement le schéma suivi pour la réalisation présente.

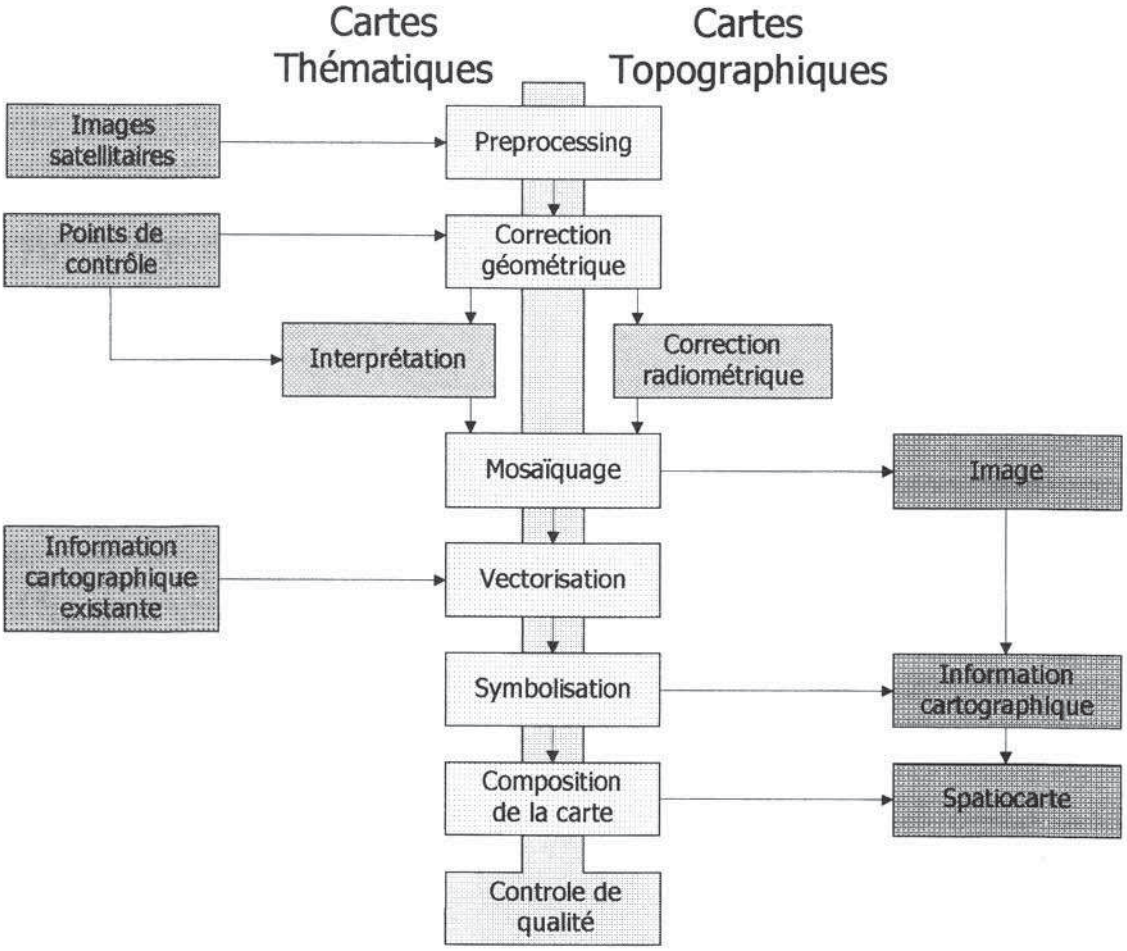

Fig. 1. Schéma de production général de spatiocartes

Le prétraitement consiste essentiellement dans une amélioration de la qualité radiométrique de l'image. Le but d'une correction géométrique est d'obtenir une image dont les pixels ont un positionnement avec des caractéristiques de localisation comparables à ceux d'une carte. On doit donc corriger la carte en fonction du référentiel cartographique. A l'aide de points de contrôle de terrain planimétriques (GCP : Ground Control Points), on établit des formules de transformations polynomiales permettant la transformation de l'ensemble de l'image. Par une telle approche on ne corrige pas les déformations dues au relief. Le résultat est une image géoréférencée utilisable dans un SIG.

L'étape suivante dans la production de spatiocartes est une amélioration radiométrique. Dans le cas où il n'y pas lieu de mosaïquer, on pourrait exercer une quelconque augmentation de contraste. Dans le cas d'un mosaïquage, il est utile de trouver les corrections permettant la création d'une mosaïque homogène. Pour la région étudiée, le problème se compliquait par le manque de choix dans l'imagerie disponible sur le marché. Car elle est située dans la zone tropicale, il est quasiment impossible de disposer d'images de la même époque adjacentes sans nuage. Il a donc fallu composer avec des images de saisons différentes. La qualité du mosaïquage est donc conditionnée par l'accord géométrique et l'accord radiométrique dans la zone de contact.

Une spatiocarte peut être définie comme une image satellitaire géoréférencée et mosaïquée reproduite avec une surcharge d'informations complémentaires (cadre, quadrillage, habillage, éléments topographiques et toponymiques,...). Elle comporte donc une large gamme d'informations topographiques, orographiques, hydrographiques, ainsi que des éléments toponymiques et hydronymiques nécessaires à leur identification. La visualisation de ces éléments nécessite leur identification sur l'image (complétée ou non sur le terrain ou par des cartes existantes). Dans ce cas précis, on ne pouvait, pour les raisons précitées d'actualité et d'échelle, disposer que de peu d'éléments fiables sur les cartes existantes. A ces éléments visibles se rajoutent les éléments invisibles, telles les limites administratives. Cinq classes de limites administratives furent distinguées (quatre correspondant à la hiérarchie administrative du pays, la cinquième étant réservé, aux cas où on ne pouvait situer cette frontière à partir des documents existants). Tous ces éléments ont été vectorisés et codés dans un SIG. La densité de l'ha-

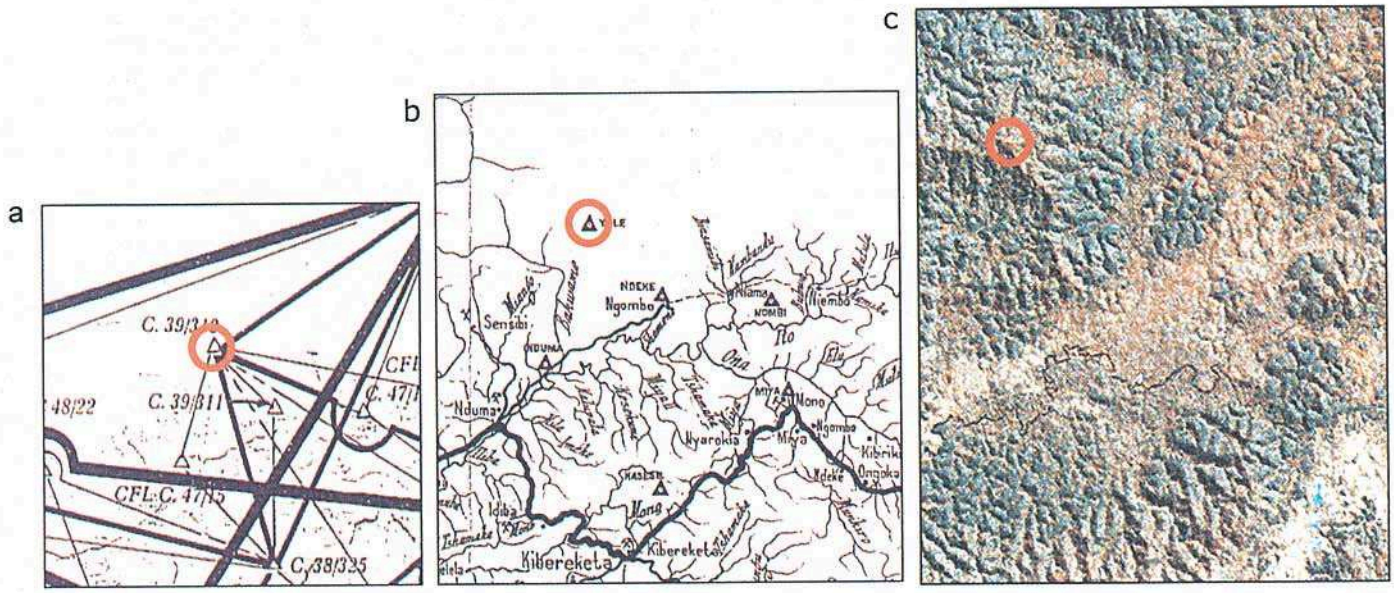

Fig. 2 : Position d'un point de contrôle sur la carte du Canevas Planimétrique du Kivu-Maniema, situé sur la Carte Territoire de Punia et sur l'image.

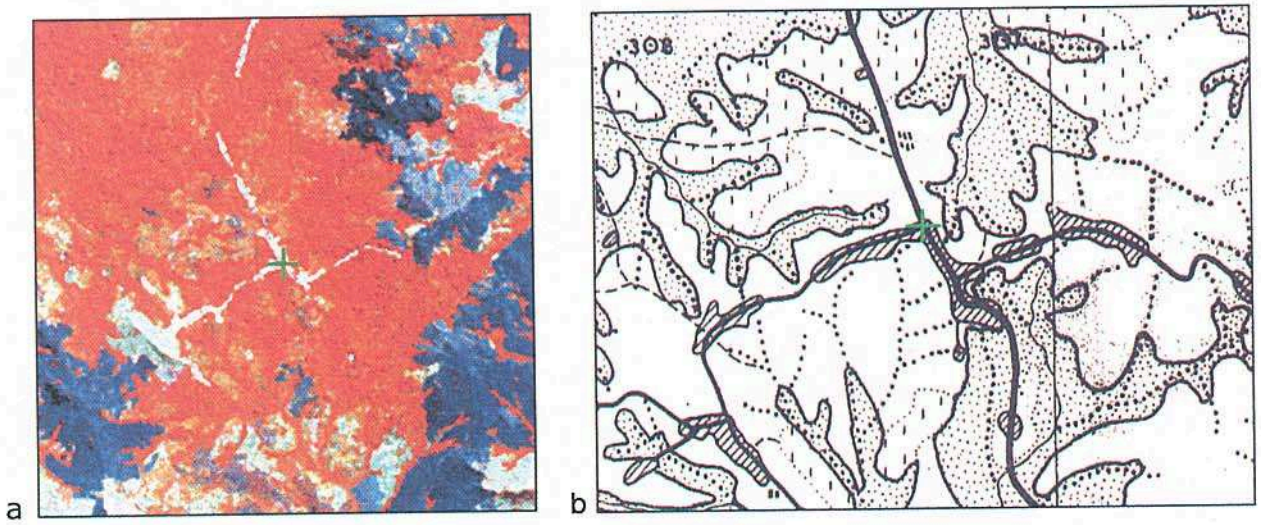

Fig. 3 : Position d'un point de contrôle sur l'image et sur une carte topographique.

billage doit être tel que l'information inhérente à l'image reste observable. Le cas échéant, par des techniques graphiques (transparence, masquage differentiel,...), on permit une meilleure lecture de l'image de fond.

La carte demande une composition finale dans laquelle on rajoute l'information de l'habillage hors cadre. Un contrôle de qualité finalise la production avant l'impression.

PROBLÉMATIQUE

L'originalité de la présente production réside dans l'impossibilité de s'appuyer sur une documentation cartographique pertinente en amont. Le géoréférencement, ainsi que l'habillage topographique et toponymique des cartes, ont donc requis une méthodologie originale. Un rapport exhaustif a été établi dans lequel l'approche technologique pour ce type de cartographie dans des régions difficilement accessibles a été présentée (De Maeyer et al., 2002).

Dans le présent projet cartographique, on fut confronté à différents problèmes dus au manque d'accessibilité du terrain. La région étudiée couvrant 9 degrés carrés (soit environ 3,5 fois la Belgique) vit depuis plusieurs années dans une instabilité politique grave. De ce fait, la circulation sûre se limite à quelques zones urbaines (exemple Bukavu), ainsi qu'aux approches des Parcs Nationaux. Le manque d'accessibilité du terrain limite le relevé des points de contrôle sur le terrain (GCP), ainsi que l'identification des objets et la vérification de l'interprétation des images satellitaires. Pour ces deux problèmes, une solution pragmatique a dû être retenue.

L'IDENTIFICATION DES GCP

L'inventaire cartographique permit de situer quelques documents intéressants. Ainsi «Le Canevas Planimétrique du Kivu Maniema». Le rapport (1968) de cette mission effectuée dans les années '50 couvre la partie nord-est de la région étudiée. Il donne la description et la localisation géographique par rapport à l'ellipsoïde Clarke 1880 modifié. Ce relevé a été néanmoins fortement influencé par l'inaccessibilté du terrain, puisqu'il ne s'éloigne jamais très loin des grands fleuves, laissant deux grandes partie de la forêt centrale hors de la couverture géodésique. Joint à ce document se trouve une carte générale (échelle 1 : 1 000 000) des points relevés, qui n'est utile que dans la mesure où elle présente l'intervisibilité des points de mesure. On sait donc de ces points quels sont les autres points observables en visée directe. La plupart de ces points se trouvent de ce fait sur des points élevés du relief. Le fond topographique de la carte générale s'avère non fiable et est basé sur les Cartes du Territoire, document datant de la fin de l'époque coloniale (1958-1960). Deux autres documents cartographiques sont joints au rapport donnant les lignes de visée pour des parties de la région. Ces cartes sont des montages des Cartes du Territoire réduit respectivement au 1 : 300 000 et au 1 : 250 000e. Sur ces Cartes du Territoire on trouve donc annotés les points du Canevas Planimétrique. Il est de cette manière plus aisé de situer les points d'observation dans l'espace local. La localisation relative par rapport à d'autres éléments topographiques - tels que cours d'eau, voies ou villages - est possible dans la limite de la précision et de l'information sur la carte. En outre on doit tenir compte d'une instabilité totale des éléments anthropogènes en Afrique Centrale. En quelques années d'intervalle, on constate ainsi que des villages entiers ont changé de position, des voies sont abandonnées ou se sont déplacées, ou encore de nouvelles pistes sont apparues.

Néanmoins il a été possible de situer les postes d'observation situés sur des crêtes prononcées. La figure 2 illustre le raisonnement. A gauche, un extrait de la carte du Canevas Planimétrique, au milieu; un extrait de la Carte du Territoire de Punia et , à droite, la partie correspondante de l'image ETM+. On peut sur ce dernier extrait, grâce à des différences dans la végétation, identifier la crête mentionnée sur les deux autres documents.

Dans certains cas on a pu bénificier d'informations additionelles sur des cartes topographiques manuscrites (fig. 3).

Plusieurs techniques permettent de contrôler la qualité de la transformation. On a opté pour une transformation du premier degré avec une méthode d'interpolation du voisin le plus proche (nearest neighbour interpolation). Ce dernier choix se justifie essentiellement par la nécessité d'une interprétation ultérieure de l'imagerie

IDENTIFICATION DES OBJETS TOPOGRAPHIQUES

Lors de la vectorisation des éléments 'visuels' du terrain, on a continuellement essayé de visualiser en parallèle les documents cartographiques disponibles. Dans certains cas la distinction de ces éléments sur l'image est relativement aisée (fig. 4 a et b). En jouant sur les contrastes et la LUT de visualisation, on réussit à définir les éléments topographiques et à les vectoriser. Dans d'autres cas la distinction de certaines pistes ou sentiers est néanmoins difficile. Ainsi dans la légende on distinguera plusieurs classes de voies de communication. Les exploitations ou indications d'exploitation minière ont été repertoriées.

La vérification de l'information ainsi enregistrée fut soumise à des contacts locaux, qui annotèrent et complétèrent nos informations sur des plots papiers.

SYMBOLISATION

La symbolisation fut réalisée sur Mercator de Esko-Graphics. Ce logiciel professionnel permit une symbolisation adéquate grâce, par exemple. à ses possibilités de masquage sélectif (fig. 5).

CONCLUSION

Bien que la production de spatiocartes soit pour bon nombre de laboratoires et instituts une technique bien maîtrisée, il s'avère que dans des conditions d'accès difficile du terrain, voire impossibilité d'accès, les auteurs peuvent être confrontés à la nécessité de la recherche de solutions originales. Dans ce cas spécifique, l'interprétation des conditions de travail d'un ancien relevé géodésique a permis de générer les GCP adéquats.

L'utilisation d'anciens documents topographiques a facilité l'identification d'une partie des pistes, ainsi que le développement d'une base de données toponymiques. Ces

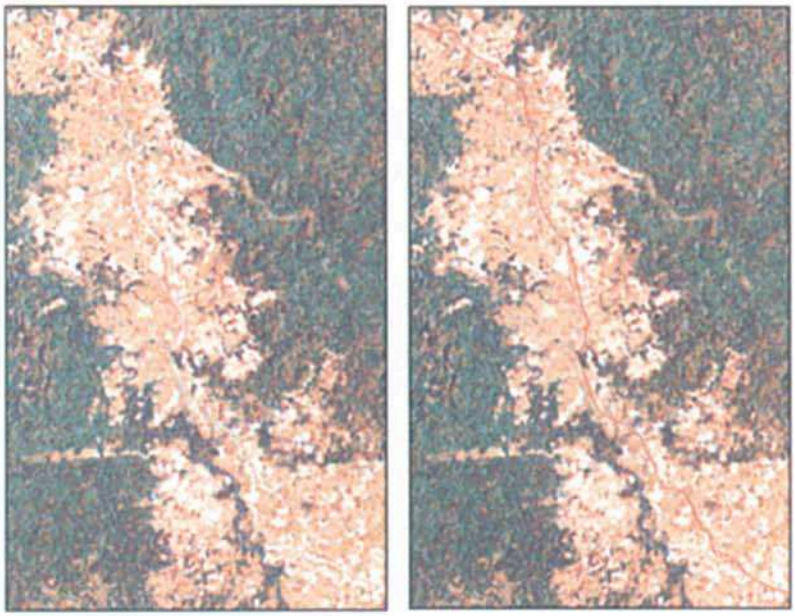

Fig. 4a : Bonne visibilité d'une route principale.

Fig. 4b : Mauvaise visibilité d'une piste.

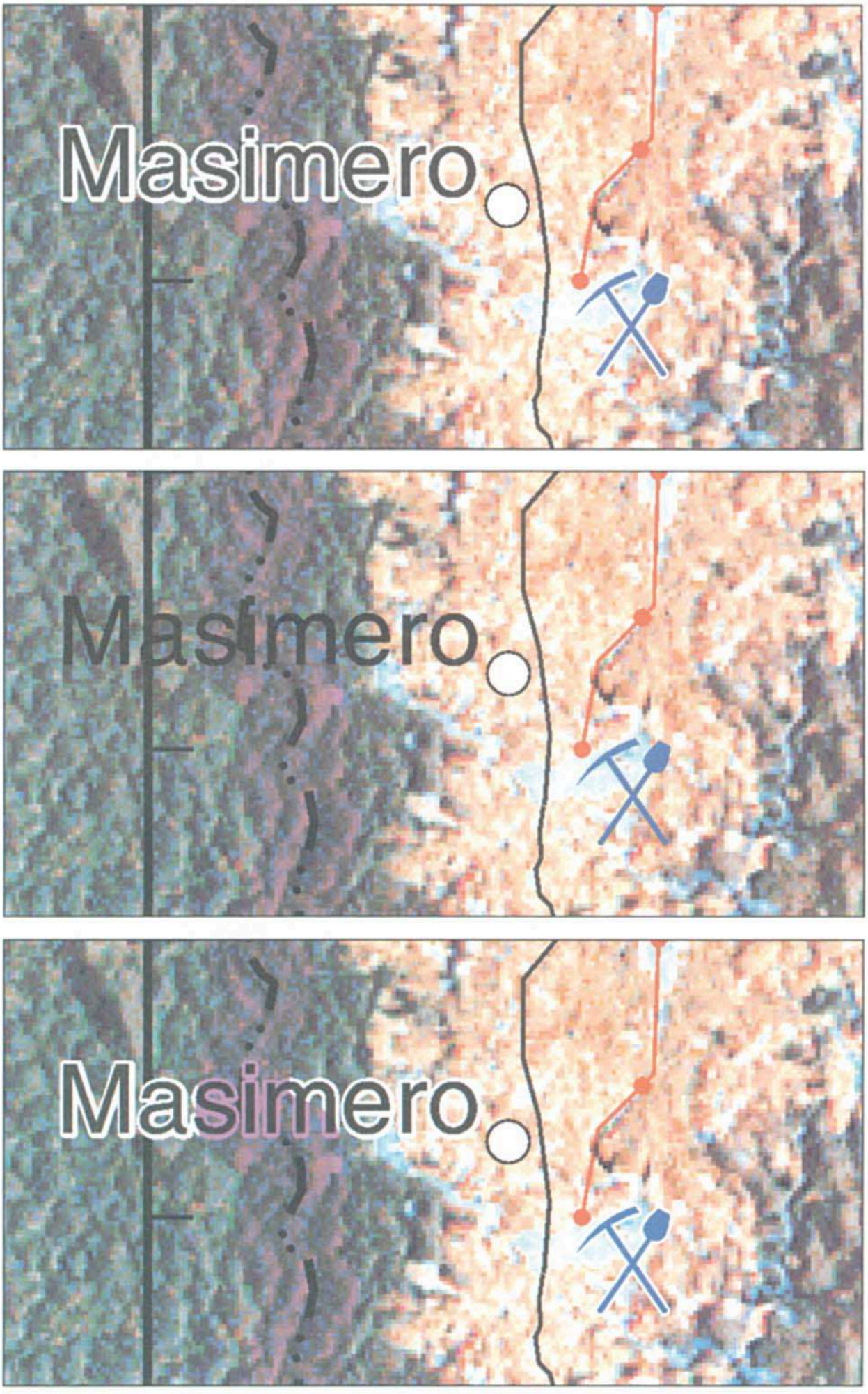

Fig. 5 : Utilisation de masquage sélectif pour augmenter la lisibilité de la carte.

S3/26
KALIMA

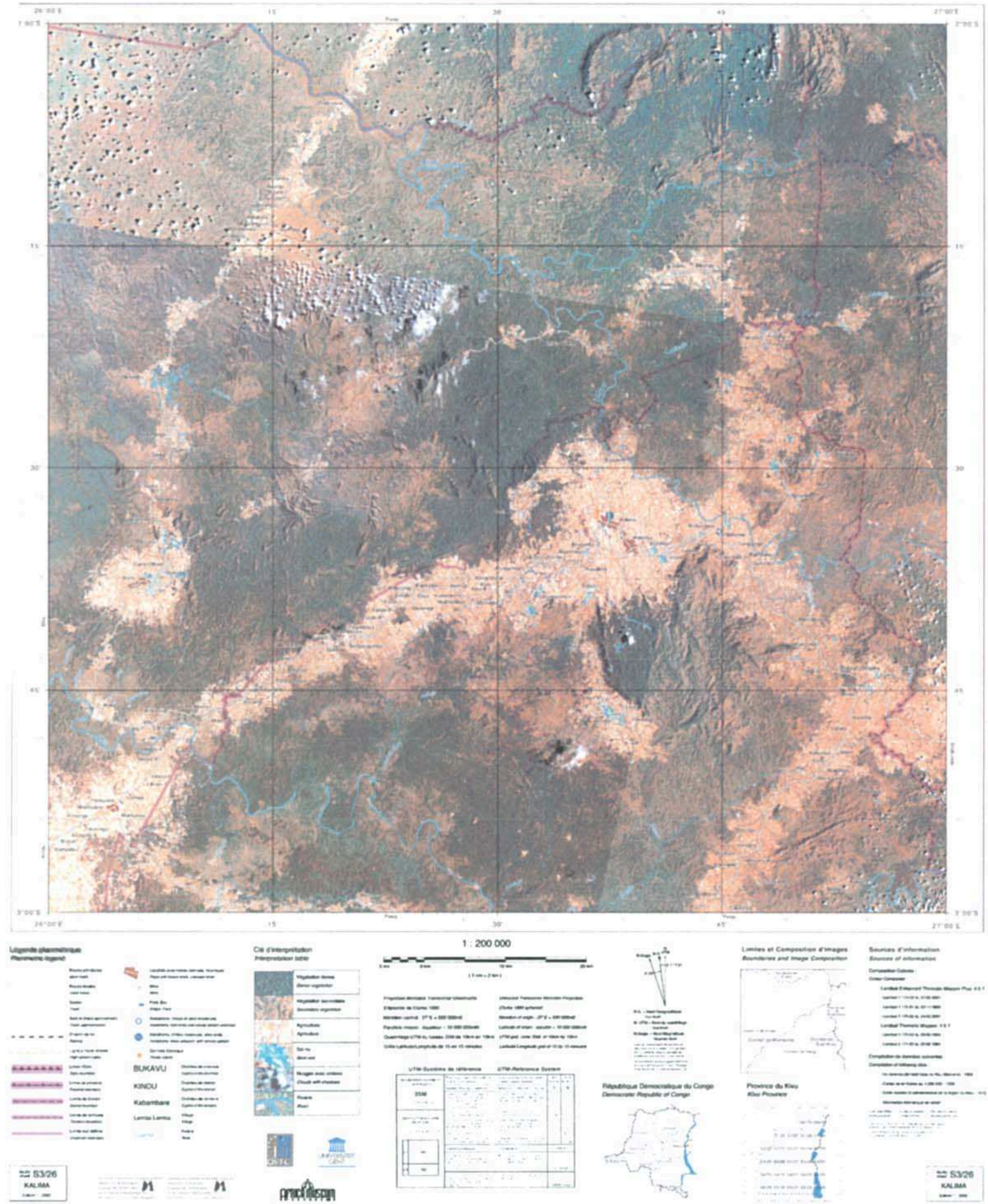

Fig. 6 : Feuille S3/26 Kalima (réduction format original 60 x 80cm).

éléments ont été validés par des correspondants dans la région, qui n'avaient pas plus accès à une grande partie des zones étudiées. L'apport de leurs indications, ainsi que la reconsultation de l'imagerie suite à leurs remarques, a augmenté la fiabilité des cartes. Ces cartes au 1 : 200 000 sont de ce fait un apport important pour la gestion future du territoire, y compris du Parc national du Kahuzi-Biega. (Fig.6). Elles s'accompagnent d'une base de données SIG, qui est mise à jour en fonction de nouvelles informations nous parvenant.

Cette recherche a été supportée par les Services Fédéraux des Affaires Scientifiques, Techniques et Culturelles (SSTC, Belgique) et a été réalisée en collaboration avec le Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC), département de géologie.

Bibliographie

De Maeyer Ph., Goossens R.,Vansteenvoort L., De Man J. (2002), Eindrapport onderzoeksopdracht: Oppuntstelling van een productieketen 'basis- en thematische cartografie' m.b.v. hoge en zeer hoge resolutie multitemporele satellietbeelden. Gevalstudie voor de Kivu streek (D.R.Congo), rapport final, Université de Gand, Gent, 135p.

Denegre J. (1994), Thematic Mapping From Satellite Imagery, a guidebook, Oxford, Elsevier Science Ltd.

Durand D. (1993), Les Spatiocartes, Methodes et exemples de realisation, Toulouse, Groupement pour le Developpement de la Teledetection Aerospatiale, Les Cahiers Pedagogiques du GDTA, cahierAt.

Folving S., Denegre J. (1994), Methods for Combining Satellite-derived Information with that Obtained from Conventional Sources, In: Denegre J., Thematic Mapping From Satellite Imagery, a guidebook, Oxford, Elsevier Science Ltd, 15p.

Lauer D.T. (1994), Production Processes for Extracting Information from Satellite Data, In: Denegre J., Thematic Mapping From Satellite Imagery, a guidebook, Oxford, Elsevier Science Ltd, 14p.

Lerner J., Denegre J. (1994), Design and Semiology for Cartographic Representation, In: Denegre J., Thematic Mapping From Satellite Imagery, a guidebook, Oxford, Elsevier Science Ltd, 10p.

Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. (1987), Remote Sensing and Image Interpretation, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York.Lliboutry L. (1992), Sciences Geometriques et Teledetection, Paris, Masson.

Mehlbreuer A., Kahler M. (1987), Satellite Image Map of Arid Areas, An Exemple from Egypte, In: Buchroithner M.F., Kostka R., Remote Sensing: Towards Operational Cartographic Application, Graz, p115 - p122.

Vansteenvoort L. (2000), Satellietbeeldkaarten als basiskaart voor gebieden zonder recente cartografie. Gevalstudie: Realisatie van een kaart van Kivu (Congo) op 1 : 200 000. Mémoire, Université de Gand, Gent, 131p.