Apport de SPOT 5 à la cartographie urbaine

Isabelle Couloigner, Thierry Ranchin, Velipekka Valtonen, Lucien Wald

▶ **To cite this version:**

Isabelle Couloigner, Thierry Ranchin, Velipekka Valtonen, Lucien Wald. Apport de SPOT 5 à la cartographie urbaine. Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, 1997, 145, pp.33-38. hal-00464714

HAL Id: hal-00464714

https://minesparis-psl.hal.science/hal-00464714

Submitted on 28 Jul 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Apport de SPOT 5 à la cartographie urbaine

COULOIGNER Isabelle, RANCHIN Thierry, VALTONEN Veli Pekka et WALD Lucien

Ecole des Mines de Paris - Centre d'Energétique - Groupe Télédétection & Modélisation

B.P. 207 - 06904 Sophia Antipolis cedex - France - Tél. : (33) (0)4 93 95 74 53 - Fax : (33) (0)4 93 95 75 35

e-mail : couloigner@cenerg.cma.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est de montrer l'apport de l'accroissement de la résolution, des données du futur SPOT 5 par rapport aux données de SPOT 1-3, à la cartographie urbaine. Deux analyses sont menées sur les images simulées de SPOT 5 et SPOT 1-3. Dans un premier temps, une analyse par photo-interprétation montre que plus la résolution est fine, plus les rues apparaissent nettes dans les images. Des rues plus étroites, qui n'apparaissaient pas sur les images de SPOT1-3, deviennent visibles lorsque la résolution spatiale s'affine. Dans un deuxième temps, un processus semi-automatique de cartographie urbaine est appliqué aux images multi-bandes des simulations. Un squelette de la voirie urbaine est ainsi extrait à 10 et 20 m de résolution spatiale. Une évaluation de la superficie de la voirie sur ces "squelettes" est comparée à une superficie de référence. Cette comparaison quantitative montre que plus la résolution est fine et plus l'emprise de la voirie sur les "squelettes" est proche de la référence. Cette étude démontre que SPOT 5 apportera une nette amélioration à la cartographie urbaine.

mots-clés : SPOT 5, cartographie, voirie urbaine, évaluation.

Abstract

This study deals with the benefit for urban mapping which will result from the improved spatial resolution to be offered in future by SPOT 5, compared with current data from SPOT 1 to 3. Two analyses have been done using the simulated images for both SPOT 5 and SPOT 1-3 which are available for the city of Marseille, France. Firstly, pure photo-interpretation showed that the higher the resolution, the more roads are clearly defined in the images : narrower streets, indistinguishable on SPOT 1-3, become visible as resolution improves. Secondly, a semi-automatic process of urban mapping was applied to the simulated multi-bands images. A skeleton urban road network was extracted from images at both 10 and 20 m resolution. These skeletons were then compared quantitatively with the road network taken from accurate maps of the city. This demonstrated that the higher the resolution, the more closely the network derived from images approached the ground truth portrayed on the accurate maps. The study shows that SPOT 5 will bring a significant improvement to urban mapping,compared with the use of SPOT 1-3.

key-words : *SPOT 5, mapping, urban road networks, assessment.*

1. Introduction

La cartographie urbaine à partir des images satellitales sera sans doute un marché porteur de l'observation de la Terre pour les prochaines décennies. En effet, de nombreux organismes envisagent de lancer des capteurs civils de résolution spatiale métrique, permettant ainsi une meilleure connaissance de la ville. Pour une telle application, il est nécessaire d'avoir une haute résolution spatiale pour obtenir une description précise des formes et des structures de la ville et une haute résolution spectrale pour discriminer les différents types de terrain. Pour les données de SPOT 1-3 (canal panchromatique à 10 m et canaux multi-bandes à 20 m), le compromis n'est pas satisfaisant. Ainsi, en général, seules les données du canal panchromatique sont utilisées pour la cartographie urbaine et la nature multi-bande des données n'est pas prise en compte. Mais, les données du futur satellite SPOT 5 répondent à ce problème. En effet, le futur SPOT 5 présentera des données multi-bandes, avec les mêmes bandes spectrales que celles de SPOT 1-3, à 10 m de résolution spatiale et des données panchromatiques à 5 m de résolution spatiale (Baudoin *et al.*, 1996).

L'objectif de cet article est d'évaluer l'apport des données à haute résolution du futur satellite SPOT 5 à la cartographie urbaine. L'apport de SPOT 5 par rapport à SPOT 1-3 est mis en évidence par une méthodologie de cartographie urbaine éprouvée. Cette méthodologie semi-automatique, présentée dans la section 3, n'est pas adaptée à un capteur particulier. Elle a été mise en oeuvre sur des images issues du satellite SPOT et du capteur russe KVR-1000 dans le cadre de la cartographie urbaine (Ranchin & Wald, 1996).

Dans un premier temps, une analyse visuelle des données, présentée dans la section 5, est effectuée par photo-interprétation, afin d'évaluer l'apport de l'accroissement de la résolution spatiale à la cartographie urbaine. Dans un deuxième temps, la méthodologie de cartographie urbaine est appliquée sur les images multi-bandes des données simulées du futur SPOT 5 et de SPOT 1-3 (Pauc *et al.*, 1996). L'apport de l'accroissement de la résolution des données du futur SPOT 5, sections 4 et 5, est déterminé par la comparaison entre l'estimation de la superficie de la voirie sur les images provenant des données à 10 m de

Manuscrit reçu à la S.F.P.T. le 20 Juin 1996 ; acceptation après examen par le Comité de lecture le 16 Août 1996, et version finale reçue le 25 Novembre 1996.

résolution et celle des images issues des données à 20 m de résolution. Pour finir, nous concluons quant à l'apport des données du futur SPOT 5 à la cartographie urbaine.

2. Les données utilisées

La zone étudiée est le quartier du Vieux Port de Marseille (figure 1, p- 37) et couvre une région de 1x1,28 km^2.

Les données multi-bandes B1, B2 et B3 ont été acquises sur la ville de Marseille le 11 septembre 1993 à 15h20 TU par le capteur aéroporté R.A.M.I. (Radiomètre Aéroporté Multispectral Imageur) du CNES, dont le champ total de prise de vue est de 51°, avec une visée nadir (CNES, 1995). Les données spectrales sont similaires à celles des bandes XS1, XS2 et XS3 de SPOT 1-3. Ces données ont une résolution de 1,67 m lors de leur acquisition. Elles sont simulées numériquement :

- à une résolution spatiale de 10 m de type H1 (*i.e.* les canaux multi-bandes à 10 m et le canal panchromatique à 5 m de résolution) ;
- à une résolution spatiale de 20 m de type SPOT 1-3 (*i.e.* les canaux multi-bandes à 20 m et le canal panchromatique à 10 m de résolution).

La référence cartographique de cette zone de Marseille est fournie par des cartes sur papier au 1:2000 produites par la société ICOREM et mises à jour en mars 1996. Nous avons choisi cette échelle afin d'avoir la meilleure précision (précision à 2 mm près) possible sur l'emprise effective des rues. Cette société travaille en collaboration avec la ville de Marseille en lui fournissant des plans à grande échelle de la ville et de ses environs.

3. Méthodes numériques d'analyse et d'exploitation des données

Le processus de cartographie de la voirie urbaine se déroule en deux étapes : la détection de la voirie puis la cartographie de la voirie en elle-même.

3.1. La détection de la voirie urbaine

La détection recouvre la possibilité offerte au photo-interprète de repérer rapidement la voirie par des moyens semi-automatiques et de trouver un squelette incomplet de la voirie. Tout d'abord, une classification est effectuée à partir de l'arborescence hiérarchique ascendante des différentes classes présentes dans les images, arbre résultant de la classification par ascendance hiérarchique des canaux multi-bandes de notre zone d'étude (Albuisson, 1993). Cet arbre est alors interprété et permet de construire un masque contenant le réseau routier de la zone étudiée. Nous réitérons alors l'algorithme de classification sur les canaux multi-bandes ainsi masqués. Cette deuxième itération permet d'affiner le squelette de la voirie urbaine obtenue après l'interprétation visuelle de l'arbre hiérarchique et d'éliminer au maximum les pixels mal classés. Nous obtenons ainsi une image du squelette incomplet de la voirie urbaine à 10 m et à 20 m de résolution; ce squelette incomplet étant suffisant pour l'objectif poursuivi, *i.e.* l'évaluation de l'accroissement de la résolution spatiale dans le cadre de la cartographie urbaine.

3.2. La cartographie de la voirie urbaine

La cartographie de la voirie urbaine consiste à approcher certains segments de rues par des rectangles sur les images du squelette de la voirie urbaine. Ces segments de rue sont assez larges pour être visibles sur les images à 10 m (figure 2, page 37) et à 20 m de résolution. La largeur des rectangles approchant ces segments de rue est ajustée visuellement à celle de l'emprise de la rue à cartographier sur l'image correspondante.

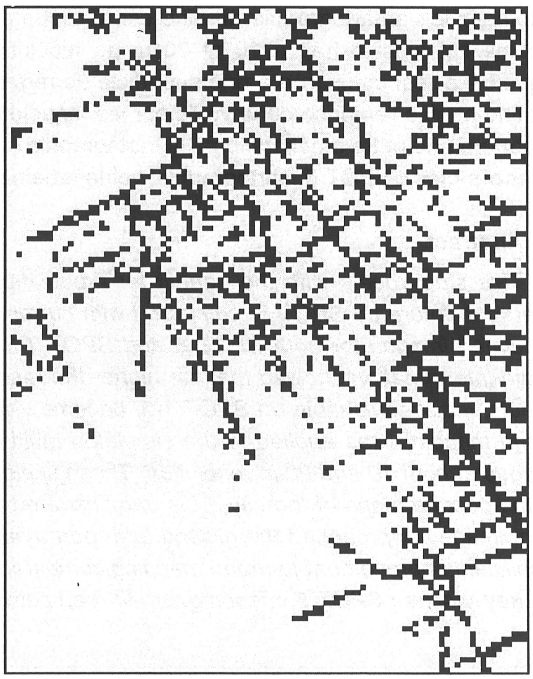


Figure 4. Squelette de la voirie à 20 m de résolution

Comme le squelette incomplet de la voirie urbaine à 20 m de résolution ne montre nettement que les grands axes du réseau routier de cette zone de Marseille, seules les rues de largeur supérieure à 15 m ont pu être mesurées. Comme les grands axes de la ville de Marseille sont orientés NW-SE, la plupart des segments cartographiés seront orientés de cette façon. Nous avons également choisi certaines rues parce qu'elles étaient bordées d'arbres, ce qui est généralement gênant lors des traitements numériques.

4. Méthodes d'évaluation et résultats

L'apport de l'accroissement de la résolution spatiale à la cartographie urbaine est évalué en deux étapes.

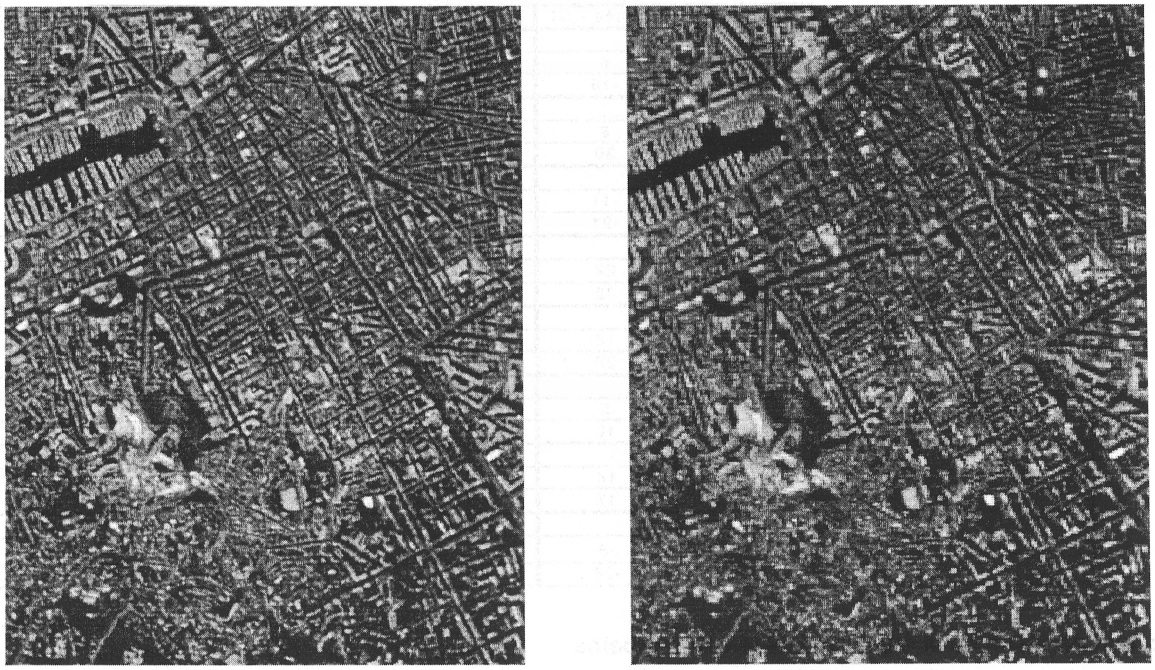
Dans un premier temps, une analyse visuelle des différentes images du quartier du Vieux Port de Marseille est effectuée par un photo-interprète qualifié. Ces comparaisons sont effectuées entre les canaux panchromatiques à 5 m et à 10 m (figure 3) et entre les compositions colorées des canaux multi-bandes à 10 m et à 20 m (figure 1, page 37).La comparaison porte sur la netteté des structures (organisation du système linéaire,

agencement des formes, ...) et des textures (taille des constructions, niveau de densité, ...) dans les images.

Dans un deuxième temps, une estimation de la superficie des segments de rue cartographiés a été effectuée sur les images du squelette de la voirie urbaine à 10 m et à 20 m de résolution spatiale. La comparaison des différentes superficies entre elles se fait par rapport à la superficie "exacte" de ces segments, superficies de référence mesurées sur les cartes au 1:2000 de la société ICOREM.

La superficie que couvrent les segments de rue cartographiés est estimée par la mesure à l'écran de la largeur et de la longueur du segment de rue considéré. Puis, l'erreur commise au niveau de l'estimation de la superficie du segment est calculée en prenant la différence, en valeur absolue, entre la superficie de référence et la superficie estimée de ce segment. Cette erreur est mesurée relativement à la superficie de référence. Nous concluons alors quant à l'apport des futures données de SPOT 5 par rapport aux données simulées de SPOT 1-3 à la cartographie de la voirie urbaine.

Pour les données simulées de SPOT 1-3, les mesures effectuées sur les segments de rue cartographiés sur l'image du squelette de la voirie urbaine à 20 m de résolution spatiale (figure 4) sont résumées dans les tableaux I et II, et celles effectuées sur l'image du squelette de la voirie urbaine à 10 m de résolution spatiale (figure 2, page 37), *i.e.* pour les données simulées de SPOT 5, sont réunies dans les tableaux I et III.



(a) 5 m de résolution (b) 10 m de résolution

Figure 3. Extrait du panchromatique simulé de Marseille pour SPOT 5 (a) et pour SPOT 1-3 (b) (CNES © 1993)

5. Analyse des résultats

5.1. comparaison visuelle

5.1.1. au niveau du panchromatique

A 10 m de résolution spatiale (figure 3.b), la voirie est observable à partir d'une largeur de 8-10 m autour du Vieux Port et d'une largeur de 14-16 m dans les quartiers plus denses (coin haut gauche de l'image). Autour de la colline de la basilique Notre Dame de la Garde (centre gauche de l'image), la vieille ville de Marseille montre des rues et des bâtiments plus difficiles à discriminer.

A 5 m de résolution spatiale (figure 3.a), la voirie est perçue en totalité autour du Vieux Port et cela quelles que soient la largeur, la longueur et l'orientation des rues. Dans les quartiers denses (coin haut gauche de l'image), les rues sont parfois visibles même lorsqu'elles ont une largeur inférieure à la taille du pixel (3-4 m), le seuil de perception dépendant de la direction du soleil, de la taille des bâtiments et de la signature spectrale des objets environnants. La basilique et les rues de largeur excédant 8-10 m autour de la colline commencent à être visibles.

Ainsi, les structures (voirie, bâtiments) sont mieux définies sur le panchromatique issu des données simulées du futur SPOT 5 que sur celui provenant des données simulées de SPOT 1-3. En effet, la description des transitions existant entre la voirie et son environnement est plus précise à 5 m qu'à 10 m de résolution spatiale.

5.1.2. au niveau de la composition colorée

La composition colorée des canaux multi-bandes permet de différencier la végétation des différentes constructions afin de renseigner l'interprète sur les différents tissus urbains existant dans la ville.

A 20 m de résolution spatiale (figure 1.b, p - 37), seuls les grands axes de la voirie (rues de largeur supérieure à 16 m) sont identifiables. La résolution

spatiale de cette image ne permet pas de percevoir les détails ponctuels existant dans la ville.

A 10 m de résolution spatiale (figure 1.a, p. 37), les rues dont la largeur excède 8-10 m sont visibles (comme pour le panchromatique de SPOT 1-3) dans l'image. Les différents tissus urbains présents y sont bien délimités et les détails de la voirie apparaissent : arbres le long de certaines rues, ombre, asphalte, ...

Ainsi, les structures (voirie, tissus urbains) sont mieux définies sur l'image multi-bande issue des données simulées du futur SPOT 5 que sur celle provenant des données simulées de SPOT 1-3. De plus, l'identification de la voirie urbaine est facilitée avec les données simulées du futur SPOT 5 par rapport à celles de SPOT 1-3.

5.1.3. conclusion

Pour le photo-interprète, la comparaison des données simulées du futur SPOT 5 avec celles de SPOT 1-3 montre l'apport de l'accroissement de la résolution spatiale à la cartographie urbaine. En effet, les structures (voirie, bâtiments, tissus urbains) sont mieux définies avec les images issues des données simulées du futur SPOT 5. Les transitions existant entre la voirie et son environnement sont également plus précises, que ce soit sur l'image panchromatique ou sur l'image multi-bande.

Les données simulées du futur SPOT 5 permettent une cartographie urbaine plus pertinente que celle issue des données simulées de SPOT 1-3.

Tableau I. Mesures des segments de référence et estimés à 10 et à 20 m de résolution

		longueur (m)	estimée - réf.	largeur (m)	estimée - réf.	superficie (m2)	estimée - réf.
Lieutaud	référence	518		20		10360	
	10 m	524	6	20	0	10479	119
	20 m	502	-16	20	0	10032	-328
Notre Dame	référence	462		20		9240	
	10 m	470	8	20	0	9391	151
	20 m	492	30	20	0	9839	599
les 3 Barthélémy	référence	305		16		4880	
	10 m	294	-11	20	4	5882	1002
	20 m	284	-21	20	4	5685	805
Chave	référence	298		24		7152	
	10 m	320	22	20	-4	6403	-749
	20 m	330	32	20	-4	6597	-555
Baille	référence	290		30		8700	
	10 m	308	18	30	0	9242	542
	20 m	312	22	20	-10	6248	-2452
Lieutaud2	référence	203		20		4060	
	10 m	208	5	20	0	4162	102
	20 m	213	10	20	0	4252	192
Prado	référence	227		60		13620	
	10 m	241	14	60	0	14450	830
	20 m	244	17	60	0	14648	1028
Puget	référence	252		28		7056	
	10 m	244	-8	30	2	7305	249
	20 m	224	-28	40	12	8944	1888

5.2. comparaison de la superficie de la voirie urbaine

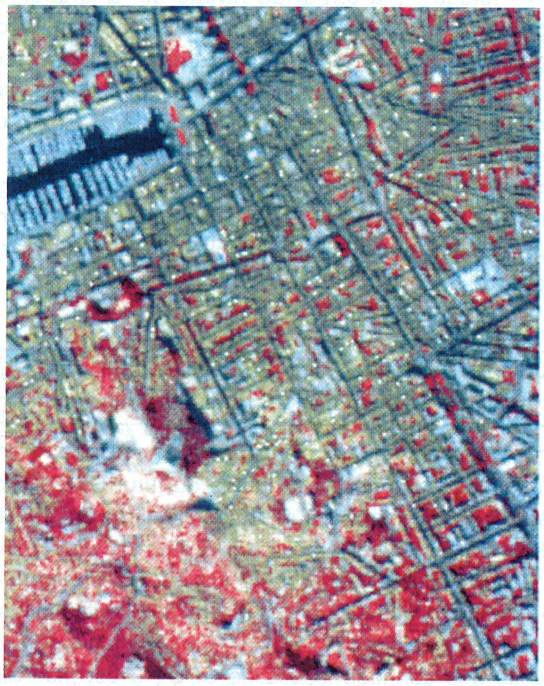
5.2.1. mesures à 20 m de résolution spatiale

L'analyse du tableau II entraîne deux observations :

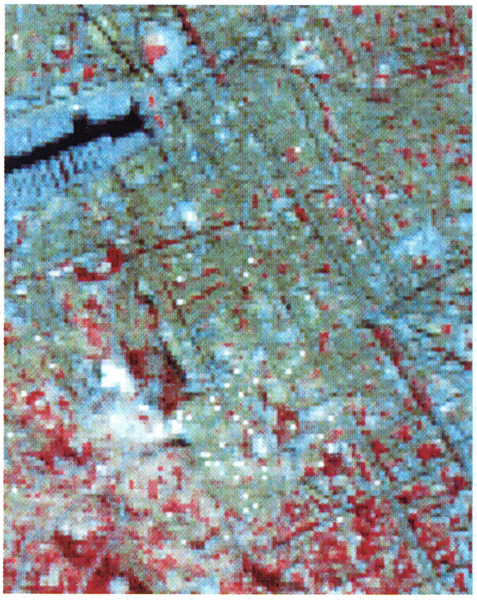
- si aucune erreur n'est commise sur la mesure de la largeur, l'erreur sur l'estimation de la superficie du segment de rue cartographié varie entre 3 et 8% ; l'estimation de la superficie de la voirie est donc relativement correcte. Dans ce cas, l'erreur sur la superficie est due à la difficulté de visualiser les deux extrémités du segment à mesurer. Cette longueur est estimée avec une erreur de 1 à 1,5 pixels, ce qui entraîne une erreur de ±30 m sur la longueur du segment à la résolution de 20 m.
- si une erreur est commise sur l'estimation de la largeur, l'erreur sur la superficie des segments cartographiés est alors comprise entre 8 et 28%, et devient non négligeable. L'erreur commise sur la longueur des segments est le résultat de la même difficulté que précédemment. L'erreur sur la superficie est due majoritairement au taux d'erreur sur la largeur. En effet, ce dernier est compris entre 17 et 43%. Ces erreurs sont commises sur les segments de rue dont la largeur de référence n'est pas un multiple de la résolution de l'image du squelette de la voirie urbaine, *i.e.* 20 m. Il s'agit des quatre rues : les 3 Barthélémy (16 m), Chave (24 m), Baille (30 m) et Puget (28 m).

Tableau II. Taux d'erreur entre mesures de référence et mesures estimées à 20 m

	Lieutaud	Notre Dame	les 3 Barthélémy	Chave	Baille	Lieutaud2	Prado	Puget
longueur	3%	6%	7%	11%	8%	5%	8%	11%
largeur	0%	0%	25%	17%	33%	0%	0%	43%
superficie	3%	6%	16%	8%	28%	5%	8%	27%



(a) à 10 m de résolution



(b) à 20 m de résolution

Figure 1. Composition colorée des canaux multi-bandes simulés (avec R ‹ XS3, V ‹ XS2 et B ‹ XS1) de l'extrait de Marseille pour le futur SPOT 5 (a) et pour SPOT 1-3 (b) (CNES © 1993)

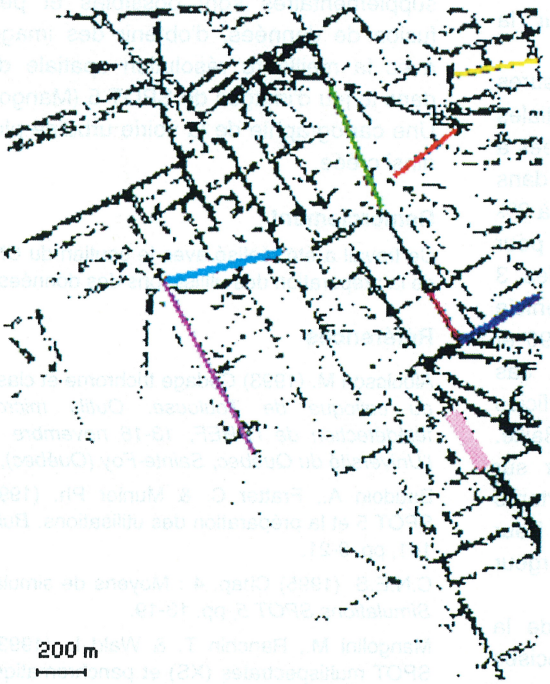


Figure 2. Squelette de la voirie urbaine à 10 m de résolution -
Segments de rue cartographiés utilisés dans l'évaluation de la superficie de la voirie urbaine

5.2.2. mesures à 10 m de résolution spatiale

L'analyse du tableau III permet de dégager les deux mêmes observations que précédemment :

- lorsqu'il n'y a aucune erreur sur la mesure de la largeur des segments de rue cartographiés, l'erreur sur la superficie de ces segments varie entre 1 et 6%. Cette erreur est donc relativement faible et l'estimation de la superficie de la voirie est proche de la superficie de référence.
- lorsqu'il y a erreur au niveau de la largeur des segments de rue cartographiés, la superficie de ces segments est calculée avec une erreur comprise entre 4% et 21%. Elle est due à l'accumulation des erreurs sur les mesures de longueur et de largeur de ces segments avec une prépondérance à l'erreur sur la mesure de largeur (7 à 25%). Il s'agit des rues Puget, Chave et les 3 Barthélémy dont la largeur de référence n'est pas un multiple de la résolution (10 m) de notre image.

Tableau III. Taux d'erreur entre mesures de référence et mesures estimées à 10 m

	Lieutaud	Notre Dame	les 3 Barthélémy	Chave	Baille	Lieutaud2	Prado	Puget
longueur	1%	2%	4%	7%	6%	3%	6%	3%
largeur	0%	0%	25%	17%	0%	0%	0%	7%
superficie	1%	2%	21%	10%	6%	3%	6%	4%

5.2.3. conclusion

Nous remarquons, en comparant les tableaux II et III que la plupart des surfaces estimées sont plus proches des surfaces de référence pour les données issues de SPOT 5 que pour celles provenant de SPOT 1-3. Seuls deux cas (les 3 Barthélémy et Chave) présentent des surfaces plus proches des références à 20 m qu'à 10 m de résolution spatiale. En effet, l'erreur effectuée au niveau de la largeur est très forte (17% et 25%) par rapport à celle effectuée sur la longueur (4 à 11%). De plus, l'erreur commise sur la largeur est la principale responsable de l'erreur commise sur la superficie des deux segments de rue.

Cependant, l'analyse du tableau I des mesures estimées pour les différentes résolutions spatiales montre que la différence entre les superficies estimées à 10 et 20 m de résolution n'est pas aussi importante dans tous les cas. En effet, cette différence est inférieure à 3% dans trois cas (Prado, Lieutaud2 et Chave) et à 5% pour les segments de rue Notre Dame, Lieutaud et les 3 Barthélémy. Ce qui représente une erreur de superficie avec les superficies de référence comprise entre 90 et 448 m^2, ce qui est assez faible. Seuls deux cas présentent une grande différence entre les superficies estimées à 10 et 20 m de résolution : Puget et Baille. Ceci s'explique par le fait que le taux d'erreur sur l'estimation de la largeur subit une baisse très importante (de 43 à 7% pour Puget et de 33 à 0% pour Baille). Pour ces deux cas, la largeur devient très proche de la largeur exacte de la rue, *i.e.* 30 m.

Nous en concluons donc que les mesures de la superficie de la voirie sont généralement plus précises pour les images à 10 m de résolution spatiale que pour les images à 20 m de résolution spatiale, puisque la visibilité des extrémités des segments est plus nette à 10 m qu'à 20 m. Et lorsque la largeur des segments de rue est multiple, ou très proche, de 10 m, sans l'être de 20 m, cette différence de précision s'accroît encore.

6. Conclusion

Cette étude démontre que l'accroissement de la résolution est un atout pour la cartographie de la voirie urbaine. En effet, la cartographie est d'une part plus riche et d'autre part plus précise lorsque les résultats sont issus des données simulées du futur SPOT 5 que lorsqu'ils proviennent des données simulées de SPOT 1-3. La composition colorée à 10 m de résolution permet de visualiser les routes dont la largeur est supérieure à 6-8 m, alors que sur celle à 20 m, les routes ne sont perceptibles qu'à partir de 14-16 m. De plus, l'analyse visuelle des données issues de SPOT 5 est plus aisée que celle des données provenant de SPOT 1-3. Il sera donc plus confortable de travailler avec les images du futur SPOT 5 dans le cadre de la cartographie urbaine.

Comme pour le satellite SPOT 1-3, des traitements supplémentaires sont possibles et permettraient, par fusion de données, d'obtenir des images multi-bandes avec la meilleure résolution spatiale disponible (5 m) dans le jeu d'images de SPOT 5 (Mangolini *et al.*, 1993). Une cartographie de la voirie urbaine plus précise serait ainsi créée.

Remerciement

Ce travail a été réalisé avec le soutien du CNES dans le cadre de la préparation des utilisations des données du futur SPOT 5.

Références

Albuisson M. (1993) Codage trichrome et classification. *In Actes du colloque de Toulouse. Outils micro-informatiques et télédétection de l'UREF, 13-16 novembre 1990, Presses de l'Université du Québec, Sainte-Foy (Québec)*, pp. 167-173.

Baudoin A., Fratter C. & Munier Ph. (1996) Le programme SPOT 5 et la préparation des utilisations. *Bulletin de la S.F.P.T.* 141, pp. 9-21.

C.N.E.S. (1995) Chap. 4 : Moyens de simulation. *In Catalogue Simulations SPOT 5,* pp. 13-19.

Mangolini M., Ranchin T. & Wald L. (1993) Fusion d'images SPOT multispectrales (XS) et panchromatique (P), et d'images radar. *De l'optique au radar, les applications de SPOT et ERS, Cépaduès-Editions, 574 pages*, pp. 199-209.

Pauc G., Latry Ch., Pasquet A. & Breton E. (1996) Pourquoi et comment simuler des images SPOT 5. *Bulletin de la S.F.P.T.* 141, pp. 22-27.

Ranchin T. & Wald L. (1996) Benefits of fusion of high spatial and spectral resolutions images for urban mapping. *To appear in Proc. of the 26th International Symposium on Remote Sensing of Environment and the 18th Annual Symposium of the Canadian Remote Sensing Society,* Vancouver, British Colombia, Canada, March 25-29, 1996, pp. 262-265.