

Evaluation de l'Apport des Images IKONOS à la Cartographie Topographique-Application aux Grandes Echelles "Zone urbaine d'Alger"

Par Mr DEGAICHIA Fethi
laboratoire de photogrammétrie et de télédétection
Institut National de Cartographie et de Télédétection
123, rue de Tripoli, BP 430, Hussein Dey, Alger, Algérie

ملخص:

إن تقنية الكشف عن بعد أصبحت ضرورية أكثر فأكثر لتتبع التطور السريع للمدن الكبرى للبلدان في طريق النمو. بظهور الأقمار الصناعية الخاصة برصد الأرض ذات القدرة التمييزية العالية (من رتبة المتر) فإن الخرائطية الحضرية هي من ضمن تطبيقات الكشف عن بعد الأكثر وعدا. بيوم 24 سبتمبر 1999، تم إطلاق إكونوس، أول قمر صناعي تجاري بقدرة تمييزية جد عالية. هذه الصور ذات القدرة التمييزية العالية هي ذات فائدة كبيرة للخرائطيين و أيضا مهندسي المدن، الزراعيين، المسؤولين على المحيط، مؤسسات توزيع المياه و الكهرباء... إلخ. من خلال هذه الدراسة، نحن نقترح تقييم إسهام صور إكونوس في الخرائطية الطبوغرافية و خاصة المقاييس الكبرى (1 : 25 000 إلى 1 : 5000). لهذه الدراسة تشكل الجزائر العاصمة التي يعتبر نسيجها الحضري جد كثيف، موقعا ملائما لتقييم كمي و نوعي لاستعمال صور إكونوس. هذا العمل مقسم إلى مرحلتين :

- دراسة مظاهر دلالات الألفاظ بالنسبة للخرائطية انطلاقا من صور إكونوس.

- تقييم المظاهر المترية بالنسبة للخرائطية انطلاقا من صور إكونوس.

من أجل التقييم التطبيقي، تم استعمال و معالجة صورة إكونوس بفضل البرنامج المعلوماتي الخاص بمعالجة الأقمار الصناعية المسمى Orthoengine 8.1 التابع لـ PCI Geomatics.

Résumé :

La télédétection spatiale devient de plus en plus utile pour suivre l'évolution rapide des grandes villes des pays en voie de développement. Avec l'apparition des satellites d'observation de la terre à très haute résolution spatiale (de l'ordre du mètre), la cartographie urbaine est l'une des applications les plus prometteuses de la télédétection.

Le 24 septembre 1999, IKONOS, le premier satellite commercial à très haute résolution a été lancé. Ces images à très haute résolution devraient être d'une grande utilité pour les cartographes, mais aussi pour les urbanistes, les agriculteurs, les responsables de l'environnement, les sociétés de distribution d'eau et d'électricité etc...

Nous proposons à travers cette étude d'évaluer l'apport des images IKONOS pour la cartographie topographique et particulièrement les grandes échelles (1: 25000 au 1: 5000).

Pour cette étude, ALGER dont le tissu urbain est très dense, constituera un site adéquat pour une évaluation quantitative et qualitative de l'utilisation des images IKONOS.

Ce travail est divisé en deux étapes :

- Etude des aspects sémantiques pour la cartographie à partir des images IKONOS

- Evaluation des aspects métriques pour la cartographie à partir des images IKONOS.

Pour l'évaluation pratique, une image IKONOS en mode panchromatique a été utilisée, et traitée grâce au logiciel Orthoengine 8.1 de PCI GEOMATICS.

Mots-clés : Cartographie topographique, images IKONOS, étude sémantique, précisions.

Abstract :

The spatial teledetection becomes more and more useful to follow the fast evolution of the big cities of developing countries. With the apparition of earth observation satellites with very high spatial resolution (of the order of the meter), the urban cartography is one of the most promising applications of the teledetection.

In the 24th of september 1999, IKONOS, the first commercial satellite with very high resolution has been launched. These images with very high resolution should be of a big utility for cartographers as well as for urbanists, agriculturists, responsables of the environment, societies of distribution of water and electricity etc...

We propose through this survey to assess the contribution of IKONOS images for the topographic cartography and particularly the big scales (1: 25 000 at 1: 5 000).

For this survey, Algiers whose urban fabric is very denser will constitute an adequate site for a quantitative and qualitative assessment of the utilization of the IKONOS images.

This work is divided in two stages :

- Semantic aspects survey for the cartography from IKONOS images.

- Metric aspects assessment for the cartography from IKONOS images.

For the practical, assessment an IKONOS image in panchromatic mode has been used and processed thanks to the orthoengine 8.1 of PCI GEOMATICS.

1. Introduction

La télédétection, selon la définition du Larousse, est la technique d'étude de la surface terrestre par analyse d'images provenant d'avions ou de satellites.

La télédétection offre un moyen d'identifier et de présenter les données planimétriques de façon efficace et dans un format pratique.

La cartographie est une composante intégrale du processus de gestion des ressources terrestres, et l'information cartographique est un produit courant de l'analyse des données en télédétection.

Des cartes d'information de base, thématique, et topographique sont essentielles à la planification, à l'évaluation et à la surveillance, en vue de la reconnaissance militaire et civile, ainsi que pour la gestion de l'utilisation du sol.

Avec l'arrivée des images satellitaires à haute et à très haute résolution, et l'utilisation de nouvelles technologies d'acquisition, de traitement et d'analyse des données, on pourra obtenir des cartes plus précises, plus claires, plus belles et surtout plus rapides et moins coûteuses à réaliser. Les délais d'établissement qui avoisinent actuellement les 4 ou 5 ans pourront étre écourtés et les problèmes dus à l'actualisation des cartes ont été partiellement résolus.

L'aptitude des images numériques à fournir de l'information géographique dépend de deux facteurs, qui correspondent à deux types de descripteurs :

- La précision de la localisation des objets identifiés sur les images.
- Le type et la nature des objets que l'on peut identifier.

Avec de très bons modèles géométriques, de bons points d'appui, et une connaissance parfaite du relief sous forme de MNT (modèle numérique de terrain), il est généralement possible de corriger géométriquement les images optiques avec une précision de l'ordre du demi-pixel.

Pour les satellites SPOT, LANDSAT et IKONOS, les meilleures précisions géographiques sont celle du tableau 1.1 (CEA, 1993)

<i>Système</i>	<i>Résolution</i>	<i>Meilleure précision</i>
Spot P	10 m	5m
Spot XS	20m	10m
Landsat TM	30m	15m
Landsat MSS	80m	40m
Ikonos P	1m	0.5m
Ikonos MS	4m	2m

Tableau 1.1 : Résolution et meilleure précision relatives à chaque type de satellites.

Il en résulte, au point de vue de la seule précision de localisation, que les images des satellites civils les plus couramment exploités sont compatibles avec des échelles variant du 1: 50 000 au 1: 100 000. Mais avec l'arrivé des satellites à très haute résolution, de plus grandes échelles sont envisageables.

La précision de localisation ne suffit pas pour déterminer l'échelle des cartes que les images satellites permettent d'obtenir. Un facteur non moins important est la capacité d'identifier les détails planimétriques.

2. Evaluation pratique des images IKONOS

La zone d'étude correspond à la région d'Alger (Fig 2.1). Les données nécessaires à cette application sont : les points d'appui, le MNT couvrant la zone et l'image IKONOS.

Une analyse sémantique ainsi qu'une étude des aspects métriques de l'image IKONOS seront développés le long de ce chapitre.

La méthode de correction choisie est le modèle rigoureux. Cette méthode repose sur la condition de colinéarité modifiée, car le centre de perspectif n'est pas unique comme dans le cas de la prise de vue aérienne, mais il y a un centre pour chaque ligne.

Le modèle développé pour le système IKONOS, utilise l'information fondamentale des métas donnés et des fichiers images.

Par exemple, les angles approximatifs de prise de vue peuvent étre calculés en utilisant l'altitude moyenne et la résolution nominale au sol le long des directions de balayage. Le modèle du CCRS est basé sur des principes liés à l'orbitographie, la photogrammétrie, la géodésie et la cartographie.

Basé sur la qualité des points d'appui, la précision de ce modèle est de un tiers (1/3) du pixel pour les images optiques (VIR).

2.1 La zone d'étude

La zone d'étude choisie se situe dans la région d'Alger (fig2.1). La raison de ce choix est le fait que c'est une région pour laquelle nous disposons de toutes les données requises pour mener à bien cette étude. La zone se situe dans le fuseau 31 du système de projection UTM ellipsoïde de Clarke1880.

C'est une zone urbaine où le bâti est très dense, et les infrastructures importantes.

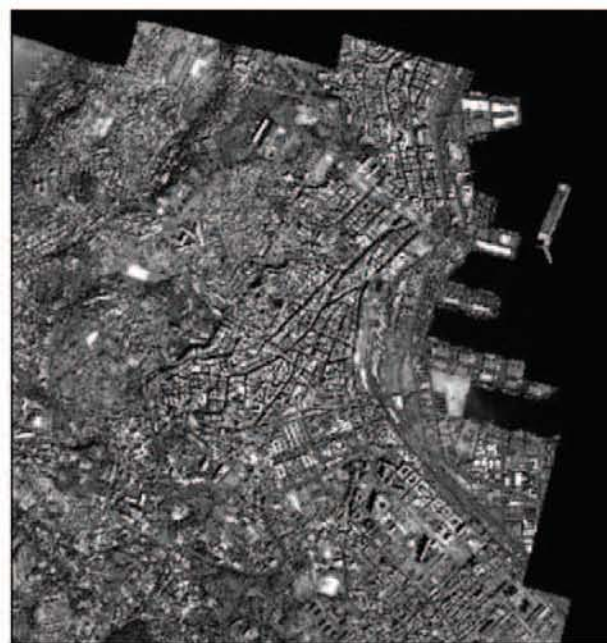


Fig. 2.1 : zone d'étude (région d'Alger).

2.2 Données images

Dans le cadre de cette évaluation, une image IKONOS sur la région d'Alger nous a été fournie. Il s'agit d'une imagerie d'environ 4 km x 4 km, ce qui est largement suffisant pour notre étude. Avec cette image, un fichier de métadonnées est disponible. Son contenu nous donne des informations sur l'image concernée.

Une image IKONOS panchromatique (fig2.1) a été visualisée à l'aide du logiciel de traitement d'image ENVI 3.5 et son contenu sémantique analysé. Avant interprétation, il est nécessaire de traiter les images afin de les améliorer et/ou de compresser les informations qu'elles recèlent, pour faciliter la perception et l'interprétation. Le traitement suivant a été appliqué à l'image : L'amélioration du contraste qui est une technique utilisée pour faciliter l'interprétation des images.

Ce qui nous a donc permis de bien identifier certains détails. La liste ci-après montre les détails qui ont été identifiés avec utilisation d'un zoom adéquat (fig 2.2).



Fig. 2.2 : Image Ikonos avec utilisation du zoom.

Détails linéaires

Route à grande circulation
Route secondaire
Route tertiaire
Piste
Chemin
Sentier
Rues
Allée
Ligne jaune
Chemin de fer
Quai
Jetée
Embarcadère
Murs (difficilement)
Trottoirs (difficilement)

Détails non linéaires

Réservoir d'hydrocarbure ou de gaz
Terrain de sport

Stade
Terrain de tennis
Bâtis
Bâtiment résidentiel
Bâtiment en construction ou en ruines
Cours-intérieures (uniquement pour les grands bâtiments)
Cheminée

Végétation

Bois
Broussaille
Jardin
Verger, plantation
Arbre isolé
Haie, rangée d'arbre
Limite de végétation

Hydrographie

Citerne
Château d'eau
Barrage
Pont
Piscine, bassin
Éléments non identifiables
Plaques ou regard
Banc public
Abribus
Lampadaire
Pylône
Poteau électrique
Poteau téléphonique
Projecteur, phare
Puit, source
Clôture
Mur de soutènement
Ligne de transport d'énergie
Portail, escalier

Conclusion :

L'analyse sémantique d'une image IKONOS, a montré que la très haute résolution spatiale métrique nous permet l'identification des détails devant apparaître sur les cartes aux grandes échelles (du 1: 25 000 au 1: 10 000).

La figure 2.2 montre bien que lorsqu'on utilise une bonne amélioration de la qualité de l'image ainsi que l'application d'un zoom, on peut identifier nettement les contours des détails planimétriques tels que les bâtis et constructions, les bords des routes et autoroutes, les ponts, les passerelles, les voies ferrées etc.

L'analyse comparative des images IKONOS par rapport au plan de ville, montre d'une manière manifeste que les images IKONOS ont un grand pouvoir de discrimination des différents objets urbains.

Par contre et pour de plus grandes échelles, telle que le 1:5 000 (qui devient un plan), il s'avère difficile d'identifier tous les détails qui doivent apparaître sur le plan. Nous citerons par exemple : Les poteaux électriques, les lampadaires, les bancs publics, les bords de trottoir, les escaliers, etc.

A ce niveau d'échelle il est nécessaire de distinguer les murs simples et les murs de soutènement, les clôtures, les haies vives, etc.

Et pouvoir représenter les lignes électriques ainsi que les pylônes. On doit aussi être capable de faire la différence entre maison en construction et maison en ruine, cimetière musulman ou chrétien. Dans le domaine des cultures et plantations, distinguer les différents types, tel que les palmiers, oliviers, vignes, verger etc.

3. Etude du potentiel géométrique

3.1 Normes de précision cartographique

En général les précisions cartographiques sont définies de la manière suivante :

Erreur moyenne planimétrique : 0.2 mm à l'échelle de la carte le tableau 3.1 nous donne les échelles cartographiques ainsi que les précisions planimétriques.

Echelle cartographique	Précision planimétrique
1 :50 000	10m
1 :25 000	5m
1 :10 000	2m
1 :5 000	1m
1 :2 000	0.40m

Tableau 3.1 : Précisions planimétriques Standard.

3.2 Correction géométrique de l'image

Les images acquises par les capteurs contiennent des déformations spatiales. Par ailleurs, elles ne sont pas représentées suivant une projection cartographique courante. Pour une application bien précise il est nécessaire de procéder à une transformation spatiale de l'image, c'est le but de la correction géométrique.

La correction géométrique est la suppression des erreurs de mesures, induites par les capteurs et le satellite, afin que les données soient conformes au système de projection requis. Elle est réalisée en localisant chaque pixel à sa place exacte dans le système cartographique utilisé.

Pour cela, 15 points d'appui et 5 points de controle ont été utilisés.

Après correction, les residus suivants ont été obtenus :

Points d'appui : 15 X EMQ 0.41 Y EMQ 0.59
Check Points : 5 X EMQ 0.55 Y EMQ 0.71

3.3 Génération de l'orthoimage

La première phase consiste en l'affichage de l'image à rectifier, puis il faut définir la région à traiter et enfin la dernière phase qui consiste en la production de l'orthoimage . Pour cela on doit spécifier le nom de l'image en entrée ainsi que celle d'orthoimage en sortie, donner le nom du MNT utilisé. L'orthoimage peut être générée en format tiff ce qui facilitera son insertion dans un logiciel de dessin cartographique ou d'un SIG tel que Mapinfo, Autocad, etc.

4. Evaluation

Dans ce chapitre, nous évaluons la précision planimétrique de l'orthoimage qui a été produite. Pour cela des points de contrôles seront utilisés ainsi qu'un fichier de données planimétriques directement issu de la restitution au 1/1000 de la zone concernée

4.1 Précision planimétrique

Des points de contrôle pour effectuer la vérification ont été utilisés, ils sont de deux types :

- 10 points de contrôle issus de l'aerotriangulation à partir de la pdv au 1/4000 d'Alger, dont la précision planimétrique est de 15 cm
- 2 points observés sur le terrain par GPS (précision, en X et Y de 10 à 20 cm).

Les points de vérification sont identifiés sur les photos et sur les croquis de repérage puis pointés sur l'écran pour déterminer leur coordonnées X et Y dans notre système de projection de la carte (UTM31 WGS84). Le logiciel ENVI 3.5 a été utilisé pour la détermination des coordonnées des points GCP et des points terrain sur l'orthoimage et ce grâce à la possibilité d'avoir une fenêtre de zoom ainsi que la précision de positionnement du curseur. La position des points est visible sur la figure 4.1.

Les différences entre les coordonnées des points utilisés et leur valeur sur l'orthoimage sont reportées sur le tableau 4.1.

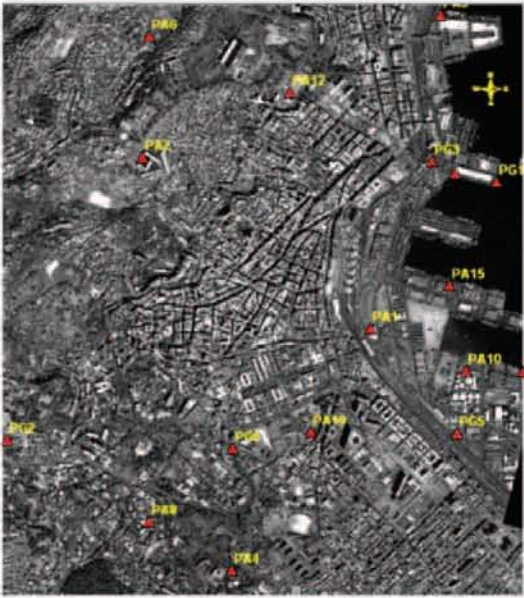


Fig. 4.1 : Position des points sur l'orthoimage.

N° du point	DX(m)	DY(m)
PA2	0.22	-0.4
PG1	-0.57	-0.28
PA8	0.91	-1.26
PA10	0.63	-2.35
PA12	0.41	1.83
PA15	0.67	-3.88
PA16	0.95	-1.72
PA17	1.58	-2.5
PA19	-0.49	-4.49
PG6	1.86	6.32
PA18	0.42	-1.99

Tableau 4.1 : Les différences entre les coordonnées des points terrain et leur Valeur sur l'orthoimage.

4.2 Superposition vecteur (restitution) / raster (orthoimage)

Afin d'évaluer la qualité géométrique de l'orthoimage produite au cours de cette étude, nous avons procédé à une superposition d'une restitution planimétrique à l'échelle du 1: 1000 sur le fond orthoimage et ce grâce au logiciel Mapinfo 5.5. Une vue générale est donnée par la figure 4.1 Plusieurs zones ont été choisies selon la densité des détails, plusieurs figures illustrent les différentes superpositions selon différentes zones.

On constate que pour les détails planimétriques tels que les voie-ferrées ainsi que les voies de communication, les limites de stade, les trottoirs, la superposition est bonne c'est à dire qu'il n'y a pas de grand décalage entre l'image (raster) et la restitution planimétrique (voir figure 4.2, 4.3). Par contre pour ce qui est des bâtis, on remarque que pour certains bâtis la superposition du trait sur l'image est acceptable tandis que pour d'autres, il y a des décalages qui vont de quelques centimètres jusqu'à quelques mètres (figure 4.4).

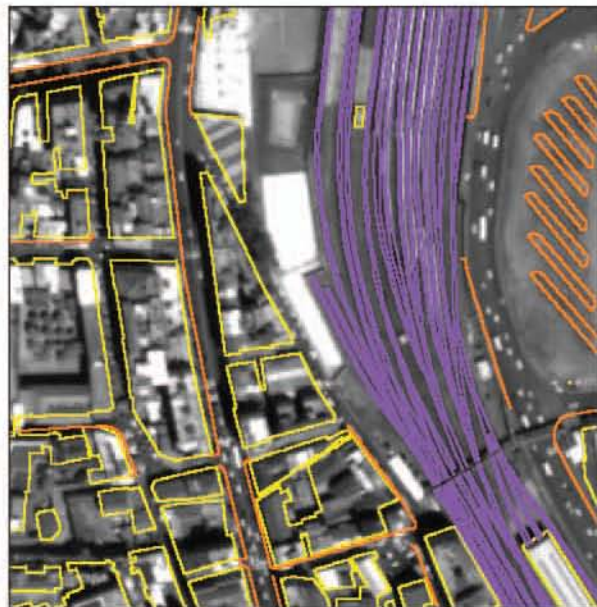


Fig. 4.2 : Bonne superposition des voies ferrées.



Fig. 4.3 : Bonne superposition du terrain de sport.

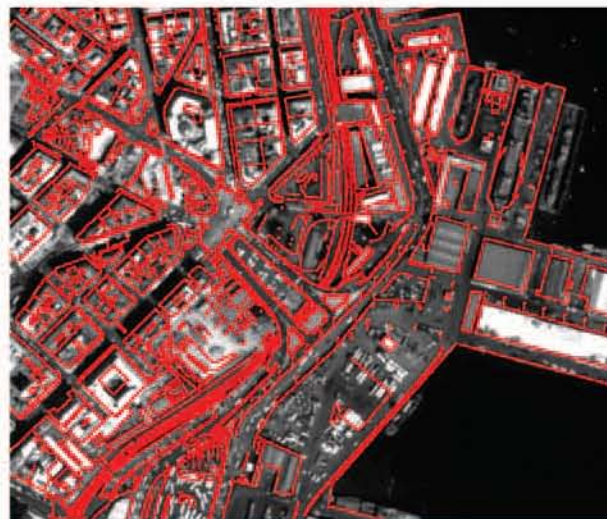


Fig. 4.4 : Bonne superposition des bâtis à droite et décalage des bâtis à gauche.

5. Analyse et discussion des résultats

La précision obtenue avec les points terrains étant de l'ordre de 2 m, on peut donc dire que les résultats obtenus restent très proches de la précision planimétrique en cartographie topographique au 1/10 000 qui est de 2 m.

Pour ce qui est de l'erreur quadratique moyenne (EMQ), le résultat obtenu nous a donné la valeur suivante : $EMQ=2.69$ m.

A ce stade on peut donc avancer que les résultats obtenus sur la précision de l'orthoimage produite ne répondent pas aux normes de précision planimétrique requise pour les grandes échelles (supérieure au 1: 10 000), comme exemple le 1: 5 000 qui tolère une erreur planimétrique de l'ordre du mètre.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous avons effectué la superposition des détails planimétriques issus de la restitution à grande échelle (1:1 000) avec l'orthoimage. Le résultat est satisfaisant dans certaines zones ainsi que pour certains détails. Les détails au sol tels que les routes, voies ferrées, limite de stade, piscine, etc... se superposent bien avec l'image, il en est de même pour certaines constructions.

Tandis que pour le bâti en général, le décalage entre la restitution du trait et la position sur l'image (bien sur on considère l'emprise au sol du bâtiment), varie de quelques centimètres à plusieurs mètres.

C'est le grand problème de l'orthophotographie en zone urbaine surtout pour les bâtis où le déplacement dû au relief devient très important. Dans le cas des zones urbaines, la présence de grands bâtiments crée des difficultés spécifiques impliquant souvent une intervention manuelle (modèle numérique de terrain incomplet à cause de zones non vues en stéréo). Si l'orthophoto traite de façon rigoureuse les immeubles, elle devient alors rigoureuse ou vraie (« true orthophoto » en anglais).

6. Conclusion et recommandations

L'objectif de cette étude était d'examiner la faisabilité d'utiliser des images IKONOS à des fins de cartographie topographique pour des applications à grande échelle.

Les résultats de l'interprétation visuelle ont montré que les détails planimétriques qui doivent figurer sur les cartes topographiques aux échelles du 1: 25 000 jusqu'à 1: 10 000 sont parfaitement identifiables, tandis que ceux qui doivent apparaître sur les plans au 1: 5 000 ne le sont pas. Une résolution spatiale de 1m ne permet donc pas de détecter certains détails tels que les poteaux électriques, les lampadaires, les bords des trottoirs ainsi que les clôtures.

Les résultats de l'évaluation de la précision planimétrique de l'orthoimage produite à travers cette étude, prouvent le potentiel cartographique des images IKONOS pour les cartes aux grandes échelles, du 1: 25 000 au 1: 10 000.

La précision de l'orthoimage obtenue est de l'ordre de 2 m, ceci montre que du point de vue métrique, l'orthoimage est pleinement exploitable comme document cartographique à l'échelle du 1: 10 000 jusqu'à 1: 7 500.

Pour une cartographie à l'échelle du 1: 5 000, considérée comme un plan; on constate que les précisions obtenues ne répondent pas aux normes cartographiques pour ce type d'échelle qui sont de 01 mètre (voir tableau 3.1).

La génération d'un MNT par corrélation automatique à partir d'un couple stéréoscopique IKONOS est recommandée, surtout depuis la commercialisation des logiciels orthobase et stéréoanalyst d'ERDAS et le module 3D de PCI, et qui a priori donnent des résultats très prometteurs.

Avec ces nouvelles possibilités, les résultats seraient meilleurs, et l'on pourrait réfléchir à la manière d'effectuer une mise à jour des cartes aux grandes échelles à partir de l'image IKONOS.

Il faut souligner aussi le fait, que pour l'instant la société Space Imaging ne délivre pas les informations relatives à l'orbitographie et aux données d'attitude du capteur IKONOS, compte tenu de l'approche commerciale du propriétaire du satellite.

D'autres satellites à très haute résolution ont été mis sur orbite comme se fût le cas du système Quickbird avec une résolution de 60 cm en mode panchromatique (et 2.4 m en multispectral). Ceci laisse présager une qualité meilleure en terme de précision cartographique, et donc d'énormes possibilités quant à l'actualisation de la cartographie de nos agglomérations, sujette à une demande intense par les planificateurs et les aménageurs (plan d'occupation des sols, Géomarketing...).

7. Références bibliographiques :

- [1] **CEA, 1993.** « la télédétection aux fins de la cartographie topographique et thématique ». Cartographic and remote sensing bulletin December 93, Economic commission for Africa, p25 à 32.
- [2] **Cherkaoui.O.M, 1991.** Etude comparative des images satellites et leur contribution pour la détermination des points d'appui et la compilation des cartes. These de Ph-D à l'école des Gradués de l'Université Laval, Québec, Canada, 211 pages.
<http://www.birdseyeimages.com>
- [3] **CNES, 1999.** Imagerie Satellitale : Documentations produite par Business Image Group et Spot Image, 30 pages...
- [4] **Joly, F., 1976.** La cartographie, Magellan, la géographie et ses problèmes, presse universitaire de France, 271 pages.
- [5] **GDTA, 1993.** Les spatio-cartes méthodes et exemples de réalisation. Cahiers pédagogiques du GDTA, 70 pages.
- [6] **Gerlach, F., 2000.** Characteristics of Space Imaging's One-Meter Resolution Satellite Imagery Products. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing vol. XXXIII, part B1 Amsterdam 2000, pp. 128-135.
- [7] **Light, 1986a.** Mass Storage Estimates for the Digital Mapping Era: Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, Vol. 52, No. 3, pp. 419-425.
- [8] **Light, 1986b.** Planning for Optical Disk Technology with Digital Cartography: Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, Vol. 52, No. 4, pp. 551-557.
- [9] **MAS, 1999.** Map Accuracy Standard: Fact Sheet FS-171-99 (November 1999).
<http://mac.usgs.gov/mac/isb/pubs/factsheets/fs17199.html>
- [10] **PCI Geomatics Group, « Orthoengine »** Reference Manual Version 8.0, March 2001, 157 pages.
- [11] **LI, R., G.ZHOU, S.YANG, G. TUELL, N. J. SCHMIDT, C.FOWLER, 2000.** A study of potential attainable geometric accuracy of IKONOS satellite imagery .The Ohio State University.Inter
- [12] **Space Imaging Europe, 2000.** Ikonos products, technicals details. Ikonos product seminar, 10 october 2000.
- [13] **Torbjorn, W.,1990,** Precision rectification of Spot imagery, photogrammetric engineering and remote sensing, vol 56, n°2, PP 247-253.
- [14] **Toutin, Th., P.Cheng, july 2000.** Demystification of IKONOS : Canada Centre for Remote Sensing, EOM, 9(7): 17-21.
http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/rd/sci_pub/bibpdf/4807.pdf
- [15] **Toutin, Th., 2001.** DEM generation from New VIR Sensors :IKONOS, ASTER and Landsat-7.Natural Resources Canada, Canada Center for Remote Sensing. IEEE-IGARSS 2001 proceedings, Sydney, Australia, July 9-13, 2001.
- [16] **Werne, M., 2002.** True Orthoimages, Recovering full 100 per cent scenes using Digital Surface Models, GIM International April 2002, pp 37-39.