

RAPPORT NATIONAL DE LA FRANCE
EN
PHOTOGRAMMETRIE ET TELEDETECTION
1992-1995

Préparé pour la Société Française
de Photogrammétrie et Télédétection
par

Alain BAUDOIN (CNES), Marc BERNARD (GDTA), Christophe DEKEYNE (IGN),
Colette M. GIRARD (INAPG), Hervé LE MEN (IGN), François LOUANGE (FLEXIMAGE),
Michel MARITON (MATRA CAP Systèmes), Laurent POLIDORI (Aérospatiale)

MOTS CLES : Acquisition de données, Applications, Personnels, Recherche et développement

RESUME:

Les activités de la France dans les domaines de la photogrammétrie et de la télédétection pour la période 1992-1995 sont rassemblées dans ce texte qui se base sur une enquête réalisée en hiver 1995. A défaut d'une vision exhaustive de toutes les activités nationales, on trouvera dans ce rapport une synthèse des réalisations actuelles et des tendances futures telles qu'elles apparaissent dans les réponses à cette enquête.

1. INTRODUCTION

Le contenu de ce rapport est directement issu des réponses au questionnaire adressé par la SFPT à ses membres. L'élaboration d'un tel questionnaire s'adressant à la fois à des producteurs, des utilisateurs, chercheurs ou enseignants n'est pas chose aisée. Il en a résulté un nombre faible de réponses (une vingtaine) mais qui heureusement concernait des organismes importants dans les domaines de la photogrammétrie et la télédétection. On dispose, ici, d'un aperçu de la période 1992-1995 à défaut d'une vision exhaustive.

2. INSTITUTIONS, PUBLICATIONS, COLLOQUES

2.1 Institutions

La Société Française de Photogrammétrie et Télédétection (SFPT), fondée en 1959, est l'organisme de liaison entre les différents professionnels français de la photogrammétrie et de la télédétection: chercheurs, constructeurs, producteurs, utilisateurs, enseignants, étudiants... Elle rassemble 577 adhérents, dont 118 personnes physiques et 459 personnes morales. Ses membres de soutien sont l'Aérospatiale, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, le Centre National d'Etudes Spatiales, l'Electricité de France, FLEXIMAGE, GEOIMAGE, GEOSYS, le Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale, l'Institut Géographique National, ISTAR, MATRA CAP Systèmes, MATRA MARCONI Space, l'Ordre des Géomètres-Experts, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), SPOT Image... Elle représente la France auprès de la Société Internationale de Photogrammétrie et Télédétection et, à ce titre, participe aux travaux des Commissions techniques ainsi qu'aux colloques et congrès de cette organisation. Elle a lancé une enquête auprès de ses membres pour récolter l'information nécessaire à la réalisation de ce rapport national.

2.2 Publications

La SFPT publie un Bulletin (4 numéros par an, plus éventuellement un numéro spécial) animé par un comité de rédaction et comprenant un comité de lecture. On y trouve des articles originaux acceptés après lecture ainsi que des présentations techniques et des nouvelles de la Société. Le nombre de revues françaises publiant spécifiquement des articles de photogrammétrie et télédétection est limité. En effet la plupart des auteurs français écrivent soit dans des revues spécialisées des articles traitant de photogrammétrie et/ou de télédétection soit dans des revues internationales.

2.3 Colloques

Pour la période 1989-1995 le nombre de réunions, colloques, symposia, groupes de travail organisés par des institutions françaises (plus particulièrement le CNES) a été très important. La SFPT, très souvent associée à ces manifestations, a, pour sa part, organisé à Strasbourg en 1990 un colloque international sur *l'intégration de la photogrammétrie et télédétection dans les systèmes d'information géographique*, à Grignon en 1994 un séminaire conjoint avec la Remote Sensing Society sur *la qualité de l'interprétation des images de télédétection pour la cartographie*, ainsi que plusieurs journées thématiques sur *le transfert de technologie, la montagne, la cartographie par radar, la contribution des satellites d'observation à l'étude de la Méditerranée*. Ces journées attirent un public limité mais s'apparentent plus à un groupe de travail et permettent des discussions de fond qui ne peuvent pas avoir toujours lieu lors des manifestations de plus grande importance.

3. ACQUISITION DES DONNÉES

3.1 Acquisitions aéroportées.

3.1.1 Photographies aériennes L'IGN reste le producteur français le plus important en matière de photographies aériennes, avec une moyenne de 45 000 clichés par an réalisés

en France métropolitaine et une production hors métropole assez fluctuante, de moins de 800 en 1993, à plus de 27 000 en 1995. Les tableaux suivants résument les indications fournies à la SFPT.

Tableau 1 Acquisitions aéroportées en métropole:

Organisme	Echelles	1992	1993	1994	1995	Total
IGN	1:2 500	30609	53739	46557	42142	173047
Métropole	à 1:60 000					
EPSHOM	1:20 000		439	202	159	800
EDF	1:1000	32	111	474	132	749
	à 1:10 000					
DGI	1:4000	3778	3741	4692	4850	17061
Cadastre						
LGGE	1:30 000	20	20	20	20	80
Univ. de	1:25 000	50	50	50	300	450
Rennes II	1:30 000					
G.E.	1:2 000	540	618	450	590	2198
Trenque	à					
-Rives	1:20 000					
Ecole du	1:4 000	1400	1000	1850	1400	5650
cadastre	à 1:8 000					
Total		36429	59718	54295	49593	200035

Tableau 2 Acquisitions aéroportées hors métropole:

Organisme	Echelles	1992	1993	1994	1995	Total
IGN	1:6 000	8258	773	13434	27217	49682
	à 1:65 000					
EPSHOM			12			12
EDF	1:5 000	42		630		672
	à 1:30 000					
G.E.	1:20 000	120		210	95	425
Trenque-Rives						
Total		8420	785	14274	27312	50791

3.1.2 Autres capteurs. Le CNES est le principal producteur d'images aériennes non photographiques, avec ses capteurs (capteur multispectral à barrettes: RAMI) ou ceux d'autres organismes (radars à synthèse d'ouverture du DLR Allemand ou d'INTERA Canadien). Ces images sont utilisées pour préparer les programmes spatiaux futurs (ex: simulations de SPOT 5), ou dans le cadre de programmes scientifiques (ex: PNTS: Programme National de Télédetection Spatiale).

Tableau 3 Acquisitions aéroportées non photographiques

Radar:						
Capteur	Scènes	1992	1993			
RSO du DLR (Allemagne)	4x4 km	19 sc.				
RSO d'INTERA (Canada)	8x8 km			72 sc.		
Surface en km ²			700	4600		
Radiomètre multispectral						
Capteur RAMI	1992	1993	1994	1995	Total	
résolution: 0,5 à 3 m	37 sc.	59 sc.	50 sc.	16 sc.	162 sc.	
taille: 1x1 à 6x20 km ²						
Surface en km ²	1000	2000	1500	500	4000	

3.2 Acquisitions d'images spatiales

Le CNES a poursuivi, pendant les années 1992 à 1995, le développement du programme SPOT et SPOT IMAGE s'est

maintenu à la première place des opérateurs commerciaux d'images spatiales de la Terre.

Après SPOT 1 lancé en février 1986, SPOT 2 lancé en janvier 1990, SPOT 3 a été mis sur orbite le 26 septembre 1993. Ces trois satellites sont encore utilisables, SPOT 1 étant stocké sur son orbite, alors que SPOT 2 et SPOT 3 sont utilisés commercialement.

Le tableau suivant indique le nombre de scènes (60x60 km) acquises, dont 56% par les stations de réception européenne (Toulouse et Kiruna) et 44% dans la vingtaine de stations de réception directe réparties sur le globe. Notons que les scènes SPOT sont commercialisées en grande majorité (87%) hors de France.

Tableau 4 Acquisitions d'images spatiales

	1992	1993	1994	1995	Total
Scènes SPOT acquises	545 000	441 600	579 100	533 100	2 099 600

La poursuite de l'acquisition des données SPOT est assurée pour les 15 ans à venir, avec la réalisation de SPOT 4, prêt à être lancé en 1997 et la décision prise en 1994 de construire deux autres satellites: SPOT 5A et SPOT 5B. SPOT 4 possédera des capteurs haute résolution améliorés (HRVIR), avec une bande spectrale supplémentaire dans le moyen infrarouge et chacun des satellites SPOT 5 aura trois instruments, avec une meilleure résolution (5 m) et une stéréoscopie (le long de la trace) plus opérationnelle. SPOT 4 et SPOT 5 embarqueront également un nouvel instrument: VEGETATION, à large champ (2200 km) et moyenne résolution (1,15 km) dans les mêmes bandes spectrales B2, B3 et MIR que les instruments HRVIR à haute résolution, avec une bande bleue supplémentaire.

3.3 Autres acquisitions

Peu d'informations ont été fournies sur l'utilisation d'autres capteurs. Notons que l'INRA utilise une caméra stéréovision terrestre entre 2 et 10 m d'altitude (30 clichés par an de 1992 à 1994 puis 800 clichés en 1995). De son côté l'EDF exploite une caméra thermique AGEMA, aéroportée, dans la bande des 8 µm.

4 APPLICATIONS

4.1 Applications en photogrammétrie

4.1.1 Introduction. Les applications de la photogrammétrie sont toujours essentiellement cartographiques. La photogrammétrie est également utilisée comme outil de saisie de base de données (Institut Géographique National - BDTopo®). La restitution SPOT est en régression mais la constitution de MNT et orthoimage SPOT est en augmentation. En ce qui concerne la photogrammétrie numérique, les activités concernent aussi bien les capteurs (étude par l'IGN d'une caméra numérique matricielle embarquée) que l'exploitation des images numériques (aérotriangulation automatique, automatisation de l'extraction de la topographie sur des images de résolution sub-métrique).

4.1.2 Applications cartographiques. L'Institut Géographique National et le Service du Cadastre sont les plus importants utilisateurs de la photogrammétrie (constitution de base de

données, établissements de cartes topographiques et de plans cadastraux). Il y a beaucoup d'autres cabinets privés ou administrations qui réalisent des travaux photogrammétriques. Un seul organisme a fait part d'activités photogrammétriques à but non cartographique.

L'IGN : C'est la constitution de la BD Topo qui est la plus importante application photogrammétrique de l'IGN, avec un potentiel de saisie en croissance (25 appareils fin 1995). On note, sinon, une diminution des travaux de restitution à grande échelle en France et à l'étranger et un quasi-arrêt des activités de restitution SPOT.

Le Service du Cadastre (Direction Générale des Impôts) : La moyenne des plans cadastraux réalisés chaque année par voie photogrammétrique a légèrement baissé par rapport à la période précédente. Elle se situe autour de 70 000 ha.

L'École nationale du cadastre : Le nombre de plans cadastraux réalisés chaque année par voie photogrammétrique se situe entre 200 et 400 km² par an à des échelles variant du 1:500 au 1:2 000. A ces mêmes échelles, des restitutions grandes échelles ont été réalisées (entre 86 et 233 km² par an).

Le SHOM : a réalisé par an entre 7 et 16 levés photogrammétriques (levés côtiers) représentant une moyenne de 2 000 km² aux échelles du 1:5 000 et 1:10 000. Le SHOM a réalisé également des restitutions SPOT (23 scènes traitées en 1995).

La société ISTAR : a réalisé un nombre important de MNT SPOT (de 320 000 à 500 000 km² par an) ainsi que quelques restitutions grandes échelles. Pour France Telecom, des orthoimages SPOT (avec MNT, occupation du sol, réseaux linéaires) à une résolution de 10 mètres ont été réalisées (de 5 000 km² en 1992 à 280 000 km² en 1995).

L'EDF : La division topographie de l'EDF a réalisé des restitutions grandes échelles (entre 100 et 300 ha par an) et des levés photogrammétriques au 1:1 000 (entre 500 et 1 700 ha par an).

Tableau 5 Les applications en photogrammétrie

Surfaces Km ²	en 1992	1993	1994	1995
BD Topo	7 212	9 822	15 185	17 781
Restitution (1:5 000)	452	449	686	583
Restitution grandes échelles (> 1:5 000)	88	89	19	47
Restitution à l'étranger	6 872	2 300	885	2 282
Restitution SPOT	1 283			

Le Cabinet de Géomètres-experts TRENQUE - RIVES : a réalisé des restitutions photogrammétriques en France (restitution grandes échelles et levés photogrammétriques, entre 410 et 520 km² par an, échelles 1:5 000 et 1:10 000) ainsi que

des travaux de restitution à l'étranger (environ 300 km² par an, échelles 1:5 000 et 1:10 000).

L'université Paul Sabatier de Toulouse (Laboratoire d'écologie terrestre): a réalisé des restitutions photogrammétriques en France et à l'étranger (restitution SPOT à des échelles entre le 1:50 000 et 1:1 000 000)

L'université de Rennes II : a réalisé en 1995 des 4 800 km² de restitution photogrammétrique au 1:100 000.

Le CNRS (URA/97) : a réalisé quelques restitutions SPOT en 1993 et 1994.

4.1.3 Applications non cartographiques. Parmi les réponses reçues, seule L'EDF a réalisé des applications non cartographiques.: La division topographie de l'EDF a réalisé des travaux d'auscultation 3D (300 ha en 1994, 150 ha en 1995).

4.2 Cartographie thématique

Les applications de cartographie thématique réalisées par des organismes français sont nombreuses et très variées, que ce soit en termes d'échelles, de domaines thématiques, de types de réalisation et de contextes opérationnels. Ces applications sont développées aussi bien dans les organismes de recherche (INRA, INRIA, ...) ou dans les organismes académiques (INAPG, ENSG, universités...), que dans les administrations (SHOM, Ministère de l'Environnement, ...) et dans l'industrie.

4.2.1 Les données. Les données majoritairement utilisées sont les photographies aériennes, les images SPOT (P et XS), LANDSAT TM et ERS. Les autres types de données (LANDSAT MSS et NOAA) sont utilisées de façon plus confidentielle et principalement par les universités et organismes de recherche (INRA Bioclimatologie en ce qui concerne les données NOAA). Les autres capteurs cités sont très divers: Nimbus 7, Météosat (300 images utilisées par l'université Rennes II), Moms, Radar aéroporté, Géosat, Topex... La photographie aérienne regroupe le plus grand nombre d'adeptes et de données utilisées.

Tableau 6 Les types de données utilisées

Types de données	Nombre de réponses signalant l'utilisation de données	Réponses donnant un nombre	Total de données utilisées
Photographies aériennes	13	7	21 447 + IGN : 45 000 /an
SPOT XS	11	9	583 + IGN 700/an
SPOT P	9	7	1 714 + IGN 300/an
LANDSAT MSS	2	2	23
LANDSAT TM	9	9	63 + IGN 40/an
NOAA	3	2	340

ERS 1	8	6	199
Autres	7	2	

- les études environnementales et climatiques globales ;
- la planétologie, ...

Ce sont sensiblement les mêmes organismes qui utilisent les données SPOT, LANDSAT TM et ERS1. Un seul (ISTAR) signale l'utilisation de ERS 2 (sans préciser le nombre d'images).

Les images utilisées sont généralement réparties entre un nombre réduit d'organismes. Par exemple, 3 réponses regroupent 99% des photographies aériennes utilisées entre 1992 et 1995 : l'université Rennes II (20 000 photos), les géomètres experts (685) et ISTAR (500), auxquelles il faut rajouter les 45 000 photographies utilisées annuellement par l'IGN. Les échelles vont du 1:4 000 au 1:100 000. Les 2/3 des photographies sont utilisés sous forme analogique.

De même, la majorité des images SPOT et ERS ont été utilisées par 3 organismes: ISTAR (380 XS soient 65% hors IGN, 1 250 P soient 73% hors IGN, et 90 ERS soient 45%), FLEXIMAGE (366 P, soient 21% hors IGN), et l'IGN (700 XS par an, 300 P par an et 20 ERS par an). Les autres utilisateurs se répartissent les autres images de façon plus ou moins égale. Les données sont utilisées sous forme numérique, le support le plus fréquent reste la bande magnétique. Le CD-ROM est utilisé pour la moitié des images SPOT (P et XS), les autres supports sont rarement cités (Streamer, Exabytes...)

4.2.2 Les échelles des applications cartographiques. En termes d'échelles, les travaux vont du levé cadastral ou d'aménagement urbain à des échelles de l'ordre du 1:1 000 (EDF, Cadastre, ISTAR...), jusqu'à la cartographie des ressources d'un continent du 1:1 000 000 au 1:5 000 000 (cartographie forestière de certaines régions tropicales par l'Université Paul Sabatier) en passant par de nombreux travaux dans le domaine de l'occupation du sol et de l'environnement, à des échelles de l'ordre du 1:50 000 (Ministère de l'Environnement, INAPG). Les données utilisées dépendent des échelles de travail, à savoir des clichés aériens au 1:4 000 pour des cartographies au 1:1 000, des images spatiales telles que SPOT pour la cartographie à moyenne échelle, et des données spatiales à basse résolution (infrarouge, altimétrie radar) pour des études à échelle plus globale.

En termes de domaines thématiques, tous les grands domaines de la cartographie thématique sont abordés par photogrammétrie et télédétection, notamment :

- l'agriculture ;
- la cartographie forestière ;
- les études botaniques ;
- la cartographie de l'occupation du sol ;
- la cartographie des unités paysagères ;
- la géologie ;
- le cadastre ;
- la pollution (pollution d'origine agricole, qualité de l'eau, pollution marine...);
- l'aménagement du territoire et l'urbanisme;
- la cartographie des ressources en eau ;
- l'océanographie côtière (état de la mer, turbidité, bathymétrie);
- l'océanographie hauturière (météorologie marine, détection de polluants, routage de navires, climatologie) ;
- les risques naturels ;
- les télécommunications (utilisation de MNT);
- la glaciologie ;

En termes de types de réalisations, les travaux réalisés sont de différentes natures :

- des produits cartographiques standard (BD Carto ou Géoroute à l'Institut Géographique National, carte de localisation des avalanches, carte pédologique, carte sismotectonique, ou encore atlas de climatologie océanique satellitaire réalisé par METEOMER et IFREMER) ;
- des produits cartographiques sur une zone spécifique (par exemple la carte de végétation du Centre Spatial Guyanais aux 1:50 000 et 1:100 000);
- des études thématiques n'ayant pas donné lieu à des productions de cartes ;
- des logiciels de cartographie thématique ;
- des activités pédagogiques (notamment à l'ENSG...).

En termes de contexte opérationnel, de nombreux travaux relèvent encore de la recherche (évaluation de l'apport de nouveaux capteurs par exemple) mais un certain nombre d'entre eux sont pré-opérationnels ou opérationnels (télécommunications, météorologie marine...) et font l'objet d'activités industrielles. Certaines cartes thématiques sont produites pour alimenter des études spécifiques (environnement, études d'impact, télécommunications, etc. que ce soit à des fins commerciales ou de recherche) tandis que d'autres le sont pour alimenter des bases de données (cartographie du littoral, BD Carto...).

Parallèlement à l'élaboration de cartes thématiques, on peut signaler le développement d'outils logiciels dédiés à l'aménagement du territoire ou à la cartographie de l'occupation du sol (logiciel EVELINE de MCS, logiciel OCAPI de Fleximage, logiciel VUE3D d'ISTAR, logiciel OASIS de l'INAPG, logiciels de détection des haies et d'intervisibilité de l'Université de Rennes II, ainsi que de nombreuses réalisations de l'INRIA pour la géologie, l'hydrologie, l'occupation du sol, l'aménagement et la cartographie du relief, etc). Ces logiciels sont souvent conçus comme des outils de travail pour le seul usage de leurs concepteurs, mais certains d'entre eux sont diffusés dans un cadre purement commercial.

4.2.3 Les moyens mis en oeuvre. Selon leurs activités, les organismes utilisent différents moyens. L'IGN par exemple emploie 5 avions, des caméras (8 en 1992, 11 en 1995) et des scanners, spectroimageurs. Les appareils de restitution photogrammétrique sont principalement utilisés par l'IGN et le cadastre. L'emploi du GPS se développe pour divers types d'applications. Les logiciels de traitements d'images sont très variés, il faut signaler l'utilisation de ceux-ci à des fins de production de cartes, mais aussi comme outils pédagogiques (INAPG).

5. PERSONNEL, FORMATION, COOPERATION

Les réponses reflètent un maintien global des effectifs sur la période, notons toutefois la poursuite de la lente décroissance de la recherche et une augmentation des effectifs dans la production, signes, peut-être, d'un transfert de personnel vers des activités lucratives (ou tout au moins monnayables). Pour la production les effectifs sont les suivants:

Tableau 7 Effectifs en personnels

	A	B	ratio
	Ingénieurs et cadres	Techniciens et opérateurs	t A/(A+B)
Photogrammétrie	34	167	17%
Télédétection	32	37	46%

Aucune des réponses (hormis celle de l'IGN) ne fait la distinction photogrammétrie industrielle/photogrammétrie topographique. Ceci est dû à l'absence de réponse d'organismes ayant des activités dans ce domaine.

Les ratios d'encadrement reflètent sans doute la différence de maturité des filières considérées: l'heure est encore aux cycles conception-mise au point-développement pour la télédétection, tandis que la photogrammétrie est pleinement opérationnelle.

La formation a concerné 40 thèses, 60 à 70 DEA et maîtrises. Par ailleurs 180 ingénieurs diplômés ont reçu un enseignement de télédétection pour une partie de leur cursus (INAPG).

Peu de coopérations sont mentionnées, mais peut-être faut-il voir dans cette pauvreté l'effet de l'ambiguïté du questionnaire qui n'avait pas identifié la coopération comme une rubrique à part entière. On note un seul projet dans le cadre de l'Union Européenne, deux projets impliquant des pays d'Europe (Suisse, Hongrie), 6 à 8 avec l'Afrique et l'Amérique Latine, rien en Amérique du Nord ni en Asie-Pacifique.

6. RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

Ces deux activités sont particulièrement développées dans les universités, grandes écoles d'ingénieurs, instituts de recherche, dont c'est la vocation, mais elles le sont aussi dans les organismes nationaux et les sociétés privées car elles sont à la base des technologies de demain. Citons en exemple l'activité de recherche de la Division Topographie de l'Electricité de France sur l'étude et l'application du système GPS pour les canevas géodésiques indispensables à la construction des sites de production d'électricité. Des recherches ont lieu aussi dans des organismes ayant des activités de défense ou militaires, mais l'absence de détails sur ces points est compréhensible.

Parmi les thèmes de recherche signalons l'étude de la structure du couvert végétal, l'estimation de flux de masse et d'énergie, l'estimation des propriétés optiques foliaires et de la concentration en chlorophylle, la haute résolution spectrale ... cela se concrétise par l'élaboration de modèles dans lesquels les données de télédétection interviennent avec d'autres.

Les développements les plus souvent signalés concernent principalement la création de logiciels de traitement et classification des données, en relation ou non avec les Systèmes d'Information Géographique.

Les programmes de recherche auxquels participent les organismes se situent aussi bien au niveau national (PNTS), qu'europpéen (CORINE Land Cover, NOWESP) et international (CAPES-COFECUB, OCEAN, HAPEX MOBILHY). Les organismes manifestent leur volonté de participer aux programmes internationaux.

Enfin on constate un grand succès des BRAIS avec les bons ISIS auprès des laboratoires de recherche. En effet ceux-ci ont pu acquérir des données SPOT à des tarifs très intéressants et employer des données de télédétection satellitaire dans des programmes de recherche, ce qu'ils n'auraient pas fait s'il avait fallu les acheter au prix fort. Une telle pratique a certainement permis d'élargir la communauté scientifique utilisant les données de télédétection.

7. CONCLUSION

L'ensemble des points présentés dans ce rapport national montrent bien la différence de maturité entre photogrammétrie et télédétection d'un point de vue opérationnel. On constate une orientation de la télédétection vers l'acquisition de données possédant une plus grande résolution géométrique et spectrale, ainsi qu'un développement de systèmes à moyenne résolution spatiale pour répondre à des besoins de surveillance globale de vastes territoires. C'est peut-être le signe que la télédétection aborde une phase plus opérationnelle, assistée en cela par des développements technologiques, permettant de mieux répondre aux besoins des utilisateurs.