

OSFACO

Observation Spatiale des Forêts
d'Afrique Centrale et de l'Ouest



ISBN : 978-99982-905-1-8
Dépôt Légal N° 11120 du 27 février 2019
Bibliothèque Nationale du Bénin, 1er trimestre

Images satellitaires pour un meilleur aménagement des
territoires et une gestion durable de la biodiversité
Actes de la conférence, OSFACO, Cotonou, juillet 2018



Observation Spatiale des Forêts d'Afrique
Centrale et de l'Ouest (OSFACO)
Laboratoire de Biogéographie
et Expertise Environnementale (LABEE)



Images satellitaires pour un meilleur aménagement des territoires et une gestion durable de la biodiversité



© youtube AFD, 2015

Actes de la conférence scientifique internationale

Les 25 et 26 juillet 2018
Campus universitaire d'Abomey-Calavi, Bénin

ISBN : 978-99982-905-1-8





Observation Spatiale des Forêts d'Afrique
Centrale et de l'Ouest (OSFACO)
Laboratoire de Biogéographie
et Expertise Environnementale (LABEE)



Images satellitaires pour un meilleur aménagement des territoires et une gestion durable de la biodiversité



© youtube AFD, 2015

Actes de la conférence scientifique internationale

*Les 25 et 26 juillet 2018
Campus universitaire d'Abomey-Calavi, Bénin*

ISBN : 978-99982-905-1-8



Editeurs scientifiques

OREKAN O. A. Vincent, MERTENS Benoît, AHONONGA Codjo Fiacre & TENTE H. A. Brice

Secrétariat et mise en page

OREKAN O. A. Vincent, ABDOULAYE Djafarou & AGBANOU B. Thierry & GBAÏ Innocent

Université d'Abomey-Calavi, Bénin

vincent.orekan@gmail.com; djaf_2006@yahoo.fr; thierry.agbanou@gmail.com; gnofodo@gmail.com

Impression

Imprimerie : CT Imprimerie

01 BP : 2949 Cotonou

Les opinions émises dans cet ouvrage doivent être considérées comme propres aux auteurs et ne sauraient être imputées aux institutions auxquelles ils appartiennent ou qui ont financé leurs travaux.



Université d'Abomey-Calavi



Agence Française de
Développement



Institut Géographique National
France International



Institut de Recherche
pour le Développement



Observation Spatiale des Forêts
d'Afrique Centrale et de l'Ouest



Direction Générale des
Eaux, Forêts et Chasse



Laboratoire de Biogéographie et
Expertise Environnementale

ISBN : 978-99982-905-1-8

Dépôt Légal N° 11120 du 27 février 2019 Bibliothèque Nationale du Bénin, 1^{er} trimestre

COMITE DE REDACTION

OREKAN Vincent O. A., TOKO IMOROU Ismaïla, GOUWAKINNOU Gérard N.

COMITE SCIENTIFIQUE

Professeur TENTE Brice A. H. (UAC)
Professeur DOSSOU GUEDEGBE Odile (UAC)
Dr (MC) OREKAN O. A. Vincent (UAC)
Dr (MC) THOMAS Omer (UAC)
Dr (MC) HOUNDAGBA Cossi Jean (UAC)
Dr GOUWAKINNOU Gérard N. (UP)
Dr MATILLO Augustin (DGEFC)
LCL AHONONGA Codjo Fiacre (Point focal OSFACO)
CDT AWESSOU K. G. Béranger (Suppléant Point focal OSFACO)

COMITE DE LECTURE

M. TENTE Brice A. H. (UAC, Bénin)
Mme DOSSOU GUEDEGBE Odile (UAC)
M. GLELE-KAKAÏ Romain (UAC)
M. KOLA Edinam (Université de Lomé)
M. OREKAN Vincent O. A. (UAC)
M. THOMAS Omer (UAC)
M. HOUNDAGBA Jean C. (UAC)
M. VIGNINO Toussaint (UAC)
M. VODOUNOU Jean Bosco (UP)
M. TOKO IMOROU Ismaïla (UAC)
M. GNELE José (UP)
M. OUSSENI Arouna (UAC)
M. GOUWAKINNOU Gérard N. (UP)
M. TOKO INOUSSA Imorou (AFRIGIS)
M. TOHOZIN Aimé (AFRIGIS)
M. ADJONOU Kossi (Université de Lomé)
M. HOUNTONDI Yvon Carmen (UP)
M. CHABI Adéyèmi (WASCAL/Burkina Faso)
M. M. MERTENS Benoît (IRD)
M. AHONONGA Fiacre Codjo (Point focal OSFACO)
M. AWESSOU K. G. Béranger (Suppléant Point focal OSFACO)

Table des matières

	Pages
<i>Avant-propos</i>	7
<i>Partie 1 : Dynamique des formations forestières, déforestation et dégradation des forêts et de l'habitat</i>	9
Dynamique de l'occupation du sol et implications sur la gestion durable des ressources naturelles de la réserve de biosphère transfrontalière du mono	
ADJONOU Kossi, BINDAOU DOU Issa Kerim, IDOHOU Rodrigue, SALAKO Kolawole Valère, GLELE-KAKAÏ Romain et KOKOU Kouami	11
Dynamique de l'occupation du sol dans la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (Bénin)	
SARE Baké A., KINDJINO U André, YABI Fidèle, HOUSSOU Christophe Sègbè., SINSIN Brice	30
Suivi des changements des îlots de forêts denses sèches dans la région des Monts Kouffé par les images satellitaires Landsat (2006-2013)	
TOKO MOUHAMADOU Inoussa, TOKO IMOROU Ismaïla, AROUNA Ousseni & ODJOUBERE Jules	54
Evaluation de l'occupation du sol dans la commune de Ouaké (nord ouest Bénin) à partir de la télédétection	
AGBANOU Bidossessi Thierry, OREKAN Vincent O.A., PAEGELOW Martin, TENTE Brice	75
Dynamique spatio-temporelle de l'habitat d'une espèce (<i>Mansonina altissima</i> a. Chev.) en danger critique d'extinction au Bénin	
WEDJANGNON Adigla Appolinaire, HOUNTON Charles Comlan, OUINSAVI Christine A. I. Nougbodé	91
<i>Partie 2 : Inventaire forestier, bilan carbone et émissions des GES & Applications de la Télédétection dans la dynamique des terres et politiques publiques d'aménagement et de conservation</i>	115
Évaluation du stock de carbone au dessus du sol dans la zone cynégétique de la Djona au nord-Bénin	
DJIBRIL ABDOULAYE Guirguissou, TOKO IMOROU Ismaïla, THOMAS Omer, ZAKARI Soufouyane, AROUNA Ousseni, DJAOUGA Mama	117

Cartographie de la variabilité du stock de carbone épige en milieu tropical : cas de la forêt classée de Wari-Marou au Centre-Bénin	
ISSIFOU MOUMOUNI Yaya, DJAUGA Mama, ZAKARI Soufouyane, TOKO IMOROU Ismaïla, THOMAS Omer, AROUNA Ousséni	134
Effet des changements d'occupation des terres sur le flux du carbone : un exemple des forêts classées de l'Alibori-superieur et de Ouénou-Bénou au Bénin	
GOUWAKINNOU Gérard Nounagnon, BIAOU Samadori Sorotori Honoré, HOUETO Ogoubiyi Félix	153
Chaine de Markov et modélisation prédictive de l'occupation des terres en contexte agricole dans l'hydro-écorégion de la Faille de Kandi au Benin	
EDEA O. Emile et OREKAN O.A. Vincent	173
<i>Partie 3 : Dispositifs nationaux de surveillance et suivi des forêts et des terres</i>	191
Dynamique de l'occupation des terres avant et apres le plan d'aménagement participatif de la forêt classée de l'Alibori supérieur au Nord-Bénin	
ISSIAKO Dramane, AROUNA Ousséni	193
Classification d'images satellites spot avec randomforest et cartographie du paysage forestier dans le bassin cotonnier du nord-Bénin	
KOUTA Sébastien, TOKO IMOROU Ismaïla, SOGBOSSI Erick S., MAZO Ismaël, ZAKARI Soufouyane, AROUNA Ousséni, DJAUGA Mama, THOMAS Omer	211
Cartographie des changements spatio-temporels des unités d'occupation des terres dans la forêt classée de Goungoun et ses terroirs riverains	
ZAKARI Soufouyane, MAZO Ismaël, TOKO IMOROU Ismaïla, DJAUGA Mama, AROUNA Ousséni, THOMAS Omer	229
Déterminants de la dynamique d'occupation des sols dans la zone d'intervention du projet PRRF au Bénin	
GBEDAHI Oméga Lydia Clarisse, GOUWAKINNOU Gérard Nounagnon, BIAOU Samadori Sorotori Honoré	247
<i>Partie 4 : Applications/utilisation des images satellitaires dans les secteurs du développement durable</i>	263
Extension urbaine et dynamique des ecosistemés cotières de la route des pêches au Bénin	
	265

OREKAN O.A. Vincent, PLAGBETO Hermann A., ABDOULAYE Djafarou, OREKAN Esthelle

Analyse des données aérospatiales utilisées dans l'étude de la gestion de l'espace urbain au Bénin : une application à la ville de Parakou et sa région

DJAUGA Mama, MAZO Ismaila, ADAM Abou, THOMAS Omer et HOUNDAGBA Cossi Jean

278

Caractéristiques agro-écologiques du bassin moyen et supérieur de la Rivière Sô au Bénin

GBAÏ N. Innocent, VODOUNOU K. Jean Bosco, OREKAN Vincent A. O. et TENTE H. A. Brice

302

ANALYSE DES DONNEES AEROSPATIALES UTILISEES DANS L'ETUDE DE LA GESTION DE L'ESPACE URBAIN AU BENIN : UNE APPLICATION A LA VILLE DE PARAKOU ET SA REGION

ANALYSIS OF AEROSPATIAL DATA USED IN THE STUDY OF THE MANAGEMENT OF URBAN SPACE IN BENIN: AN APPLICATION TO THE CITY OF PARAKOU AND ITS REGION

DJAOUGA Mama ¹, THOMAS Omer ², MAZO Ismaila ¹, ADAM Abou ³, et
HOUNDAGBA Cossi Jean ⁴

1. Laboratoire de Cartographie, DGAT/IGATE, maloud75@gmail.com, thomasomer@yahoo.fr,
ismaelmazou@yahoo.fr

2. Institut de Géographie, de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, IGATE, thomasomer@yahoo.fr

3. Centre National de Télédétection et du Suivi Ecologique,

4. Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale, LABEE/FASHS, cjhounda2006@yahoo.fr

Résumé

Depuis 1949 à nos jours le territoire du Bénin a bénéficié 71 différentes missions en photographies aériennes assurées par 10 différentes compagnies sur les espaces naturels et urbains. 24 autres différentes missions d'images satellites ont été réalisées par neuf différents satellites. La ville de Parakou a bénéficié de 05 différentes missions aériennes qui ont couvert totalement Parakou et ses environs par 4 compagnies aériennes : Togo 002, (1949) ; A.O.F (1963-64) ; BEN (17,36 ,46) ; UNDP KENTING, (1974) et 52 différentes missions satellites par LANDSAT TM et SPOT. Une analyse de ces données aérospatiales a été menée sur la ville de Parakou. Elle vise à élaborer un document de référence contenant non seulement l'évaluation de la qualité technique des photographies aériennes et des images satellites utilisées, mais aussi de spécifier les besoins en données aérospatiales. La recherche documentaire et planimétrique, la mission de reconnaissance, l'interprétation des photographies aériennes et images satellites, le contrôle terrain, les travaux spécifiques de laboratoire, les enquêtes socio-économiques dans les structures et services utilisant les produits de télédétection et le traitement afférant aux différentes données planimétriques collectées constituent les méthodes utilisées.

L'évaluation de la qualité technique de ces différentes données aérospatiales a prouvé d'énormes insuffisances. Mais, malgré ces difficultés, l'usage de ces différentes données aérospatiales a beaucoup contribué à l'étude de la gestion au Bénin et en particulier celle de la ville de Parakou.

Mots clés : données aérospatiales, images SPOT, LANDSAT, espace urbain, Parakou

Abstract

From 1949 to the present day the Benin territory has benefited 71 different missions in aerial photographs provided by 10 different companies on the natural and urban spaces. Another 24 different satellite imagery missions were carried out by nine different satellites. The city of Parakou benefited from 05 different air missions which totally covered Parakou and its

surroundings by 4 airlines: Togo 002, (1949); A.O.F (1963-64); BEN (17,36, 46); UNDP KENTING, (1974) and 52 different satellite missions by LANDSAT TM and SPOT. An analysis of this aerospace data was conducted on the city of Parakou. It aims to develop a reference document containing not only the assessment of the technical quality of aerial photographs and satellite images used, but also to specify aerospace data requirements. Documentary and planimetric research, reconnaissance mission, interpretation of aerial photographs and satellite images, field control, specific laboratory work, socio-economic surveys in structures and services using remote sensing products and related processing the different planimetric data collected constitute the methods used.

The assessment of the technical quality of these different aerospace data has proved to be extremely inadequate. But despite these difficulties, the use of these different aerospace data to contribute much to the study of management in Benin and in particular that of the city of Parakou.

Keywords : *aerospace data, SPOT images, LANDSAT, urban space, Parakou*

Introduction

Selon F. Dureau *et al.* (1995, p.5), l'un des phénomènes les plus marquants en cette fin du xx^e siècle est sans aucun doute la rapidité du processus d'urbanisation à l'échelle planétaire. Pour une meilleure gestion des villes, les politiques urbaines font de plus en plus appel aux nouveaux outils de télédétection spatiale et aux systèmes d'information urbains (F. Dureau *et al.*, 1995, p.10). La planification urbaine suppose que l'on ait accès à des données fiables et continuellement mises à jour. L'imagerie satellitaire représente une source intéressante d'information sur l'espace urbain. Elle fournit une vue d'ensemble du territoire, non schématique comme celle offerte par les cartes (I. Sebari *et al.*, 2010 ; p.123). Dans les pays en développement, faute de moyen, ces données sont rarement disponibles car les moyens traditionnels de collecte de l'information sont chers et trop souvent hors de portée des possibilités financières des principaux responsables de la planification. Ceci est d'autant plus préjudiciable que les taux de croissance des grandes métropoles sont parfois vertigineux (de 6 à 10 % par an) ce qui entraîne des extensions spatiales incontrôlées. En Afrique et au Bénin, les villes connaissent de nombreux problèmes dans la gestion de l'espace. Le développement spatial des grandes villes du Bénin que sont Cotonou, Porto-Novo, Bohicon, Parakou est confronté au problème de gestion de l'espace et ceci faute d'une politique gouvernementale d'aménagement approprié. L'analyse de la dynamique des espaces urbains dans leur globalité est possible grâce aux nouveaux outils de télédétection spatiale et de systèmes d'information urbains, c'est-à-dire les images satellites, les photographies aériennes. Au Bénin plusieurs structures utilisent, à des niveaux différents, les produits aérospatiaux de l'Institut Géographique National, de la Société d'Etude Régionale de l'Habitat et d'Aménagement Urbain et du Centre National de Télédétection et de Suivi Ecologique et de l'Agence Béninoise pour l'Environnement. Ces données aérospatiales constituent donc des outils

indispensables à la réalisation de multiples travaux d'aménagement et de gestion de l'espace. Plusieurs produits de la télédétection ont été utilisés par O. Thomas (1983, p.25) pour analyser l'occupation de la ville de Parakou et de sa région. Ces documents, malgré leur richesse apparente apportent des informations générales au niveau d'une zone aussi étroite que la région de Parakou. La nébulosité de cette région de Parakou étant en moyenne supérieure à 7 octas, soit neuf mois par an. Ces difficultés dénotent d'une absence presque totale d'un cadre technique normatif pour l'acquisition et le traitement des données aérospatiales au Bénin d'une part et d'autre part, la non maîtrise des paramètres techniques (plate-forme, capteurs et le système mécanique, optique et géométrique). Le présent article vise à évaluer les spécificités contenues dans le cadre technique normatif pour l'acquisition, le traitement et l'usage des données aérospatiales au Bénin.

2. Matériel et méthodes

2.1 Milieu d'étude

La commune de Parakou est située entre 9°15' et 9°27' de latitude Nord et entre 2°31' et 2°45' de longitude Est. Elle est limitée au nord et à l'est par la commune de N'Dali, au Sud et à l'Ouest par la Commune de Tchaourou. A mi-chemin, entre le Nord et le Sud du Bénin, la ville de Parakou est une ville carrefour. Elle est au croisement des axes routiers Inter-Etats RNIE 2 Cotonou- Malanville et la RNIE 3 Parakou- Djougou. La route Inter-Etats est doublée de la voie ferrée sur un parcours de 435 km depuis Cotonou. Elle s'étend sur une superficie de 441km². La figure 1, présente la carte de situation géographique de la commune de Parakou.

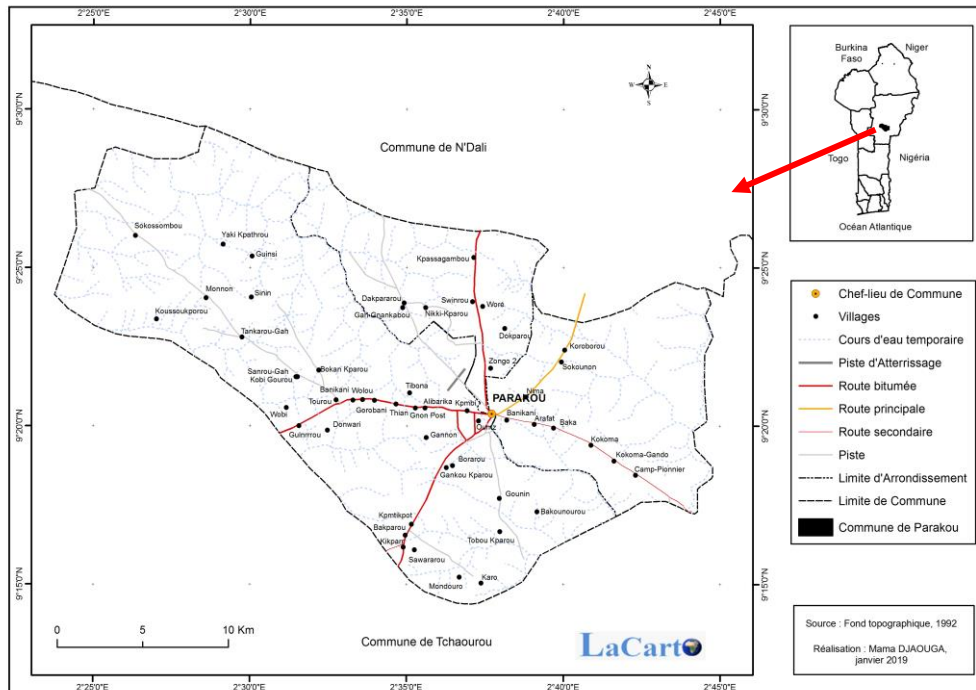


Figure 1 : Situation géographique de la Commune de Parakou

La Commune de Parakou est caractérisée par un climat soudanien à deux saisons divisées en des périodes d'événements bioclimatiques successives à partir de la variation mensuelle des précipitations et de l'évapotranspiration. La période humide (mi-mai à mi-octobre) ; la période franchement humide (juillet à fin septembre) et la période sèche (mi-octobre à mi-mai). L'eau de pluie est disponible avec une température moyenne de 27°C. Les températures moyennes les plus élevées sont enregistrées aux mois de mars et avril et les plus faibles en juillet, août et septembre. De ces facteurs climatiques (périodes sèche, pluvieuse, harmattan) dépendent la qualité des images. Les sols les plus répandus sont les sols ferrugineux à sesquioxyde de fer et manganèse suivis des sols ferralitiques faiblement désaturés sur granito-gneiss acide sur un paysage morphologique de pénéplaine cristalline faite de croupe, de failles, de dénivellation parfois surmontées de buttes cuirassées. Les pentes des versants sont faibles ne dépassant pas les 3 %, sauf au niveau des corniches cuirassées. Elles débouchent sur les bas-fonds à écoulement saisonnier, structurés en réseaux dendritique hiérarchique assurant le drainage naturel du terrain. (O. Thomas, 1983, p22). La population de la commune était de 14 000 habitants en 1961. Elle est passée de 60 900 en 1979, à 103 577 hbts en 1992 et à plus de 150 000 habitants en 2002 et 255 478 habitants en 2013 avec un taux d'accroissement naturel de

3,6 % et un taux de croissance de 8,33 % par an (Recensement de 1961, RGPH, 1979, RGPH, 2002 et RGPH, 2013).

2.2 Matériel

Les documents planimétriques exploités sont : les cartes topographiques indexés dans l'élaboration des grilles de référence ; les photographies aériennes issues des différentes missions ; les images satellites ; le redresseur analogique Zeiss-SEG V ; le plan variographe AVRS-2 pour le complétement (IGN) ; l'agrandisseur Durst CLS-14 pour les agrandissements mixtes des photographies aériennes ; le scanner CRISTAL Tx 40 Wide format pour le scannage des images et minutes d'interprétation ; le stéréoscope à miroir pour les visions tridimensionnelles ; Landsat MSS, Landsat TM ; SPOTXS ; SPOT 1-7 ;

2.2 Méthodes et traitement données

La démarche méthodologique adoptée est à la fois descriptive, analytique et diachronique, complétée par des enquêtes auprès des différentes structures et des enquêtes de terrain.

2.2.1. Méthodes d'évaluations de la qualité technique des photographies aériennes et des images satellites

Avant l'évaluation des photographies aériennes et les images satellites, celles-ci ont été prétraités.

2.2.1.1 Prétraitement

Sept (07) étapes ont été suivies pour traiter les photographies aériennes. D'abord le montage en mosaïque sous forme empirique par sélection des photos sur la base du plan de vol a permis l'identification des points d'appui sur les photos (point standard), puis leur correction géométrique, soit par Zeiss SEGD, soit par Erdas Imagine. Ensuite, le redressement proprement dit et redresseur automatique ont été opérés. L'interprétation des photographies aériennes grâce aux techniques de mosaïques de photos.

Concernant les images satellites, il a été question d'abord d'observer les scènes à partir des plans de scènes (Spot et LandSat). Les corrections par modification de la résolution de l'image ont été faites. Enfin, la dernière phase a concerné l'interprétation des images satellites.

2.2.2. Evaluation de la qualité technique des photographies aériennes et des images satellite

Les éléments pris en considérations dans l'évaluation de la qualité technique des photographies aériennes et des images sont:

- *Les renseignements marginaux* (Datum, nom de la compagnie, nom de la zone survolée, date et heure de prise de vues, orientations des axes et numéros des stations).

- *Les renseignements sur les capteurs scanneurs. Il s'est agi de voir* l'appareil de visé qui possède un dispositif (la résolution en point par pouce ou ppp ; une résolution par exemple de 300 ppp correspond à un pixel de 0,085 mm de côté ; la dynamique dans la restitution de la plage de gris enregistrée sur les objets, le domaine spectral, les scanneurs couleur analysent les objets dans trois bandes de fréquence correspondant globalement aux trois couleurs primaires ; le rouge, le vert et le bleu).

L'évaluation de la qualité technique des photographies aériennes a été faite sur la base de cinq (5) critères fondamentaux qui ont été pris en considération au cours de cette évaluation. (Sensibilité spectrale, distance principale (C) de la caméra, superficie couverte par photographie (format de la photo), inclinaison de l'axe principal de la caméra par rapport au plan horizontal du sol et la résolution spatiale des points objet.

Par rapport à la qualité technique des **images satellites**, six critères fondamentaux ont été pris en compte à savoir : la bande spectrale, altitude du satellite, le type de capteur, la largeur de la scène, la résolution spatiale et la répétitivité des images. Il faut signaler que ces chiffres évoqués représentent la valeur moyenne pour chacune des missions.

❖ **Aspects qualitatifs** : il a concerné la méthode analytique par la détermination de l'angle d'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal. Cette évaluation est faite sur les photos échantillons suivant la formule ci-dessous.

$$\theta P = r/tg\alpha$$

θP = la différence des angles entre l'axe principal **p** par rapport au plan l'horizontal et le point nadir **n** et α l'inclinaison totale entre l'axe principal et la verticale toujours perpendiculaire au plan l'horizontal. Toutes ces opérations ont permis d'abord d'évaluer et d'améliorer la qualité technique des données aérospatiales utilisées pour l'étude de la gestion de la ville de Parakou et ensuite d'apprécier les apports et les limites des photographies aériennes et des images satellite à l'étude de la gestion de la ville de Parakou.

3. Résultats

3.1. *Inventaire des photographies aériennes et des images satellite disponibles et couvrant totalement ou partiellement la ville de Parakou*

D'après les investigations de terrain auprès des structures productrices des données cartographiques au Bénin, une liste des données du recensement des missions est présentée au niveau du tableau I.

Tableau I : Recensement et adressage des photographies aériennes et des images satellites disponibles et couvrant totalement ou partiellement la ville de Parakou

Type d'images	Mission	Année	Echelle	Localité	Type de Données	Service bénéficiaire	Usages
Satellite	LANDSAT 7	1972/1973	57m	Commune de Parakou	MSS	CENATEL	Archive
	LANDSAT 5	1985	30m	Commune de Parakou	Image TM	CENATEL	Etude d'utilisation du sol
	SPOT-1	1989	20m de résolution	Commune de Parakou	Image HRV1	PGRN	Carte de végétation
	LANDSAT ETM+	2005	20m	Commune de Parakou	TM+	Projet RIVERTWIN S	Cos et de végétation
	LANDSAT 7	2001/2002	28,5m	Commune de Parakou	Image ETM+	PBF2	Inventaire Forestier National
	LANDSAT 7	2005/2006	30m	Commune de Parakou	Image ETM+	PBF2	Inventaire Forestier National
Photographies aériennes	TOGO-002	1949	1/30.000 ^e	Parakou ville	Photos aériennes Noir/blanc	MTP/ IGN	Archive
	AO.F	1954-55	1/30.000 ^e	Commune de Parakou	Photos aériennes Noir/blanc	MTP/ IGN	Archive
	BEN 17	1983	1/15 000	Parakou ville	Photos aériennes Noir/blanc	MTP/ IGN	Régie Foncier Urbain
Photographies aériennes	BEN 46	1949	1/10 000	Parakou ville	Photos aériennes Noir/blanc	MTP/ IGN	Régie Foncier Urbain
	BEN 36	1986	1/10 000	Parakou nord	Photos aériennes Noir/blanc	MTP/ IGN	Régie Foncier Urbain
	UNDP/ Kenting	1975	1/80.000 ^e	Communes de Parakou	Photos aériennes Infrarouge Noir/blanc	Projet Onchocercose	Exploitation directe par mosaïcage
	I.A.P	1992	1/25.000 ^e	Ouémé/ Supérieure	Photos aériennes Noir/blanc	PGRN	cos et de végétation
	I.A.P	1992	1/20.000 ^e	Okpara	Photos aériennes Noir/blanc	PDPA-BORGOU	cos et de végétation

I.G.B	1998	1/20.000 ^e	F.C. Sud-Parakou	Photos aériennes Noir/blanc	PGRN	cos et de végétation
I.G.B	1998	1/20.000 ^e	F.C. Nord Parakou	Photos aériennes Noir/blanc	PGRN	cos et de végétation

Cos et végétation = Carte d'Occupation du Sol et de végétation

L'examen du tableau I montre qu'il existe pour la ville de Parakou cinq (05) différentes missions aériennes. Ces missions ont couvert totalement la ville de Parakou par quatre compagnies (Togo 002,1949 ; A.O.F 1963-64 ; BEN-17-36-,46 ; UNDP, 1974/KENTING. La cinquième (BEN 36, 1986) n'a pas couvert totalement la ville de Parakou. Récemment, Parakou a été couvert par la mission de la cartographie numérique, 2015.

3.2. Inventaire des photographies aériennes et images satellites couvrant totalement la ville de Parakou

Le tableau II, fait la synthèse des photographies aériennes et images satellites couvrant totalement la ville de Parakou.

Tableau II : Synthèse des photographies aériennes et images satellites couvrant totalement la ville de Parakou

Type d'Images	Nombre de Missions					
	Type d'émulsion	Nom de la Mission	Année	Echelle	Total	Pourcentage
Photos aériennes	Noir/blanc Panchromatique	TOGO- 002	1949	1/30 000 ^e	1	20
		BEN (17 et 46)	1949 et 1983	1/10 000 ^e à 1/15 000 ^e	2	40
		AOF	1963 à 1955	1/30 000 ^e à 1/50 000 ^e	1	20
	Noir/blanc Infra	UNDP/Kenting	1975	1/80.000 ^e	1	20
Total					5	100 %
	Type	Bande spectrale	Année	Altitude	Total	Pourcentage
Images satellites	SPOT-XS	HRV1	1985 à	832km	1	12.5

			1989			
	SPOT-1	HRV1	1975 à 1985	900km	1	12.5
	SPOT-2	HRV2	1975 à 1985	900km	1	12.5
	LANDSAT-4	MSS	1972 à 1973	900km	1	12.5
	LANDSAT 7	TM	1975 à 1985	705km	1	12.5
	LANDSAT7	TM+	1978 à 2006	900km	1	12.5
	LANDSAT	ETM+	2006	900km	1	12.5
	SPOT- 5	Ortho-image	2008	900km	1	12.5
Total					8	100 %

L'examen du tableau II, montre que huit (8) différentes missions ont couvert entièrement la ville de Parakou par deux types de satellites. La figure 2 présente les zones couvertes par les photographies aériennes et les images satellites à Parakou pendant de 1949 à 2008.

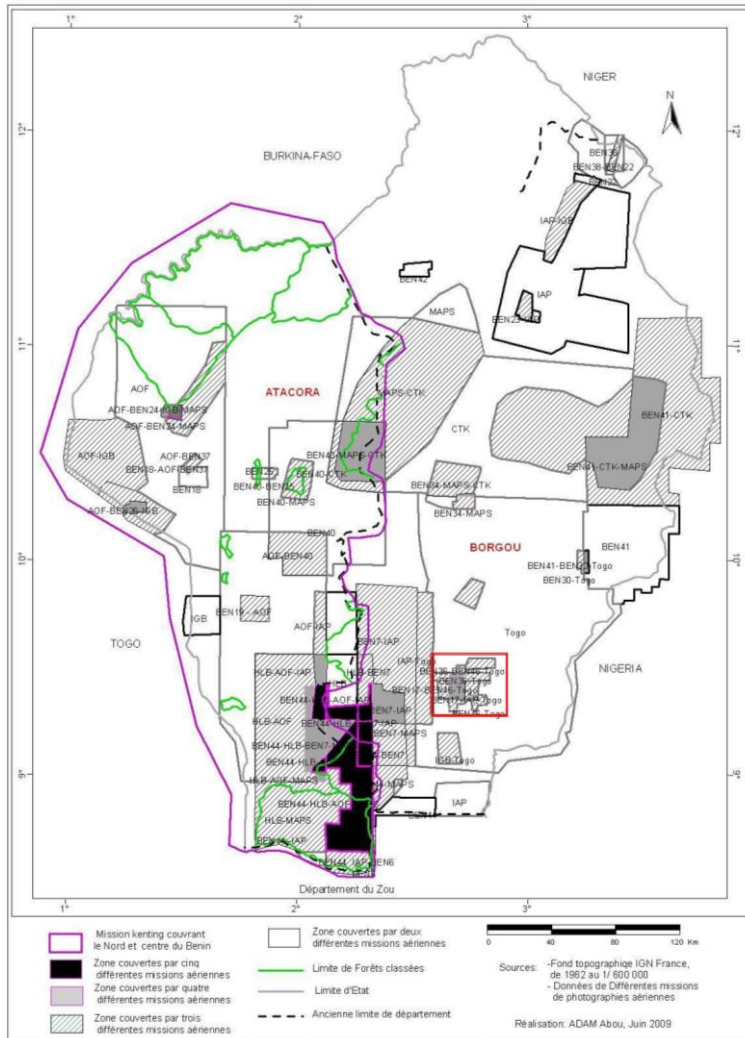


Figure 2 : Zones couvertes par les photographies aériennes et les images satellites à Parakou entre 1949 et 2008

La figure 3 présente les scènes de l'imagerie SPOT couvrant le secteur de Parakou.

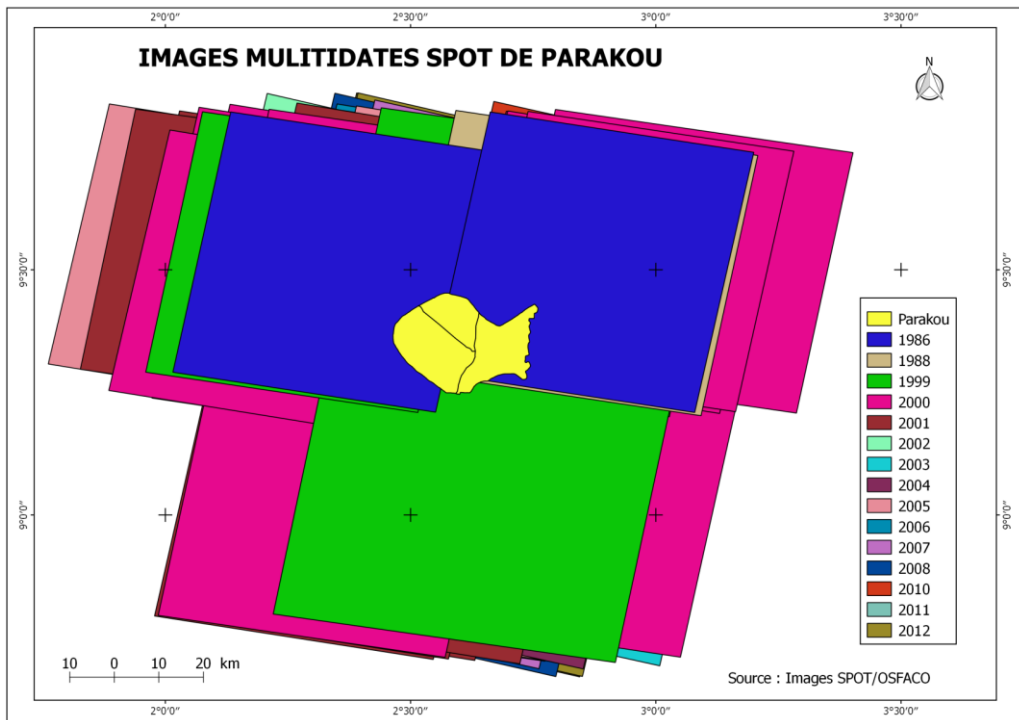


Figure 3 : Zones couvertes par les images satellites spots autour de Parakou entre 1986 et 2012
 Source : OSFACO, 2018

L'examen de la figure 3, montre d'après les archives que les scènes disponibles sont celles de la période de 1986 à 2016. Elles ont une résolution de 6 m.

3.3. Evaluation de la qualité technique des données

D'après les travaux de laboratoire, la mission Togo 002, a une moyenne des distorsions de 5°2 autour de l'axe des X et de 3°4 autour de l'axe des Y. Cela donne une résolution spatiale de 6 m avec une distance principale grand angulaire à l'échelle 1/30 000. Par rapport à la mission AOF, elle présente les mêmes résultats que la précédente sauf qu'ici la résolution spatiale est légèrement inférieure (8 m). Quant à la mission BEN (17 ; 46), elle présente des résultats largement plus améliorés que les deux premières. La mission UNDP/Kenting est celle qui présente les valeurs moyennes déformées. Ces distorsions amplifiées sont liées non seulement à la hauteur de vol, mais aussi et surtout à la distance principale super grand angulaire utilisée. La très faible résolution spatiale est liée à la sensibilité spectrale du film. De façon détaillée, l'évaluation des missions de photographies aériennes propres au milieu de la ville Parakou a pris en compte d'abord l'évaluation de la grille des références de toutes les missions depuis 1949 à 1979 à travers l'analyse

des paramètres des grilles de référence et des données marginales des quatre missions de photographies aériennes pour les quatre missions de prise de vues aériennes : Mission Togo 002,1949 ; Mission A.O.F 1963-64 ; Mission UNDP (1) ; Mission BEN17, 36 et 46, de 1949, de 1986 et de 1983.

3.4. Evaluation des grilles de référence des missions des photographies aériennes de la ville de Parakou

Le tableau III, renseigne sur les paramètres des données marginales des quatre missions de photographies aériennes.

Tableau III : Récapitulatif des paramètres des grilles de référence pour les quatre missions de prise de vues aériennes

	Types missions			
Paramètres	A.O.F 1963-64	(UNDP, 1974) KENTING	BEN-17, 36, 46 de 1949, 1983,1986	Togo 002, 1949
Lignes de vol et numéros	+	+	restitués	+
Stations et mention de nadirs	+	+ par intervalle de 5 photos	+	-
Calque indexé et son échelle	+	+	+	+
Echelle moyenne des photos	+	-	+	+
Hauteur de vol par rapport au datum	+	-	+	+
Type de caméra et la chambre métrique (C)	+	+	+	+
Direction et sens de vol	+	-	+	+
Date et heure de la prise de vues	+	-	+	+
Nombre de photos par passe et le nombre total pour une mission	+	-	+	+
Taux de recouvrement longitudinal et latéral	+	-	+	+
-Superficie et -Nom de la compagnie	-/+	-	-/+	-/+

* mentionné implique la prise en compte des paramètres (+)

* non mentionné implique le manque de renseignements sur ces paramètres (-)

De l'examen du tableau III, il convient de souligner que pour le plan de vol de la mission KENTING EARTH SCIENCES, deux grilles de références sont à prendre en compte. Sur la première, les axes de vol sont établis sur le calque indexé. Pour la seconde grille, seuls les axes de vol sont établis sans le fond topographique indexé. Tous ces tableaux d'assemblages ont été conçus

par la méthode analogique que le pilote est tenu de respecter malgré les difficultés qui s'imposent.

3.5. Evaluation détaillée des photographies aériennes par mission de prise de vue

Dans cette rubrique l'évaluation a pris en compte les paramètres propres aux aspects quantitatifs et qualitatifs des différentes missions de la ville de Parakou.

3.5.1. Aspects quantitatifs

Il s'agit de tous les renseignements portés sur la grille de référence. Ces renseignements sont intégralement contenus dans les informations marginales de chacune des photographies aériennes. Le tableau IV présente les paramètres des données marginales des quatre missions de photographies aériennes.

Tableau IV: Récapitulation des paramètres des données marginales des quatre missions de photographies aériennes

Informations marginales	Types de Photos			
	Togo 002, 1949	A.O.F 1963-64	BEN 17, 36,46 1949 , 1983 et 1986	UNDP,(1)1974 KENTING
Lignes de vol et numéros de photos	+	Partiellement mentionnés	+	Mentionnés mais sur le fond de la photo
Périscopie solaire et l'altimètre	+	-	+	+
Echelle moyenne des photos	+	-	+	Implicitement mentionnée mais sur le fond de la photo
Type de film utilisé et sa sensibilité	-	Mentionnée	+	Mentionnée mais sur le fond de la photo
Type de caméra et la chambre métrique (C)	-/+	-	-	Mentionnés mais sur le fond de la photo
Cadran horaire	+	-	Non mentionnés	+
Date et heure de la prise de vues	+	-	-	Mentionnées mais sur le fond de la photo
Nom de la compagnie	+	+	+	+
Marques	+	+	+	+

judiciaires				
Nom de zone survolée	+	Non précis	Non précis	Mentionné mais sur le fond de la photo et sur une seule photo
-Teinte et de la photo - format	-N&B panchromatique -18cmx18cm	N&B panchromatique 18cmx18cm	N&B panchromatique 18cmx18cm	-IR 23 cm x23 cm

* mentionnée implique la prise en compte des paramètres (+)

* non mentionné implique le manque de renseignements sur ces paramètres (-)

De l'analyse des informations contenus sur ce tableau il n'y a apparemment pas d'insuffisances majeures à signaler. Toutefois, les photos aériennes de la mission A.O.F 1963-64 souffrent d'un certain nombre d'irrégularités. Cela a engendré des difficultés lors de l'exploitation de ces dernières par nos prédécesseurs. En effet, le fait qu'il n'y a fait mention de la distance principale "C" de la caméra de prise de vues, la détermination avec précision de l'échelle moyenne des photos est plus facile. Il en est de même de l'évaluation des superficies des unités d'occupations à partir de ces photos. A ces constats s'ajoutent les critères qualitatifs des photographies aériennes.

3.5.2. Aspects qualitatifs

Pour mieux apprécier les analyses, l'évaluation a été faite pour chaque mission de photographie aérienne réalisée dans la ville de Parakou.

✓ **Mission Togo 002,1949**

Cette mission date de 1949. Elle a été effectuée par l'IGN au mois de Novembre. Elle a également couvert le territoire Togolais et comprend 516 photos. Ces photos sont prises avec un film panchromatique « Noir & Blanc » à sensibilité spectrale de 0,7 micron ; au format 18 cm x18 cm suivant treize axes de vols orientés d'Est-ouest. Ces photos sont à l'échelle 1/50 000. La zone de Parakou est complètement couverte par quatre axes soit au total 50 photos.

En effet, grâce à une mosaïque non contrôlée avec un taux de recouvrement longitudinal de 67% et 25% du côté latéral, les photos 438, 408, 377 et 314 ont été sélectionnées comme échantillon en vue de déterminer l'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vue par rapport au plan horizontal. Le tableau V montre les résultats d'analyse de ces photos échantillons.

Tableau V: Evaluation de la distorsion géométrique par méthode analytique dans la détermination de l'angle d'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal (mission Togo 002,1949).

Paramètres	Echantillons			
	Photo n°438	Photo n°408	Photo n°377	Photo n°314
Distance entre point Nadir et point principal à l'échelle –Photo	≈ 1,5mm	≈ 1,3mm	≈ 1,2mm	≈ 2,4mm
Angle entre axe principal et plan horizon au sol (α)	≈ 6 °1	≈ 6°	≈ 6°	≈ 6°3
Tolérance requise	± 5° ou 3Gr			

Sources : Résultats de traitement des photographies aériennes ; mission Togo 002,1949

Pour ces photos, si le certificat de calibration était retrouvé, on pouvait prévoir un facteur de correction au niveau des distorsions avec la formule : **Fc = 1/2(Z²/d² + 1)**

Z = altitude de vol et **d** dérivée des bases photo longitudinale et latérale (lois de la photogrammétrie conventionnelle). La seule insuffisance dont souffre cette mission est que le format des photos est petit 18 x 18cm.

Tableau VI : Evaluation de la distorsion géométrique par méthode analogique dans la détermination de l'angle d'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal à l'aide du Zeiss SEG V (mission Togo 002,1949).

Paramètres	Echantillons			
	Photo n°438	Photo n°408	Photo n°377	Photo n°314
Valeur du site (rotation autour de l'axe X) ou kappa (κ)	+6°3	+6°1	+6°1	+6°5
Valeur de convergence (rotation autour de l'axe Y) ou phi (ϕ)	+2 °	+2°5	+2°7	-4°5
Valeur du déversement (translation Z) ou omega (ω) qui s'exprime en termes de facteur d'échelle	- 2	+2, 01	+1,89	- 2,03
Inclinaison de l'axe principal de la caméra par rapport à la verticale en valeur absolue	6 °4	6 °3	6 °3	6 °5
Tolérance requise	± 5° ou 3Gr			

Sources : Résultats de traitement des photographies aériennes ; mission Togo 002,1949

La valeur moyenne de l'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal est en dessus de la tolérance (6°40 >

5°). En effet, les tirages contact produits au format 18 cm x18 cm sont issus d'un traitement spécifique au laboratoire. La quantité de lumière (faisceaux lumineux d'impression sur papier photo) par rapport au temps d'obturation est en parfaite synchronisation. Cet état de fait explique l'harmonie entre la densité et la clarté. En effet, le traitement photochimique a été respecté au cours de la révélation et la fixation sur du papier impressionné. Cela montre le bon contraste entre les différentes plages de gris des photographies.

✓ **Mission A.O.F 1963-64**

Concernant la mission A.O.F 1963-64, elle a été réalisée par une compagnie aérienne française (basée à Dakar en son temps) de Novembre à Décembre 1963 et en Janvier 1964 à l'échelle de 1/50 000. Cette mission a été effectuée avec une émulsion infrarouge panchromatique «Noir & Blanc», la sensibilité spectrale est de 0,7 microns. Le vol a été effectué suivant des axes orientés, Est–Ouest avec une altitude moyenne de 2810 m. La zone de Parakou est couverte par trois lignes, soit au total 15 photos.

En effet, une mosaïque non contrôlée a été réalisée avec un taux de recouvrement longitudinal 68% et 25% du côté latéral pour toute la région de Parakou. Les photos 212, 218, 244 et 270 sont prises comme échantillon pour évaluer l'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal.

Par voie analytique la détermination de l'angle d'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal a été directement sur les échantillons. Le tableau VII présente l'évaluation de la mission A.O.F 1963-64.

Tableau VII : Evaluation de la distorsion géométrique par méthode analytique et analogique dans la détermination de l'angle d'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal à l'aide du Zeiss SEG V (mission A.O.F 1963-64).

Paramètres	Echantillons			
	Photo n°212	Photo n°218	Photo n°244	Photo n°270
Distance entre point Nadir et point principal à l'échelle –Photo	≈ 1, mm	≈ 0,4mm	≈ 0,3mm	≈0,4mm

Angle entre axe principal et plan horizon au sol (α)	$\approx 5^{\circ}2$	$\approx 5^{\circ}$	$\approx 5^{\circ}$	$\approx 5^{\circ}$
Tolérance requise	$\pm 5^{\circ}$ ou 3Gr			
Valeur du site (rotation autour de l'axe X) ou kappa (κ)	+5°2	+5°1	+5°1	+5°
Valeur de convergence (rotation autour de l'axe Y) ou φ (phie)	+2 °3	+2°2	+2°1	+2°
Valeur du déversement (translation Z) ou ω (oméga) qui s'exprime en terme de facteur d'échelle	2	+2, 01	1,89	-2,03
Inclinaison de l'axe principal de la caméra par rapport à la verticale en valeur absolue	5 °2	+5°1	+5°1	+5°
Tolérance requise	$\pm 5^{\circ}$ ou 3Gr			

Par la méthode analogique à l'aide du redresseur Zeiss SEG V et suivant les démarches précédentes, une reconstitution par orientation spatiale de chacun des faisceaux perspectifs par analogie fut opérée sur ces échantillons.

L'examen du tableau montre que la valeur moyenne de l'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal est autour de la tolérance ($5^{\circ}1 \approx 5^{\circ}$).

Les tirages contact produits au format 18 cm x18 cm sont issus d'un traitement spécifique au laboratoire. Le temps d'exposition et l'ouverture du diaphragme est en parfaite synchronisation d'où l'harmonie entre la densité et la clarté. Le traitement photochimique adopté était du glossy brillant multigrade « noir & blanc » avec comme papier impressionné révélateur et fixateur du TT vario-multi noir & blanc (compte tenu de la sensibilité moyenne de l'émulsion utilisée). Cela a permis de rehausser le contraste. Cet état de fait justifie le bon contraste entre les différentes plages de gris. Les documents photographiques livrés étaient accompagnés pour chacune des différentes missions d'un certificat de calibration signalé plus haut. La distorsion est due à la non sphéricité du centre perspectif. Dans ce cas de figure, il n'est pas significatif à cause du format utilisé. Les différentes analyses tant au niveau analogique qu'analytique sont belle et bien vérifiables

et aisément corrigibles. De plus toutes distorsions ont été éliminées pour la suite des études.

✓ **Mission UNDP (1)**

La mission UNDP (1) a été réalisée par la société canadienne Kenting Earth Sciences de Novembre à Décembre 1974 et Janvier 1975 à l'échelle de 1/80 000. C'est une mission qui a couvert une vaste région du territoire béninois ; il s'agit des départements de l'Alibori, de l'Atacora, de la Donga, du Borgou et des Collines avec une émulsion Infra rouge « Noir & Blanc », la sensibilité spectrale est de 1,1 micron. Le vol a été effectué suivant des axes orientés Nord –Sud, l'altitude moyenne est de 7220 m. Le secteur de Parakou est couvert par les lignes 15-23 (de 135 à 142) ; 16 -1(14 à 19) ; 16 -20(20 à 26) ; 17-21(1à 9) et 17-22(36 à 42). Le taux de recouvrement longitudinal est de 66% et du côté latéral 33%.

Par ailleurs, il convient de noter que la date de prise de vue de ces photos diffère d'un axe à un autre. C'est le cas par exemple des axes 21 et 22 dont les photos ont été prises le 17 et le 18 novembre 1974. Ceux de l'axe 1, 20 et 23 ont été pris le 27 novembre 1974. Aussi la méthode classique de numérotation des axes n'a pas été du tout respectée.

Le type de numérotation adopté par Kenting Earth Sciences se présente de la façon suivante : lignes 15-23 (de 135 à 142) ; ligne 16 -1(14 à 19) ; ligne 16 -20(20 à 26) ; ligne 17-21(1à 9) et ligne 17-22(36 à 42). Les chiffres 15 16 et 17 représentent les lignes de vol ; les chiffres 1, 20, 21, 22, 23 correspondent chacun au rouleau du film. Les chiffres mis entre parenthèse donnent le numéro des photos. Cette numérotation a rendu difficile le montage de mosaïque pour le contrôle de la couverture.

Les tirages contacts produits au format 23 cm x 23 cm sont issus d'un traitement particulier et complexe au laboratoire. Le film kodak utilisé étant d'une faible sensibilité (infrarouge) pour un papier d'impression multigrade « noir & blanc », le filtre Cyan complémentaire de l'infrarouge a été utilisé en vue de rehausser le ton gris après développement.

Par ailleurs, la quantité de lumière par rapport au temps d'obturation est en parfaite synchronisation. Cet état de fait explique l'harmonie entre la densité et la clarté.

Le traitement photochimique est révélateur et la fixation du papier impressionné montre que le processus a connu un temps de développement plus long que d'habitude. Ceci à cause de la faible quantité des faisceaux lumineux utilisés. Le contraste est moyen, voir faible entre les différentes plages de gris surtout au centre des photos.

Mais, le cap n'est pas maintenu avec tous les tirages car d'autres sont tirés sur papier Noir & Blanc, panchromatique avec un contraste très amélioré.

Toutefois, il faut signaler que le contraste au centre des photos est mieux apprécié. Plus on s'éloigne du centre de ces photos, moins le contraste diminue surtout le ton gris foncé perd ainsi sa netteté au niveau des points images. Cette anomalie radiale est due à la non sphéricité du centre perspectif de la caméra.

L'estimation de la distorsion géométrique liée à l'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vue par rapport au plan horizontal montre qu'elle a été faite suivant la méthode analytique établie précédemment. Les photos numéro 138 de la ligne 15, numéro 16 de la ligne 16 (rouleau 1), numéro 23 de la ligne 16 (rouleau 20), numéro 5 de la ligne 17 (rouleau 21) et le numéro 38 de la ligne 17 (rouleau 22) ont été utilisées comme échantillons.

Tableau VIII : Evaluation de la distorsion géométrique par méthode analytique et analogique dans la détermination de l'angle d'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal (mission UNDP- Kenting (1), 1975).

Paramètres	Echantillons				
	Photo n°138 ligne15	Photo n°16 ligne16 R1	Photo n°23 ligne16 R20	Photo n°5 ligne17 R21	Photo n°38 ligne17 R22
Distance entre point Nadir et point principal	≈ 2 mm	≈ 2,4mm	≈ 2,3mm	≈ 2 mm	≈ 2,2mm
Angle entre axe principal et plan horizon au sol (α)	≈ 8°1	≈ 8°3	≈ 8°2	≈ 8°1	≈ 8°2
Tolérance requise	± 5° ou 3Gr				
Valeur du site (rotation autour de l'axe X) ou kappa (κ)	+8°1	+8°6	-8°6	+8°3	+8°1
Valeur de convergence (rotation autour de l'axe Y) ou phi (ϕ)	+2°	+2°3	+2°4	+3°3	+3°3
Valeur du déversement (translation Z) ou omega (ω) qui s'exprime en termes de facteur d'échelle	3	+4, 01	1,89	2,03	2,03
Inclinaison de l'axe principal de la caméra par rapport à la verticale en valeur absolue	+8°3	+8°5	-8°6	+8°5	+8°5
Tolérance requise	± 5° ou 3Gr				

Sources : Résultats de traitement des photographies aériennes ; mission UNDP- Kenting (1), 1975

L'examen du tableau VIII montre que la valeur moyenne de l'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal est en dessus de la tolérance ($8^{\circ}48 > 5^{\circ}$). En effet, les photographies aériennes n'ont pas été prises à des dates différentes. Cela a rendu très difficile le montage en mosaïque non contrôlée de ces photographies Kenting Earth Sciences entraînant des dérives. Cela rend difficile l'identification des points homologues suivant les axes successifs (la ligne16 par rapport à la ligne17 et la ligne15 par rapport à la ligne16). Par ailleurs l'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport à horizontal était si prononcée que ($3^{\circ}48$ de plus par rapport à la tolérance) la déformation géométrique importante. Les échelles mesurées sur les photos échantillons varient entre 1/85 000 à 1/83 000 or l'échelle nominale est 1/80 000.

✓ **Mission BEN17, 36 et 46, de 1949, de 1986 et de 1983**

Les différentes mesures effectuées ont concerné les missions BEN 17 et BEN 46 qui ont couvert totalement la ville de Parakou. Les résultats des évaluations sont consignés dans les tableaux IX et X :

Tableau IX : Evaluation de la distorsion géométrique par méthode analytique dans la détermination de l'angle d'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal (mission BEN 46,1949).

Paramètres	Echantillons			
	Photo n°48	Photo n°47	Photo n°46	Photo n°45
Distance entre point Nadir et point principal à l'échelle –Photo	≈ 0,5mm	≈ 0,3mm	≈ 0,2mm	≈ 0,4mm
Angle entre axe principal et plan horizon au sol (α)	≈ 3 °1	≈ 3°	≈ 3°	≈ 3°3
Tolérance requise	± 5° ou 3Gr			

Tableau X : Evaluation de la distorsion géométrique par méthode analytique dans la détermination de l'angle d'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal (mission BEN 17, 1983)

Paramètres	Echantillons			
	Photo n°132	Photo n°133	Photo n°134	Photo n°135

Distance entre point Nadir et point principal à l'échelle –Photo	≈ 0,6mm	≈ 0,4mm	≈ 0,4mm	≈ 0,5mm
Angle entre axe principal et plan horizon au sol (α)	≈ 3 °.1	≈ 3°.3	≈ 3°.2	≈ 4°.3
Tolérance requise	± 5° ou 3Gr			

De l'analyse de ces tableaux, il ressort que la valeur moyenne de l'inclinaison de l'axe principal de la caméra de prise de vues par rapport au plan horizontal est inférieure à la tolérance ($3^{\circ}.1 < 5^{\circ}$). Les tirages contact produits au format 18 cm x18 cm sont issus d'un traitement spécifique au laboratoire. Le temps d'exposition et l'ouverture du diaphragme est en parfaite synchronisation d'où l'harmonie entre la densité et la clarté. Le traitement photochimique adopté était du glossy brillant multigrade noir & blanc comme papier impressionné, ceci est révélateur et fixateur du TT vario-multi noir & blanc (compte tenu de la sensibilité moyenne de l'émulsion utilisée). Cela permet de rehausser le contraste. On note que le contraste est bon entre les différentes plages de gris. La distorsion due à la non sphéricité du centre perspectif n'est pas significatif à cause du format utilisé.

3.6. Apports des photographies aériennes et des images satellite à l'aménagement des espaces urbains

En dépit des nombreuses insuffisances sur le plan de la qualité techniques de ces cinq (05) différentes missions de photographies aériennes ces dernières ont énormément contribué à l'étude de la gestion du milieu urbain à travers à travers un certain nombre de projets. En effet, toutes les missions aériennes réalisées à l'échelle 1/15 000 et 1/10 000 par BEN ont été utilisées dans la réalisation des Registres Fonciers Urbains (RFU) du centre urbain de Parakou. Les missions aux échelles comprises entre 1/20 000 et 1/30 000 ont été utilisées dans la réalisation des cartes d'occupation du sol dans les inventaires forestiers nationaux et plans d'aménagement divers. C'est le cas des projets PGRN, PGFTR, etc. Les photographies aériennes à moyenne échelle des compagnies AOF et Kenting ont servi surtout dans la localisation des maladies endémiques (onchocercose) et des grands domaines de plantations (palmeraies), etc. Quant aux images satellites elles ont largement contribué surtout à la réalisation des cartes d'occupation du sol et de végétation dans les inventaires forestiers à l'échelle nationale ; à la dynamique de l'occupation du sol de certaines zones. C'est le cas par exemple de la carte de végétation réalisée par le CENATEL, IFN, Projet RIVERTWIN.

Face à toutes ces limites, il urge de spécifier les besoins en données aérospatiales pour l'étude de la gestion de la ville de Parakou.

4. Discussion

Pour l'étude de la gestion du milieu urbain de Parakou, l'établissement des spécifications techniques doit tenir compte avant d'un certain nombre de facteurs physiques de ce milieu urbain notamment : les données climatiques et le relief qui conditionnent le planning d'acquisition des produits de la télédétection. En effet, la commune de Parakou est située dans le domaine subsoudanien (O. Thomas, 1983, p.35), le relief de la commune de Parakou appartient essentiellement à la pénéplaine cristalline. Les sommets varient entre 200 et 600 m peuvent être à l'origine des anomalies sur les prises de vue aérienne. Dans cette zone, les passages du soleil au zénith sont déjà plus rapprochés et la saison sèche est à peine sensible. Les températures sont élevées et l'évapotranspiration est permanente. Les minima de températures sont enregistrés en août et les maxima en mars. Ces facteurs climatiques sont caractérisés par une période pluvieuse et une période d'harmattan accompagnée d'une nébulosité (neuf mois par an sur les douze mois) dans la commune de Parakou. Ces différents paramètres physiques et climatiques influent sur la qualité des images. Du relief dépendra le choix de la distance principale de la caméra de prise de vues et de la hauteur de vol de l'avion en vue de minimiser les déplacements des points objets. Les spécificités techniques des données dépendent des conditions physiques. Dans le traitement des données aérospatiales de la ville de Parakou de nombreuses insuffisances ont été évaluées surtout avec la mission (UNDP, 1974). KENTING tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Des besoins en données aérospatiales pour l'étude de la gestion de la ville de Parakou ont été établies ; des améliorations (physique, chimique et optique) ont été également apportées dans les traitements ces données. Il est donc impérieux de vérifier ces différentes spécifications pour toutes études. Evolution des techniques d'acquisition de photographies aériennes et d'images satellites, permet d'accroître l'utilisation des données de résolution de plus en plus grande au sol avec davantage de bandes spectrales pour les orthophotosplans et les images Quickbird. Cette assertion est confirmée par I. Sebari (2010, p.124), l'émergence et la reconnaissance de la télédétection urbaine apparaissent liées à l'amélioration continue de la résolution spatiale offerte par les générations successives de capteurs.

Ces données ont révolutionné la cartographie automatique. Elle facilite les techniques d'élaboration des cartes de plus en plus automatiques à partir des produits de télédétection (photographies aériennes et images satellites). Le traitement et la maîtrise des données aérospatiales facilitent le processus de prise de décision dans des domaines tels que, l'urbanisme, la gestion des ressources naturelles.

5. Conclusion

La qualité des données aérospatiales constitue des outils précieux pour l'analyse des dynamiques spatiales au niveau des espaces naturels et urbains. Parakou, métropoles du Nord-est du Bénin a bénéficié d'une série de missions de photographies aériennes et d'images satellites (Landsat et Spot). L'interprétation des photographies aériennes et les autres techniques de télédétection pour l'aménagement de la ville de Parakou présentent un intérêt pratique important. Chronologiquement parlant, l'analyse de la qualité des images avant la photo-interprétation et le traitement des images devraient intervenir systématiquement au début des programmes d'aménagement et de recherches, en amont de toutes autres interventions techniques. L'application systématique de ces méthodes se traduit immédiatement par un gain important de compréhension, de précision et de qualité.

Références bibliographiques

- AGUEJDAD Rahim, 2009, *Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole*, Géographie, Thèse de Université Rennes 2, Bretagne 372 p.
- DUREAU Françoise et WEBER Christiane, 1995, *Télédétection et système d'Information urbain*, Collection, VILLES-Anthropos, 409 p.
- OLOUKOI Joseph Vincent, RAPHAEL Oyinloye , YADJEMI Hubert, 2014, *Geospatial analysis of urban sprawl in Ile-Ife city, Nigeria*. *South African Journal of Geomatics*, Vol. (3), 2, p. 128-144.
DOI:<http://dx.doi.org/10.4314/sajg.v3i2.2>
- INSAE, 2013, *Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH)*. Résultats définitifs. Cotonou, Bénin, 203 p.
- INSAE, 1961, *Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH)*. Résultats définitifs. Cotonou, Bénin, 83 p.
- INSAE, 1979, *Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH)*. Résultats définitifs. Cotonou, Bénin, 172 p.
- INSAE, 1992, *Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH)*. Résultats définitifs. Cotonou, Bénin, 198 p.
- INSAE, 2002, *Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH)*. Résultats définitifs. Cotonou, Bénin, TOME 1, 232 p.

INSAE, 2013, *Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH)*. Résultats définitifs. Cotonou, Bénin, 203 p.

Recensement de 1961, RGPH, 1979, RGPH, 2002 et RGPH, 2013

SEBARI Imane & MORIN Denis, 2010. Développement et défis de la télédétection urbaine. *Cahiers de géographie du Québec*, 54(151), 117– 132.
<https://doi.org/10.7202/044369ar>.

THOMAS Omer, 1983, *Parakou et sa région : Essai de cartographie sur l'occupation de l'espace dans la région de Borgou sud*, Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Paris VII, UER de Géographie, Histoire et Science de la terre, 258 p.