

REPUBLIQUE DU BURUNDI
IGEBU: INSTITUT GEOGRAPHIQUE DU BURUNDI

**ETUDE SUR L' ETABLISSEMENT D' UNE BASE DE
DONNEES TOPOGRAPHIQUES NUMERIQUES
DE LA VILLE DE BUJUMBURA, BURUNDI**

**Rapport Final
(Sommaire)**

Mars 2013

AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE (JICA)

PASCO CORPORATION

EI
JR
13-096

Taux de change

Monnaie : Franc Burundais (BIF)

1 dollar = 1,535.82 BIF (taux interbancaire au 28 février 2013)

1 dollar = 91.84 yens (taux interbancaire au mars 2013)

Table des Matières

1. GENERALITES SUR L'ÉTUDE	1
1-1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	1
1-2. ZONE D'ÉTUDE	1
1-3. CONTENU ET QUANTITE DES TRAVAUX	2
1-4. DEROULEMENT DES TRAVAUX	3
2. RESULTATS DE L'ETUDE, LEURS EFFETS ET RECOMMANDATIONS.....	5
2-1. EXEMPLES D'UTILISATION DES DONNEES DE CARTE TOPOGRAPHIQUE	5
2-2. SYSTEME D'UTILISATION	9
2-3. TRANSFERT DE TECHNOLOGIES.....	11
3. CONTENU DES TRAVAUX REALISES.....	15
3-1. COLLECTE DE MATERIAUX ET INFORMATIONS CONNEXES, CLASSIFICATION ET ANALYSE (TRAVAUX AU JAPON) 15	
3-2. REDACTION DU RAPPORT DE COMMENCEMENT (TRAVAUX AU JAPON).....	15
3-3. EXPLICATION ET DISCUSSIONS DU RAPPORT DE COMMENCEMENT (TRAVAUX AU BURUNDI)	15
3-4. DISCUSSIONS SUR LES SPECIFICATIONS (TRAVAUX AU BURUNDI)	15
3-5. ÉTUDE SUR LA SITUATION ACTUELLE (TRAVAUX AU BURUNDI).....	16
3-6. COLLECTE DES RESULTATS DES LEVES (TRAVAUX AU BURUNDI)	17
3-7. SITUATION ACTUELLE DES ORGANISMES CONCERNES PAR LA DIFFUSION DES CARTES ET DES INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES (TRAVAUX AU BURUNDI).....	17
3-8. TACHES RELATIVES AU TRANSFERT DE TECHNOLOGIES (TRAVAUX AU BURUNDI).....	18
3-9. LEVES DES POINTS DE CALAGE ET BALISAGE DES SIGNAUX AERIENS (TRAVAUX AU BURUNDI).....	20
3-10. NIVELLEMENT (TRAVAUX AU BURUNDI).....	21
3-11. PRISE DE VUES AERIENNES (TRAVAUX AU BURUNDI).....	22
3-12. AEROTRIANGULATION (TRAVAUX AU JAPON ET AU BURUNDI)	23
3-13. ÉLABORATION DU RAPPORT INTERMEDIAIRE (IT/R) (TRAVAUX AU JAPON)	23
3-14. IDENTIFICATION SUR LE TERRAIN (TRAVAUX AU BURUNDI)	24
3-15. EXPLICATION ET DISCUSSION DU RAPPORT INTERMEDIAIRE (IT/R) (TRAVAUX AU BURUNDI)	25
3-16. RESTITUTION NUMERIQUE (TRAVAUX AU JAPON ET AU BURUNDI).....	25
3-17. COMPILATION NUMERIQUE (TRAVAUX AU JAPON ET AU BURUNDI).....	26
3-18. COMPLETEMENT SUR LE TERRAIN (TRAVAUX AU BURUNDI)	27

3-19.	COMPILATION COMPLEMENTAIRE (TRAVAUX AU JAPON ET AU BURUNDI).....	28
3-20.	STRUCTURATION DES DONNEES NUMERIQUES (TRAVAUX AU JAPON ET AU BURUNDI)	29
3-21.	SYMBOLISATION DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE (TRAVAUX AU JAPON ET AU BURUNDI).....	29
3-22.	CREATION DE MODELES SIG (TRAVAUX AU JAPON ET AU BURUNDI).....	31
3-23.	ÉTABLISSEMENT DE FICHIERS DE DONNEES (TRAVAUX AU JAPON ET AU BURUNDI)	33
3-24.	ÉTABLISSEMENT DU PROJET DE RAPPORT FINAL (DF/R) (TRAVAUX AU JAPON).....	34
3-25.	ORGANISATION D'UN SEMINAIRE (TRAVAUX AU BURUNDI)	34
3-26.	EXPLICATION ET DISCUSSION SUR LE PROJET DE RAPPORT FINAL (DF/R) (TRAVAUX AU BURUNDI)	37
3-27.	ÉTABLISSEMENT DU RAPPORT FINAL (TRAVAUX AU JAPON).....	37
4.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES.....	38
4-1.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES PORTANT SUR LES LEVES DES POINTS DE CALAGE ET LE BALISAGE DES POINTS	38
4-2.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES PORTANT SUR L'IDENTIFICATION SUR LE TERRAIN	41
4-3.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES PORTANT SUR L'AEROTRIANGULATION	43
4-4.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES PORTANT SUR LA RESTITUTION NUMERIQUE.....	45
4-5.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES PORTANT SUR LE COMPLETEMENT SUR LE TERRAIN	47
4-6.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES PORTANT SUR LA COMPILATION NUMERIQUE/COMPILATION COMPLEMENTAIRE	49
4-7.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES PORTANT SUR LA SYMBOLISATION DE LA CARTE	51
4-8.	TRANSFERT DE TECHNOLOGIES PORTANT SUR LA STRUCTURATION DES DONNEES	53

Liste des Figures

Figure. 1	Zone ciblée par l'établissement de la carte topographique numérique	1
Figure. 2	Zone de prises de vues aériennes de la ville de Gitega	1
Figure. 3	Déroulement des travaux de l'étude	3
Figure. 4	Système d'exécution des travaux.....	4
Figure. 5	Scène de la Réunion d'explications de l'étude.....	18
Figure. 6	Déroulement des travaux d'observation des points de calage et de balisage.....	20
Figure. 7	Scènes des levés des points de calage	20
Figure. 8	Déroulement des travaux du nivellement.....	21
Figure. 9	Scènes de nivellement (à gauche : point de nivellement existant, à droite, nivellement)	21
Figure. 10	Déroulement de la prise de vues aériennes	22
Figure. 11	Équipement des prises de vues (Gauche: aéronef utilisé; Droite: caméra numérique, équipement GPS/IMU)	22
Figure. 12	Déroulement des opérations d'aérotriangulation	23
Figure. 13	Déroulement des travaux de l'identification sur le terrain	24
Figure. 14	l'identification sur le terrain (à gauche : acquisition d'informations de position, à droite : acquisition de photos locales)	24
Figure. 15	Discussions de l'IT/R (à gauche : discussions du rapport, à droite : discussions des informations marginales)	25
Figure. 16	Déroulement des travaux de la restitution numérique	26
Figure. 17	Déroulement des travaux de la compilation numérique	27
Figure. 18	Déroulement des travaux du complètement sur le terrain	28
Figure. 19	Travaux de complètement sur le terrain (à gauche : travaux de classement, à droite : résultat du classement pour le complètement sur le terrain)	28
Figure. 20	Déroulement des travaux de structuration des données.....	29
Figure. 21	Déroulement des travaux de symbolisation de la carte	30
Figure. 22	Présentation générale des modèles SIG	33
Figure. 23	Scène du séminaire.....	37
Figure. 24	Scènes du transfert de technologies relatif aux levés des points de calage	40
Figure. 25	Scènes du transfert de technologies relatif à l'identification sur le terrain (à gauche : Cours en salle, à droite : Comparaison de la position avec celle sur les photos).....	42
Figure. 26	Scènes du transfert de technologies portant sur l'aérotriangulation (à gauche : Cours de théorie, à droite : exercice pratique).....	44
Figure. 27	Scènes du transfert de technologies portant sur la restitution numérique (à gauche : conseils	

donnés par le membre de l'équipe de l'étude en charge, à droite : travaux pratiques par les employés de l'IGEBU) 46

Figure. 28 Travaux du complètement sur le terrain (à gauche : briefing, à droite : formation conjointe) 48

Figure. 29 Scènes du transfert de technologies portant sur la compilation numérique (à gauche : manipulation de base du logiciel, à droite : bases de la compilation numérique)..... 50

Figure. 30 Scènes du transfert de technologies portant sur la symbolisation de la carte (à gauche : bases de la symbolisation de la carte au 1/5.000è, à droite : symbolisation de la carte au 1/25.000è) 52

Figure. 31 Scènes du transfert de technologies portant sur la structuration des données 54

Liste des Tableaux

Tableau. 1 Contenu et quantité des travaux de l'Étude 2

Tableau. 2 Organisations et organismes qui pourraient devenir des utilisateurs..... 8

Tableau. 3 Objectifs fixés pour le transfert de technologies et atteinte des objectifs..... 12

Tableau. 4 Spécifications décidées pour la carte 16

Tableau. 5 Modèles SIG déterminés à usage démonstratif 17

Tableau. 6 Liste des participants à la réunion d'informations..... 18

Tableau. 7 Équipements et matériaux fournis pour le transfert de technologies 19

Tableau. 8 Matériaux recueillis pour la création des modèles SIG 31

Tableau. 9 Liste des participants au séminaire..... 35

Tableau. 10 Questions-réponses dans le séminaire 36

Tableau. 11 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur les levés des points de calage et le balisage des signes aériens 38

Tableau. 12 Participants au transfert de technologies..... 39

Tableau. 13 I Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur l'identification sur le terrain. 41

Tableau. 14 Participants au transfert de technologies..... 41

Tableau. 15 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur l'aérotriangulation 43

Tableau. 16 Participants au transfert de technologies..... 43

Tableau. 17 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur la restitution numérique 45

Tableau. 18 Participants au transfert de technologies..... 45

Tableau. 19 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur le complètement sur le terrain 47

Tableau. 20 Participants au transfert de technologies..... 47

Tableau. 21 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur la compilation numérique..... 49

Tableau. 22	Participants au transfert de technologies.....	49
Tableau. 23	Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur la symbolisation de la carte....	51
Tableau. 24	Participants au transfert de technologies.....	51
Tableau. 25	Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur la structuration des données...	53
Tableau. 26	Participants au transfert de technologies.....	53

Liste des Abréviations

CAD	Computer Aided Design	CAO : Conception assistée par l'ordinateur
CPU	Central Processing Unit	Unité centrale de traitement
DEM	Digital Elevation Model	MAN : Modèle altimétrique numérique
DF/R	Draft Final Report	Projet de Rapport final
DGPS	Differential GPS	GPS différentiel
GIS	Geographic Information System	Système d'information géographique
GNSS	Global Navigation Satellite System(s)	Système(s) mondial(aux) de navigation par satellite
GPS	Global Positioning System	Système de positionnement mondial
GRS80	Geodetic Reference System 1980	Ellipsoïde standard
GSD	Ground Surface Distance	Résolution au sol
IC/R	Inception Report	Rapport de commencement
IGEBU	Institut Geographique du Burundi	Institut Géographique du Burundi
IGN	Institut Geographique National	Institut Géographique National
IGS	International GNSS Service	Service international GNSS
IMU	Inertial Measurement Unit	Unité de mesure inertielle
ISO/TC211	ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics	Comité spécialisé n°211 ISO (organisation internationale de normalisation) (ISO/TC211 (informations géographiques/géomatique))
ISABU	Institut des Sciences Agronomiques du Burundi	Institut des Sciences Agronomiques du Burundi
ITRF	International Terrestrial Reference Frame	Repère internationale de référence terrestre
IT/R	Interim Report	Rapport intermédiaire
JICA	Japan International Cooperation Agency	Agence Japonaise de Coopération Internationale
MM	Minutes of Meeting	Procès-verbal des discussions
OJT	On the Job Training	Un type de méthode d'enseignement-formation, par laquelle les techniques, les capacités et les connaissances nécessaires sont acquises en effectuant le travail réel
REGIDESO	Régie de production et de distribution d'eau et d'électricité	Régie de production et de distribution d'eau et d'électricité
RTK	Real Time Kinematic	Levés cinématiques en temps réel
SETEMU	Services techniques de la Mairie de Bujumbura	Services techniques de la Mairie de Bujumbura
TIFF	Tagged Image File Format	Un type de format d'image
UPS	Uninterruptible Power Supply	Alimentation sans coupure
UTM	Universal Transverse Mercator	Transverse Universelle de Mercator

1. Généralités sur l'Étude

1-1. Objectifs de l'étude

Les objectifs de l'étude sont présentés ci-dessous :

- (1) Prise de vues aériennes du centre de la ville de Bujumbura (soit une superficie de 230 km² environ) au Burundi ; réalisation d'orthophotographies et d'une carte topographique numérique au 1/5.000è.
- (2) Prise de vues aériennes du centre de la ville de Bujumbura et de ses environs (superficie de 800 km² environ); réalisation d'orthophotographies et d'une carte topographique numérique au 1/25.000è.
- (3) Prise de vues aériennes de la ville de Gitega (environ 70 km²), et établissement d'orthophotographies.
- (4) Réalisation du transfert des technologies nécessaires pour l'établissement de cartes topographiques numériques, au profit de l'Institut Géographique du Burundi (ci-après désigné par « l'IGEBU »), organisme homologue du Burundi.

1-2. Zone d'Étude

La zone ciblée pour l'élaboration d'une carte topographique numérique est présentée dans la Figure 1, ci-dessous.

Et la zone ciblée lors de la prise de vues aériennes de la ville de Gitega est indiquée dans la Figure 2.

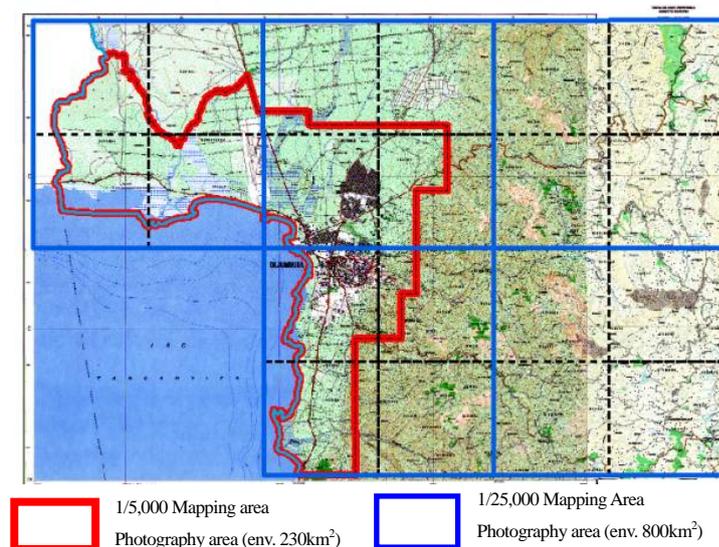


Figure. 1 Zone ciblée par l'établissement de la carte topographique numérique

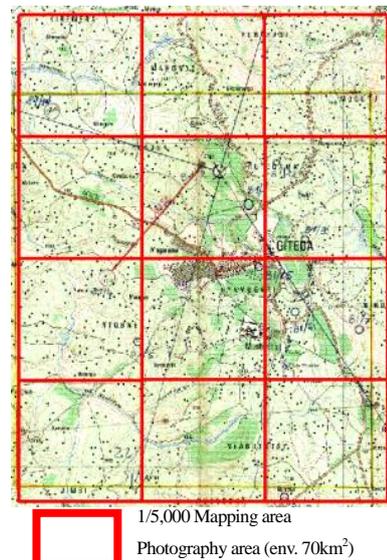


Figure. 2 Zone de prises de vues aériennes de la ville de Gitega

1-3. Contenu et quantité des travaux

Le contenu des travaux de l'Étude et leur quantité sont précisées ci-dessous.:

Tableau. 1 Contenu et quantité des travaux de l'Étude

Détails des Travaux		Quantité	Catégorie des Travaux
Levés des points de calage et balisage des signaux aériens	Bujumbura	13 points Points de calage de référence : 1 point Points de calage : 12 pts	Travaux au Burundi Transfert de technologies (formation sur le tas)
	Gitega	5 points Points de calage de référence : 1 point Points de calage : 4 pts	
Nivellement	Bujumbura	4 lignes de nivellement (nouveau nivellement ordinaire)	Travaux au Burundi Transfert de technologies (formation sur le tas)
	Gitega	1 ligne de nivellement (nouveau nivellement ordinaire)	
Prise de vues aériennes	1/5.000 (Bujumbura)	11 lignes de survol 184 images (GSD : 30 cm)	Travaux au Burundi
	1/5.000 (Gitega)	3 lignes de survol 84 images (GSD : 30 cm)	
	1/25.000 (Bujumbura)	5 lignes de survol 148 images (GSD : 50 cm)	Travaux au Burundi
Aérotriangulation	1/5.000	257 modèles	Travaux au Japon Transfert de technologies
	1/25.000	143 modèles	Travaux au Japon Transfert de technologies
Identification sur le terrain	1/5.000	46 feuilles (230km ²)	Travaux au Burundi Transfert de technologies (formation sur le tas)
	1/25.000	5 feuilles (800km ²)	
Restitution numérique	1/5.000	257 modèles 46 feuilles (230km ²)	Travaux au Japon Transfert de technologies
	1/25.000	143 modèles 5 feuilles (800km ²)	Travaux au Japon Transfert de technologies
Compilation numérique	1/5.000	46 feuilles (230km ²)	Travaux au Japon Transfert de technologies
	1/25.000	5 feuilles (800km ²)	Travaux au Japon Transfert de technologies
Complément sur le terrain	1/5.000	46 feuilles (230km ²)	Travaux au Burundi Transfert de technologies (formation sur le tas)
	1/25.000	5 feuilles (800km ²)	
Compilation complémentaire	1/5.000	46 feuilles (230km ²)	Travaux au Japon
	1/25.000	5 feuilles (800km ²)	Transfert de technologies
Symbolisation de la carte	1/5.000	46 feuilles (230km ²)	Travaux au Japon
	1/25.000	5 feuilles (800km ²)	Transfert de technologies
Structuration des données numériques	1/5.000	46 feuilles (230km ²)	Travaux au Japon
	1/25.000	5 feuilles (800km ²)	Transfert de technologies
Création de modèles SIG	Bujumbura	Prévention des inondations Prévention des glissements de terrain Gestion des déchets Soins médicaux	Travaux au Japon
		Travaux au Japon Transfert de technologies	

1-4. Déroulement des travaux

La figure ci-dessous donne un aperçu du déroulement des travaux de la présente étude.

Année	Mois	Travaux au Japon	Travaux au Burundi	
2010	3	Classification et analyse des matériaux et données collectés/ établissement du Rapport de commencement	Explication Rapport de commencement, et discussions/ Discussions sur les spécifications, et le transfert de technologies	
	4			
	5			Balisage et levés des points de calage/Nivellement
*				
2011	5	Aérotriangulation	Balisage et levés des points de calage/Nivellement	
	6		Acquisition des photos aériennes	Collecte d'informations pour les modèles SIG
	7			
	8			
	9			
	10		Identification sur le terrain	
	11		Établissement du Rapport Intermédiaire	
2012	12	Restitution numérique	Explication Rapport Intermédiaire, et discussions	Compilation numérique
	1	Compilation numérique	Aérotriangulation	Restitution numérique
	2			
	3			
	4			
	5			
	6		Complètement sur le terrain	
	7			
	8		Compilation complémentaire	
	9		Symbolisation de la carte Structuration des données Création de modèles SIG	Symbolisation de la carte Structuration des données Création de modèles SIG
	10			
	11			
12				
2013	1	Création des fichiers de données	Explication Rapport final, et discussions	Séminaire
	2	Établissement du Rapport final		
	3			

Figure. 3 Déroulement des travaux de l'étude

* Au démarrage de l'étude, la prise de vues aériennes était prévue de mai à juin 2010, pendant la saison sèche au Burundi, mais la limitation des entrées a été appliquée du 15 mai au 10 août 2010 dans le cadre de la politique de prévention des risques suite aux troubles civils. D'après les données antérieures, nous avons supposé que les précipitations se soient accrues à partir de la mi-août au Burundi, et avons conclu que la prise de vues aériennes sur place était difficile après le 10 août.

Les photographies aériennes étant un élément essentiel de l'étude dans son ensemble, et influant largement sur le programme d'ensemble, celui-ci a été largement modifié de manière à commencer les prises de vues aériennes en mai 2011.

1-4-1. Système d'exécution des travaux

Le système d'exécution de cette étude est indiqué pour les parties burundaise ou japonaise.

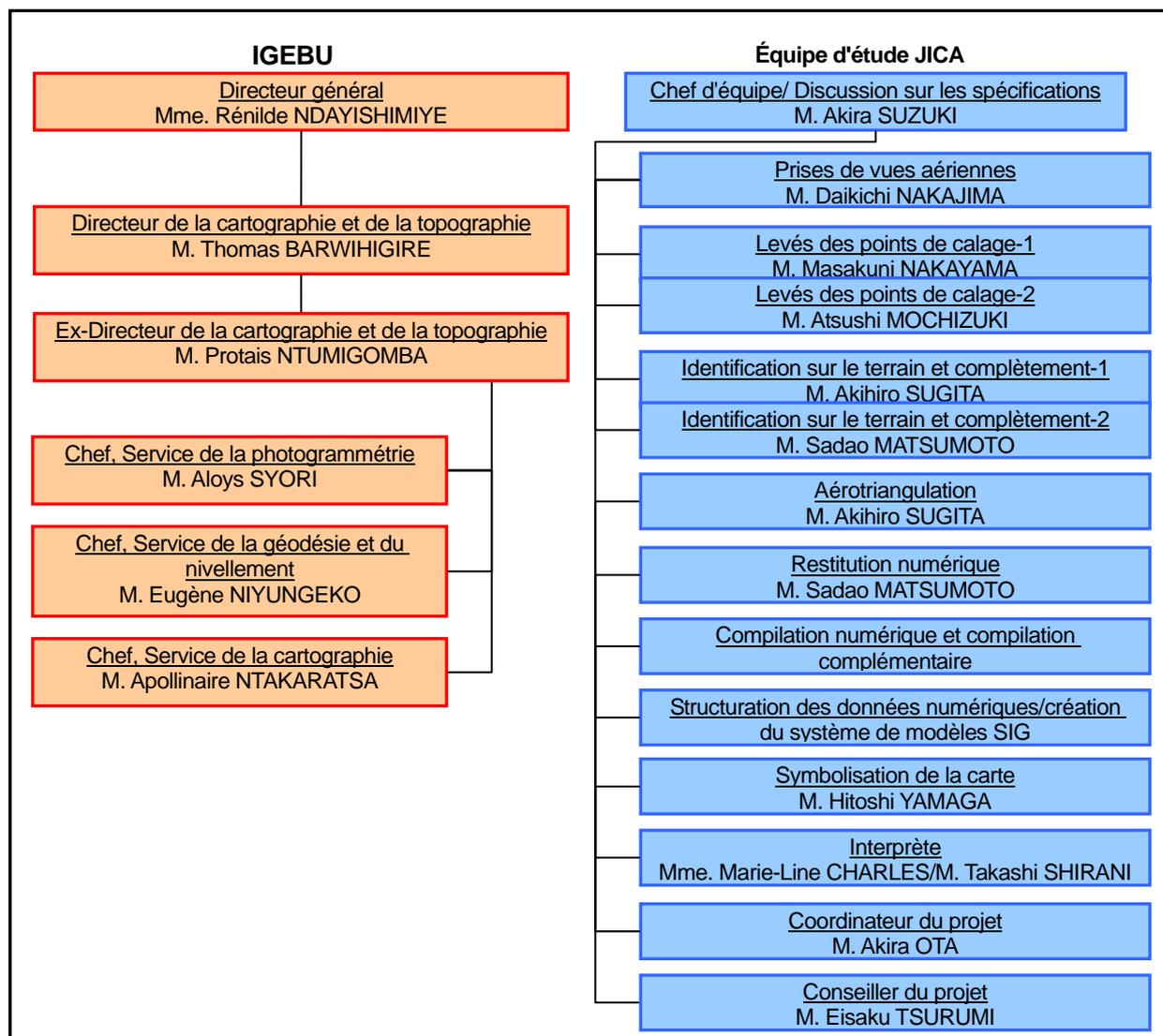


Figure. 4 Système d'exécution des travaux

2. Résultats de l'étude, leurs effets et recommandations

La présente étude a permis l'établissement de données géographiques très précises les plus récentes de la ville de Bujumbura, capitale du Burundi, et de ses environs, ainsi que l'aménagement de données géospatiales nécessaires à la planification urbaine de la capitale, ce qui constitue un pas en avant vers le développement national. L'utilisation de ces données géospatiales en tant qu'arrière-plan, permettra la mise en commun des informations possédées par les ministères et agences en relation avec les cartes, et les organisations internationales donatrices, d'assurer la conformité de la position, ainsi que leur emploi pour divers projets à venir. Des points de contrôle géodésiques de la zone manquaient pour l'établissement d'une carte topographique, et leur levé dans cette étude a permis leur utilisation dans diverses études à venir.

2-1. Exemples d'utilisation des données de carte topographique

Les échelles des données établies ont été de deux types : au 1/5.000^e et au 1/25.000^e, et leurs spécifications sont comme suit. Les exemples d'emploi suivants ont été envisagés en tirant avantage des particularités des deux cartes topographiques. Les exemples envisagés ont été discutés avec l'IGEBU, et 4 modèles SIG ont été créés. (voir le Chapitre 3, 3-22.)

2-1-1. Exemples d'utilisation (1/5.000^e)

- **Plan d'urbanisation**

Son utilisation comme plan de base pour le plan d'urbanisation, par exemple travaux de développement du centre ville, développement de la zone portuaire, plan de prévention des sinistres, etc. permettra d'augmenter le développement équilibré du territoire et le bien-être public.

- **Aménagement et gestion de l'infrastructure**

Son utilisation comme plan de fond pour les données de gestion des infrastructures municipales au sol et en sous-sol (câbles électriques et eau courante/assainissement des eaux usées) et aussi comme plan de base pour le plan d'aménagement accélérera la fourniture de services aux citoyens.

2-1-2. Exemples d'utilisation (1/25.000è)

- Mesures contre les catastrophes naturelles

L'exposition des sols progresse dans la ville de Bujumbura et ses environs suite à l'abattage des forêts pour l'élargissement des terres agricoles, et leur résistance diminue, et des glissements de terrains de toutes tailles se produisent un peu partout sous l'effet des pluies.

Dans le passé, la ville de Bujumbura a aussi été inondée suite à une élévation du niveau du Lac Tanganyika, et depuis quelques années, les dégâts dus à l'eau de pluie augmentent dans la plaine d'inondation des rivières, et certaines zones sont toujours inondées pendant la saison des pluies.

Pour les catastrophes naturelles ci-dessus, il sera possible d'établir un plan de prévention des sinistres en saisissant l'étendue des glissements de terrain et de l'inondation sur la base des données topographiques et des résultats de l'interprétation d'éléments complexes tels que utilisation des sols, couverture de végétation, etc. et en tenant compte du degré de priorité des objets à protéger, du degré d'urgence des travaux, et des effets des travaux.

- Soins médicaux

La concentration de la population dans la capitale Bujumbura provoque une insuffisance des établissements médicaux, en particulier hôpitaux et centres de santé, aux environs de la ville, et des déséquilibres existant aussi dans les zones, les habitants n'obtiennent pas les services médicaux suffisants.

L'analyse de la population bénéficiaire des services médicaux et de l'accessibilité, etc. en utilisant les données sur la position des établissements médicaux dans la ville et les données démographique par zone d'habitation, permettra de saisir les problèmes actuels et les solutions à apporter, et ainsi d'établir un plan en vue d'une augmentation des établissements médicaux et d'une amélioration des soins médicaux.

- Gestion des déchets

Les déchets de la ville de Bujumbura sont traités par des prestataires privés sous un contrat de sous-traitance, mais l'élimination n'est pas jugée suffisante, suite à l'augmentation des déchets domestiques due à la concentration des populations dans la ville. Et comme les quantités de déchets devraient encore augmenter dans l'avenir, il sera nécessaire pour le Burundi et/ou la ville de Bujumbura de définir une «Orientation de base», des «Objectifs» et des «Rubriques de base pour la promotion des mesures» concernant le traitement adapté et la réduction des déchets à l'aide de la carte topographique.

- Plan directeur de développement agricole dans les environs de la capitale

L'agriculture étant l'activité principale au Burundi, l'utilisation raisonnable des terres peut être assurée en recourant aux informations topographiques et aux informations sur l'utilisation des terres fournies par la carte, qui

pourra servir de plan de base pour le Plan directeur de développement agricole.

- Éducation

La carte pourra être utilisée dans l'enseignement primaire, en tant que matériau pédagogique pour la lecture de carte et de configuration de la terre.

2-1-3. Organismes qui pourraient utiliser la carte

Les organismes qui pourraient utiliser la carte parmi les organismes précités auprès desquels des interviews et des demandes de données ont été faits par l'équipe d'étude au cours de cette étude sont les suivants. Parmi eux, la mairie de Bujumbura a été un organisme très coopératif pour cette étude et un fournisseur de données positif pour l'établissement du modèle SIG ; certains de ses employés ont aussi participé au transfert de technologies sur la structuration des données et la création des modèles SIG.

La mairie de Bujumbura sera aussi sans doute un utilisateur SIG, les employés ayant participé au transfert de technologies ont établi le modèle SIG en matière de «collecte des impôts» dans ce cadre. On peut espérer que l'IGEBU et la mairie de Bujumbura utilisent conjointement largement les techniques et les résultats de cette étude pour l'établissement d'un plan visant l'aménagement de l'infrastructure et l'amélioration des services.

Tableau. 2 Organisations et organismes qui pourraient devenir des utilisateurs

Organisations/organismes	Domaines d'utilisation envisageables	Remarques	
Mairie de Bujumbura	Plan d'urbanisation Aménagement et de gestion de l'infrastructure	Gestion des déchets, construction d'habitations et d'écoles, entretien des routes	Gère les données administratives et les données des routes avec un logiciel SIG
Services techniques de la Mairie de Bujumbura (SETEMU)	Aménagement et de gestion de l'infrastructure	Le renforcement de l'efficacité du système de gestion et l'amélioration des services sont attendus.	Gère les données d'assainissement des eaux usées avec un logiciel SIG.
	Aménagement et de gestion de l'infrastructure	La mise en commun des données des informations relatives aux précipitations est attendue grâce à leur numérisation.	Les informations ne sont pas mises en commun entre les employés.
Direction générale de la Géologie et des Mines, Ministère de l'Énergie et des Mines	Mesures contre les catastrophes naturelles Plan directeur du développement agricole	A établi et met à jour les données sous forme de données vectorielles, et pourra utiliser les données de cette étude en tant que fond dans le domaine agricole et pour les mesures contre les sinistres.	Gestion de la carte topographique sous forme de données matricielles Possession d'un logiciel SIG
Régie de production et de distribution d'eau et d'électricité (REGIDESO)	Aménagement et de gestion de l'infrastructure	Gestion par numérisation des câbles électriques attendue	Gère analogiquement la disposition des câbles électriques.
	Aménagement et de gestion de l'infrastructure	Pourrait renforcer l'efficacité du système de gestion et améliorer les services à l'aide des données de cette étude.	Gère les données numériques des différentes installations telles que stations de production d'eau courante, canalisations d'approvisionnement en eau, réservoirs de stockage d'eau, etc. avec un logiciel SIG.
Ministère de la Santé Publique	Soins médicaux	Pourrait renforcer l'efficacité du système de gestion et améliorer les services à l'aide des données de cette étude.	La liste des hôpitaux et des centres de santé est numérisée, mais il n'y a pas d'informations de position.
Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU)	Mesures contre les catastrophes naturelles Plan directeur du développement agricole	A établi et met à jour les données sous forme de données vectorielles, et pourra utiliser les données de cette étude en tant que fond dans le domaine agricole et pour les mesures contre les sinistres.	Gère analogiquement une carte des sols.
Ministère des Travaux publics et du Transport	Plan d'urbanisation	Utilisation pour le plan d'aménagement des nouvelles zones administratives et des activités commerciales, l'aménagement de nouvelles routes	Gère analogiquement les informations des routes nationales.
Direction de la Statistique	Plan d'urbanisation	Utilisation pour la division des zones d'étude dans le recensement national	Gère analogiquement/numériquement l'annuaire statistique.
Université du Burundi	Études et recherches effectuées à l'université	Utilisation en tant que matériel pédagogique	Possède un logiciel SIG

2-2. Système d'utilisation

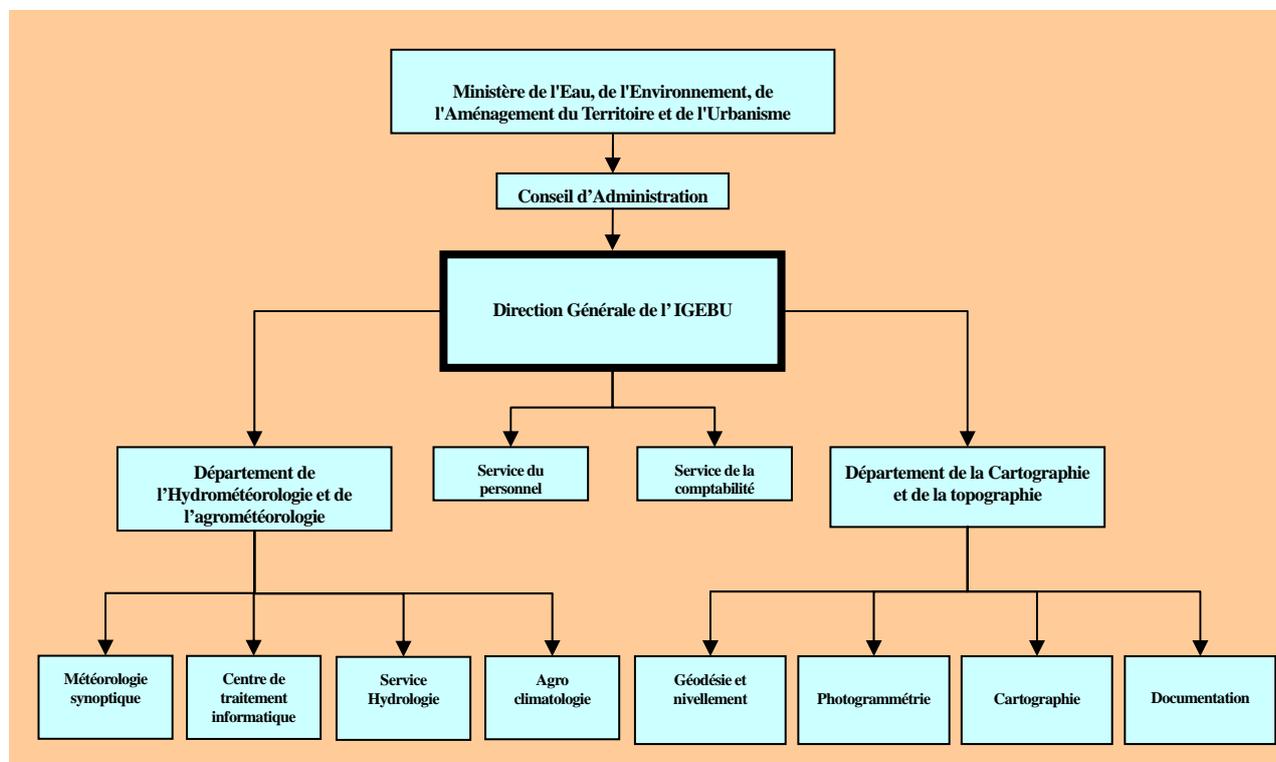
L'IGEBU sera l'organisme en charge d'exploitation des utilisations des résultats de cette étude, et la conception de sa structure est décrite ci-dessous. Les relations de coopération avec les différents ministères et agences, ainsi que le secteur privé du Burundi, et les organisations d'aide internationales sont aussi importantes.

2-2-1. Structure de l'IGEBU et situation financière

L'IGEBU est sous le Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme, sous le Directeur général, se divise en Département de l'Hydrométéorologie et Agrométéorologie, et Département de la Cartographie. Le Département de l'Hydrométéorologie et Agrométéorologie étudie l'hydrologie et la météorologie, et collecte des données, et dispose de stations d'observation effectuant des observations météorologiques dans tout le pays.

Le Département de la Cartographie est en charge des levés et de l'établissement des cartes topographiques, et sert d'organisme homologue pour le présent projet. Ce département compte 21 employés, y compris le directeur : 5 pour le service de géodésie, 4 pour le service de photogrammétrie, 6 pour le service de topographie, et 6 pour l'autre service.

L'organigramme actuel de l'IGEBU est présenté ci-dessous.



Le budget pour les opérations de l'IGEBU, frais de personnel exclus, est d'environ 187.599.360 BIF (env. 9,38 millions de yens). Le budget pour la mise en place des points de contrôle et l'établissement des différentes cartes topographiques est insuffisant. Un système, dans lequel une fourniture des données de carte topographique est assurée de façon continue, devra être établi pour la promotion de l'utilisation et la diffusion des cartes topographiques et des données SIG, qui sont les résultats du présent projet. De plus, l'acquisition des consommables pour l'impression nécessaires à la fourniture continue devra être prévue, ce qui exigera des mesures financières.

Le prix de vente des données telles que cartes topographiques établies cette fois-ci, doit être fixé en incluant les frais du renouvellement des cartes topographiques à venir. Voici ci-dessous notre conception de la fixation du prix. Un fonds pour les frais d'amortissement et les frais généraux de mise à jour des cartes topographiques doit bien entendu être constitué.

$\text{Prix de vente des cartes topographiques} = \text{frais d'impression des cartes} + \text{frais de personnel} + \text{frais d'amortissement des équipements} + \text{frais de mise à jours des cartes} + \text{frais de gestion}$
--

La fixation du prix de vente des cartes topographiques ci-dessus dépend du nombre de cartes topographiques dont la vente est prévue annuellement. Le nombre des cartes topographiques existantes au 1/50.000^e annuellement vendues est en moyenne de 500, aussi les ventes annuelles des cartes topographiques établies dans cette étude sont-elles prévues de 500 à 1000.

2-2-2. Problèmes concernant les utilisations

Les données de cartes topographiques et les données SIG établies cette fois-ci étant indispensables pour le plan de développement de la ville de Bujumbura, la capitale, et ses environs, l'IGEBU devra absolument effectuer les travaux de sensibilisation pour la promotion de l'utilisation de ces données. L'organisation de réunions d'études, de séminaire, etc. pour l'utilisation des résultats par l'IGEBU, et la promotion d'un projet SIG conjointement avec d'autres organismes comme la mairie de Bujumbura, etc. sont attendues.

Des études seront aussi nécessaires pour l'entretien des données numériques, et les mesures contre les copies illégales.

Les données numériques seront stockées dans des dossiers adaptés réglementés en vue du partage des informations au sein de l'IGEBU, et leur maintenance assurée par des remises à jour périodiques.

Vu l'absence de loi de contrôle des copies illégales des données au Burundi, l'IGEBU étudie actuellement la méthode de fourniture des données numériques.

Quand la loi sera en vigueur, les utilisateurs devront déposer une demande d'utilisation auprès de l'IGEBU pour utiliser les données numériques telles que cartes topographiques et ortho-photos, diffusées par lui, et l'IGEBU leur délivrera une autorisation afin de contrôler les copies illégales. Il faudra clairement indiquer dans cette

autorisation que toute action comme copie est interdite, la portée d'utilisation admissible et l'interdiction de l'utilisation des données en dehors des objectifs définis.

2-2-3. Propositions concernant les travaux à venir et le système de l'IGEBU

La carte topographique au 1/50.000^e existante, qui couvre tout le territoire burundais, contient des informations d'il y a 30 ans, ce qui fait obstacle à la formulation de divers plans de développement. Par ailleurs, les points de contrôle géodésiques qui servent de base aux levés ont pratiquement tous disparu. Et les travaux ci-dessous sont nécessaires pour améliorer cette situation.

- Établissement d'une carte topographique au 1/50.000^e de tout le pays
- Établissement d'un réseau de points de contrôle géodésiques couvrant tout le pays

Le renforcement de l'organisation et des fonctions financières sont requises à cet effet.

Pour ces travaux, le service Géodésie et nivellement doit disposer d'équipements suivants: instruments de mesure GPS (6 unités au moins), stations totales (3 unités au moins), niveaux et staffs pour le nivellement (au moins 6 ensembles), véhicules (au moins 4), ainsi qu'un effectif de plus de 15 personnes. Les services Photogrammétrie et Cartographie devront aussi avoir un effectif d'au moins 10 personnes pour utiliser efficacement les équipements fournis dans cette étude. Autrement dit, l'effectif actuel de 21 personnes du Département de la cartographie doit être porté à 31, et une formation est également nécessaire pour améliorer les niveaux techniques des employés.

Sur le plan financier, il est souhaitable que le gouvernement burundais augmente le budget alloué à l'IGEBU, mais il est aussi souhaitable que l'IGEBU assure des bénéfices par le biais de ses propres activités. La réalisation des activités en recourant à l'aide des organisations internationales telles que l'UE, le Japon, ainsi que la Banque mondiale devra être également promue.

2-3. Transfert de technologies

2-3-1. Objectifs du transfert de technologies

Le transfert de technologies vis-à-vis de l'IGEBU a englobé toute la série de travaux relatifs à l'établissement des données de carte topographique pour lui permettre, après la fin de l'étude, de mettre à jour et de gérer lui-même les données.

Les techniciens de l'IGEBU étant sans expérience des travaux de base, vu qu'ils ont manipulé les appareils pour la première fois, ou au niveau de débutant, malgré le temps limité, un objectif visant l'opération autonome des travaux concernant la mise à jour des données future a quand même été fixé, et le degré d'atteinte des objectifs évalué. Le Chapitre 4 donne les détails du transfert de technologies par rubrique.

Tableau. 3 Objectifs fixés pour le transfert de technologies et atteinte des objectifs

Rubrique	Contenu des travaux	Objectifs fixés	Atteinte des objectifs et problèmes
Mise en place des signaux aériens (balisage des points)	Mise en place des signaux aériens (balisage des points)	Niveau où les agents peuvent exécuter des tâches similaires à la formation.	Les matériaux, la forme et la couleur des signaux pour baliser les points de façon adéquate, en fonction de la résolution des photos et des conditions au sol, ont été compris. La rapidité d'exécution s'est accrue à chaque intervention.
Levés des points de calage et analyse	Reconnaissance sur le terrain pour le choix des points de calage	Niveau où les agents peuvent exécuter des tâches similaires à la formation (formulation d'un programme de levés, observations et analyses GPS).	Les fondamentaux tels que systèmes de coordonnées et méthodes de projection ont été compris.
	Observation GPS		La disposition d'un certain nombre de points selon le plan des prises de vues a été comprise. Lors des levés des nouveaux points de calage à venir, l'IGEBU pourra lui-même dresser le plan de disposition des points.
			Compréhension des fonctions de base des GPS portatifs telles que l'enregistrement des points et de leur nom. Problèmes qui subsistent : accroître la vitesse des manipulations ; compréhension de la précision et de la position acquise.
			Ces travaux ont été exécutés avec une carte topographique ; la formation n'a pas pu porter sur la photo-interprétation.
	Analyse GPS		Les principes fondamentaux et les manipulations de base pour les levés statiques ont été compris. Les agents peuvent effectuer l'observation statique de nouveaux points par eux-mêmes. Les manipulations pratiques pour les levés cinématiques sont devenues possibles.
Théorie du système de GNSS (GPS) Principes fondamentaux de la transformation des coordonnées	Niveau où les agents comprennent la théorie du système GNSS (GPS) et peuvent exécuter la transformation des coordonnées.	Les manipulations essentielles du logiciel d'analyse ont été comprises, ainsi que l'analyse des résultats et les valeurs limites. L'observation et l'analyse d'un réseau de nouveaux points ont pu être réalisées par les agents de l'IGEBU eux-mêmes.	
Identification sur le terrain	Prévision	Niveau lui permettant d'effectuer des	A compris ce qu'il faut faire à l'identification sur le terrain et les rubriques à étudier (symboles de carte).

	Identification sur le terrain		A atteint un niveau lui permettant d'utiliser le GPS portable et les orthophotos, et de vérifier les rubriques de l'identification sur le terrain sans problème majeur.
	Classement des résultats de l'identification sur le terrain		A compris les tâches à faire dans les activités d'inspection et de classement (vérification des omissions dans l'étude, des erreurs, travaux de jonction entre les feuilles de carte).
Aérotriangulation	Manipulation de l'ordinateur et du logiciel	Niveau lui permettant d'effectuer des travaux similaires à ceux de la formation	A appris les fonctions et opérations de base.
	Compréhension du concept d'aérotriangulation numérique		A en principe compris l'abrégé servant de base aux travaux à venir, leur nécessité, le contenu des travaux et leur importance.
	Méthode d'évaluation des résultats de l'aérotriangulation		A en principe compris l'élucidation des valeurs anormales dans les résultats des calculs d'ajustement, et la méthode pour y remédier.
Restitution numérique	Manipulation de l'ordinateur et du logiciel	Niveau lui permettant dans l'avenir d'établir lui-même la carte topographique de la ville de Gitega	A appris les fonctions et les manipulations de base.
	Manipulation de l'appareil restitution stéréo		A appris les fonctions et les manipulations de base. Améliorera encore certainement sa compréhension des opérations avec la souris.
	Méthode d'acquisition des données en fonction des spécifications et de l'échelle		Il a fallu un peu de temps, mais il a appris les techniques d'acquisition des différents objets terrestres.
Compilation numérique/compilation complémentaire	Compilation des données de la restitution numérique	Niveau lui permettant dans l'avenir d'établir lui-même la carte topographique de la ville de Gitega	A compris les bases de la compilation numérique, ainsi que les erreurs survenant facilement en restitution numérique.
	Recherche et correction des erreurs logiques (nettoyage des données)		A compris la définition des valeurs limites pour la recherche automatique, ainsi que les particularités du traitement automatique et du traitement interactif.
	Création de polygones		A compris le sens de la création de polygones, la méthode de création, ainsi que les erreurs survenant à ce moment-là.
	Entrée des limites administratives et des annotations		A pu créer des polygones à partir de la mise à jour des données des limites administratives existantes, sur fond des orthophotographies établies au cours de l'étude.
Symbolisation de la carte	Travaux de symbolisation	Niveau lui permettant dans l'avenir d'établir lui-même la carte topographique de la ville de Gitega	A compris que les expressions cartographiques varient selon l'échelle.
	Examen et correction à l'écran		Est arrivé à effectuer les travaux efficacement, par ex. l'examen rubrique par rubrique.
	Examen et correction sur papier imprimé		A compris l'expression cartographique en considérant le résultat final, par inspection en regardant l'impression à la taille définie réelle et sa sortie.

Complètement sur le terrain	Complètement sur le terrain	Niveau lui permettant d'effectuer des travaux similaires à ceux de la formation	A compris les travaux de complètement sur le terrain et les rubriques de l'étude. A pu effectuer sans problème sérieux la vérification sur le terrain des rubriques de l'étude à l'aide d'un GPS portable et d'une carte topographique.
	Inspection et classement des résultats du complètement sur le terrain		A compris les tâches à faire dans les activités d'inspection et de classement.
Structuration des données numériques	Compréhension des grandes lignes de SIG	Niveau lui permettant d'effectuer des travaux similaires à ceux de la formation	A compris des grandes lignes de SIG, et a pu expliquer la définition de la structure SIG
	Manipulation du logiciel SIG (ArcGIS)		Est arrivé à effectuer sans problème les manipulations de base de la version la plus récente.
Création d'un modèle SIG	Utilisation appliquée du logiciel SIG	Niveau lui permettant de créer les modèles SIG établis dans cette étude	Est arrivé à établir des données et à faire la présentation des résultats. Pourra effectuer la sensibilisation auprès des autres ministères et agences, et trouver de nouveaux donateurs.

2-3-2. Impressions sur le transfert de technologies

On peut dire que des résultats suffisants ont été atteints pour tous les rubriques du transfert de technologies au cours de cette étude. Les employés de l'IGEBU se sont montrés intéressés et zélés pour le transfert de technologies, ce qui est une des grandes raisons de son succès.

On peut dire que le transfert de technologies concernant les levés des points de calage a donné de bons résultats parce qu'après le transfert, les employés de l'IGEBU ont opéré et observé eux-mêmes avec les équipements fournis dans cette étude, et obtenu des résultats conformes aux spécifications.

Concernant le transfert de technologies réalisé en salle allant de l'identification sur le terrain à la structuration des données numériques, passant par l'aérotriangulation, les employés de l'IGEBU ont précédé dans les travaux pour une bordure cartographique de la ville de Gitega qui étaient prévus après l'étude, et effectué eux-mêmes tous les travaux, ce qui permet de penser qu'ils ont compris le principe et les travaux de base de tous les processus.

En ce qui concerne les modèles SIG, les employés de l'IGEBU ont discuté eux-mêmes des 4 modèles prévus, et les ont réalisés, ce qui permet de dire qu'ils ont atteint un niveau leur permettant de créer des modèles dans l'avenir.

Dorénavant, on peut espérer qu'ils réaliseront la carte topographique pour la partie restante de la ville de Gitega en profitant des connaissances et techniques acquises via le transfert de technologies de cette étude, et qu'ils renforceront l'efficacité de leurs travaux en utilisant les fonctions du matériel et du logiciel fournis.

Pour SIG, on peut espérer des activités de sensibilisation qui permettront d'augmenter les donateurs et les utilisateurs dans les autres ministères et agences.

3. Contenu des travaux réalisés

3-1. Collecte de matériaux et informations connexes, classification et analyse (Travaux au Japon)

Un avant-projet de symboles de la carte a été établi à partir des matériaux collectés par la mission de l'Étude préliminaire, des résultats d'étude propres à notre société et des informations obtenues au Japon.

La carte au 1/50.000^e existante a été utilisée comme matériel existant pour la production des symboles de la carte (proposition). Les rubriques acquises pour cette production de symboles ont été dégagées des cartes au 1/5.000^e et au 1/25.000^e du Japon et de la carte au 1/50.000^e existante du Burundi, et les critères d'acquisition ont été établis en tenant compte des résultats de la reconnaissance sur le terrain.

3-2. Rédaction du Rapport de commencement (Travaux au Japon)

Les instructions des opérations de la JICA, le Rapport de l'Étude préliminaire et les matériaux collectés cités plus haut ont été analysés et étudiés, et un rapport de commencement qui présente l'orientation de l'exécution, la méthodologie et les processus de chacun des travaux de l'ensemble de l'étude a été établi.

3-3. Explication et discussions du Rapport de commencement (Travaux au Burundi)

Le contenu du Rapport de commencement a fait l'objet de discussions avec l'IGEBU, qui a donné son accord pour la proposition de l'équipe d'étude. (Procès-verbal des discussions est donné dans l'Annexe 1).

3-4. Discussions sur les spécifications (Travaux au Burundi)

Les spécifications ci-dessous, concernant la carte topographique à élaborer, ont été décidées après discussions entre l'IGEBU et l'équipe d'étude. Sur la demande expresse de l'IGEBU, le Burundi étant situé à une limite de la zone UTM (le méridien central enjambe la zone 35 de 27° de longitude est et la zone 36 de 33° de longitude est), le méridien central a été fixé à 30° de longitude est pour l'inclure dans 1 zone. De plus, la distance est-ouest du Burundi étant inférieure à 200 km, l'IGEBU a jugé que le coefficient d'échelle 0,9999 convenait.

Tableau. 4 Spécifications décidées pour la carte

Rubrique		Dispositions décidées	Base de décision
Normes de hauteur		Selon les points de contrôle déjà existants	Altitude des points de contrôle existants (points de nivellement)
Ellipsoïde		WGS84	Demande de l'IGEBU
Système de coordonnées géodésiques		WGS84	
Méridien central		30°E	
False_Easting(m) (Faux Est)		500.000,0	
False_Northing(m) (Faux Nord)		10.000.000,0	
Coefficient d'échelle		0,9999	
Symboles (rubriques d'acquisition)	1/5.000	Fixé après discussions	Discussions avec l'IGEBU sur la base d'une proposition de l'équipe de l'étude
	1/25.000	Fixé après discussions	
Symboles (courbes de niveau)	1/5.000	Courbe normale : 5m, Courbe maîtresse : 25m, Courbe intercalaire : 2,5m	Similaire aux spécifications utilisées au Japon
	1/25.000	Courbe normale : 10m, Courbe maîtresse : 50m, Courbe intercalaire : 5m	
Nom et numéro des feuilles de carte	1/5.000	Fixation du numéro de feuille sur la base de discussions (voir la Figure 5)	Division par 100 de la carte topographique au 1/50.000è
	1/25.000	Fixé sur la base des discussions sur les numéros et désignations des feuilles (voir la Figure 5)	Fixé en tenant compte de la facilité d'utilisation
Informations marginales	1/5.000	Fixé après discussions	Conformément aux règles de la carte topographique au 1/50.000è existante.
	1/25.000	Fixé après discussions	
Annotations		Cette carte topographique a été réalisée conjointement par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) et le Gouvernement de la République du Burundi, dans le cadre du Programme de Coopération Technique du Gouvernement du Japon.	

3-5. Étude sur la situation actuelle (Travaux au Burundi)

Des entretiens et des reconnaissances sur le terrain ont été effectuées au Burundi en vue de l'établissement de modèles échantillons, qui serviront d'exemples d'utilisation des données de carte topographique et des données SIG établies dans cette étude pour saisir les problèmes du Burundi et tirer avantage de la précision des données de carte topographique et des particularités de leur étendue.

Le problème majeur de la ville de Bujumbura étant les dégâts naturels dus aux pluies, deux modèles ont été établis : l'un de mesures pour la prévention des inondations et l'autre de mesures pour la prévention des glissements de terrain. Suite à différentes demandes : utilisation pour l'élaboration d'un plan d'aménagement de nouvelles routes du Ministère des Travaux publics et du Transport, utilisation pour le plan d'implantation efficace et la gestion des établissements médicaux du Ministère de la Santé Publique, utilisation pour la gestion des

déchets de la Mairie de Bujumbura, utilisation pour la division des zones d'étude du recensement national de la Direction de la Statistique, etc., des discussions ont eu lieu avec l'IGEBU en tenant compte de l'état de collecte des matériaux y afférents, et des modèles ont été établis pour la gestion des déchets et les soins médicaux.

Tableau. 5 Modèles SIG déterminés à usage démonstratif

	Modèles SIG à usage démonstratif	Contenu
1	Modèle SIG pour la prévention des inondations	Identification des zones à possibilités d'inondation sur analyse topographique à l'aide des données des courbes de niveau et identification du risque d'inondation potentiel de la zone urbaine
2	Modèles SIG pour la prévention des glissements de terrain	Identification des zones fragiles enclines au glissement de terrain par analyse des pentes à l'aide des données topographiques, par ex. courbes de niveau, du sol, et de l'état actuel d'utilisation des terres
3	Modèles SIG pour la gestion des déchets	Identification des quantités estimées de déchets solides produits par analyse spatiale utilisant les données des constructions, routes, population, etc.
4	Modèle SIG relatif aux soins médicaux	Étude des emplacements les mieux adaptés pour les nouveaux établissements médicaux sur analyse des établissements médicaux actuels combinée à la densité de population et à la carte topographique

3-6. Collecte des résultats des levés (Travaux au Burundi)

La collecte des résultats des levés et les reconnaissances sur le terrain ont révélé qu'il ne subsistait pas de points de contrôle nationaux utilisables pour ces travaux, mais on a pu vérifier un certain nombre de points de nivellement.

3-7. Situation actuelle des organismes concernés par la diffusion des cartes et des informations géographiques (Travaux au Burundi)

La situation actuelle des organismes qui, en dehors de l'IGEBU, sont susceptibles de devenir utilisateurs des cartes et des données SIG a été examinée et des réunions d'information ont été organisées à leur intention. Le directeur de l'IGEBU et les membres de l'équipe d'étude ont expliqué les grandes lignes du Projet et les propositions de modèles SIG à établir; puis des avis ont été échangés sur les données qui peuvent être partagées et sur le transfert de technologies. Les participants à la réunion d'explications sont présentés dans la liste ci-dessous.

- Méthode de mise à jour dans l'avenir des données établies dans cette étude
- Participation au transfert de technologies
- Exemples d'utilisation des données d'altitude établies dans cette étude

Tableau. 6 Liste des participants à la réunion d'informations

Nom		Service	Poste
1	NGENDAKUMANA Gordien	Services Techniques Municipaux de la Mairie de Bujumbura (SETEMU)	Chef Département APE/SETEMU
2	MUCOMWIZA Jean-Marie	Mairie de Bujumbura	Chef Service informatique
3	BIGIRUKWAYO Frédéric	Mairie de Bujumbura	Chef Département Technique
4	MUSAVYI Célestin	SETEMU	Chef Département Voirie et Drainage des eaux pluviales
5	NTAWUYANKIRA Judith	SETEMU	Chef Département Maintenance des Engins, Véhicules et autres équipements (MEVE)
6	MADEBARI René	SETEMU	Chef Département Résidus Urbains et Maintenance des Immeubles (RUMI)
7	HAMADI Harouna	SETEMU	Directeur Administratif et Financier
8	NIJIMBERE Alice	SETEMU	Chef Département Exploitation du Réseau des Eaux Usées (EREU)
9	MAMIRAMPA Théophile	Mairie de Bujumbura	Agent du service technique
10	NTUMIGOMBA Protais	IGEBU	Directeur
11	Eisaku TSURUMI	Équipe d'étude de la JICA	Conseiller
12	Akira SUZUKI	Équipe d'étude de la JICA	Chef d'équipe
13	A.K. SAH	Équipe d'étude de la JICA	Ingénieur SIG
14	CHARLES Marie-Line	Équipe d'étude de la JICA	Interprète

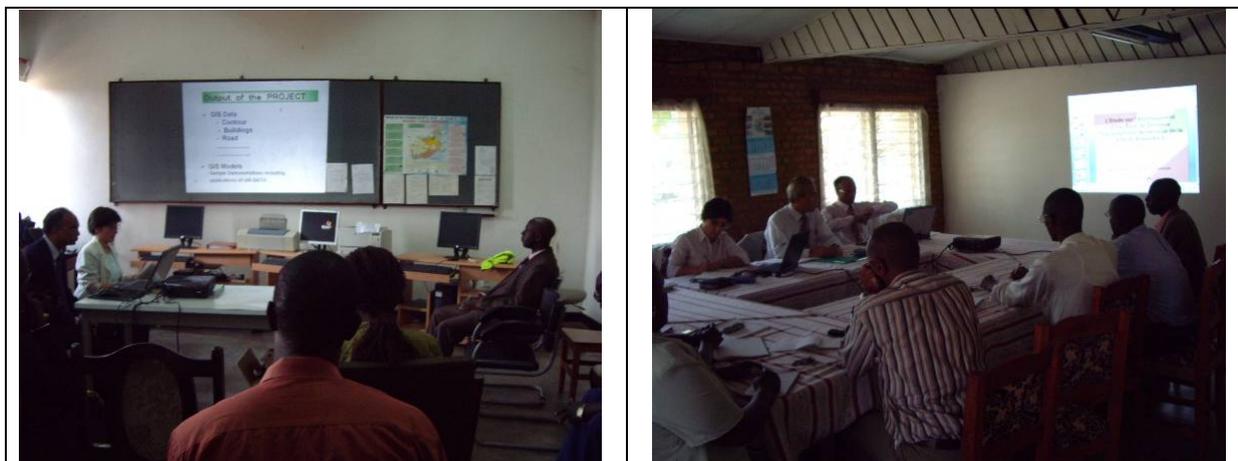


Figure. 5 Scène de la Réunion d'explications de l'étude

3-8. Tâches relatives au transfert de technologies (Travaux au Burundi)

Les articles et le contenu du transfert de technologies ont été définis suite aux résultats des discussions entre l'IGEBU et l'équipe de l'étude.

L'IGEBU a demandé un transfert concernant les principes fondamentaux et la théorie du système GNSS (GPS),

et les transformations de coordonnées, ce qui a été accepté.

Les équipements et matériaux fournis pour le transfert de technologies ont été inspectés et acceptés par l'IGEBU en octobre 2011, et la vérification de leur bon fonctionnement a été réalisé. Les équipements et matériaux fournis pour le transfert de technologies sont les suivants.

Tableau. 7 Équipements et matériaux fournis pour le transfert de technologies

Désignation	Qté	Remarques	
Appareils de levés GPS	2	Acquisition au Japon	
Logiciel d'analyse pour GPS	1	Idem	
Accessoires (pour station de RTK en déplacement)	1	Idem	
Stéréoscope ordinaire	4	Idem	
GPS portable	4	Idem	
Caméra numérique	4	Idem	
Logiciel de base d'aérotriangulation, de restitution et de compilation (LPS Core)	2	Idem	
Logiciel d'aérotriangulation, de restitution et de compilation (LPS Stereo)	2	Idem	
Logiciel d'aérotriangulation (partie calcul d'ajustement) (ORIMA DP-TE/GPS)	1	Idem	
Logiciel de base de restitution et de compilation (PRO600 FOR LPS/DPW)	2	Idem	
Logiciel de restitution et de compilation (MicroStation V 8 i)	2	Idem	
Logiciel de restitution et de compilation (Bentley Map V 8 i)	2	Idem	
Logiciel de restitution et de compilation (partie établissement DEM) (LPS ATE)	1	Idem	
Logiciel de restitution et de compilation (partie compilation DEM) (LPS TE)	1	Idem	
Logiciel de structuration SIG (ArcGIS Arc Info)	2	Acquisition au Kenya	
Logiciel de symbolisation de carte (Adobe Illustrator)	2	Idem	
Logiciel d'utilisation des données SIG	ArcGIS 3D Analyst	2	Idem
	ArcGIS Network Analyst	2	Idem
	ArcGIS Spatial Analyst	2	Idem
Logiciel de traitement d'image (Adobe Photoshop)	1	Idem	
Logiciel de documentation (Adobe Acrobat)	1	Idem	
Souris pour la photogrammétrie	2	Acquisition au Japon	
Affichage 3D	2	Acquisition au Japon	
Station de travail pour système de la photogrammétrie numérique	2	Acquisition au Japon	
Ordinateur de bureau	2	Acquisition au Burundi	
Moniteur à cristaux liquides	4	Acquisition au Burundi	
Alimentation sans coupure (UPS)	4	Acquisition au Kenya	
Imprimante pour sortie de carte (format A0) et consommables	1	Acquisition au Burundi	
Imprimante (format A3) et consommables	1	Acquisition au Burundi	

3-9. Levés des points de calage et balisage des signaux aériens (Travaux au Burundi)

L'équipe de l'étude a réalisé les levés de points de calage et le balisage des signes aériens suivants sur la base du déroulement des travaux ci-dessous.

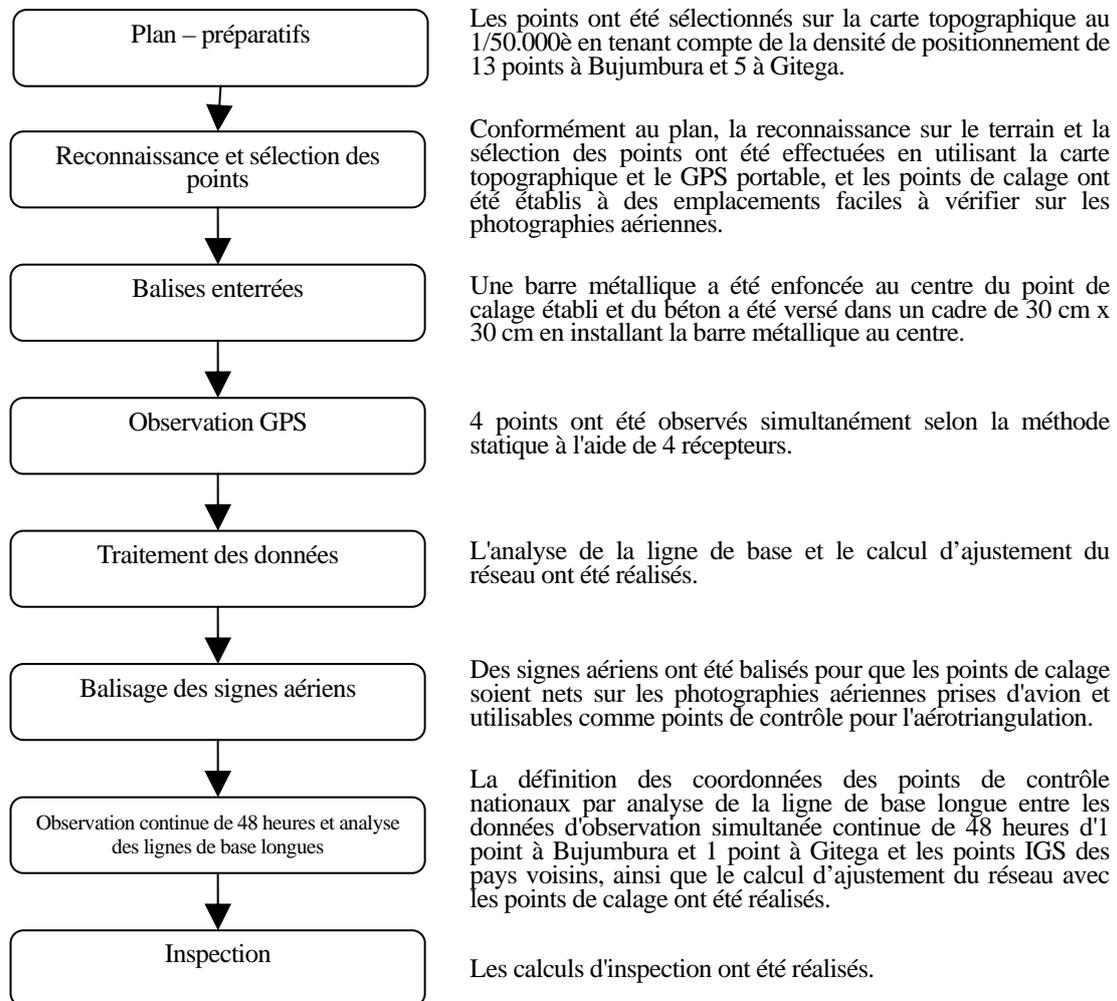


Figure. 6 Déroulement des travaux d'observation des points de calage et de balisage



Figure. 7 Scènes des levés des points de calage

3-10. Nivellement (Travaux au Burundi)

Les travaux de nivellement ont été réalisés par l'équipe de l'étude sur la base du déroulement des travaux suivant.

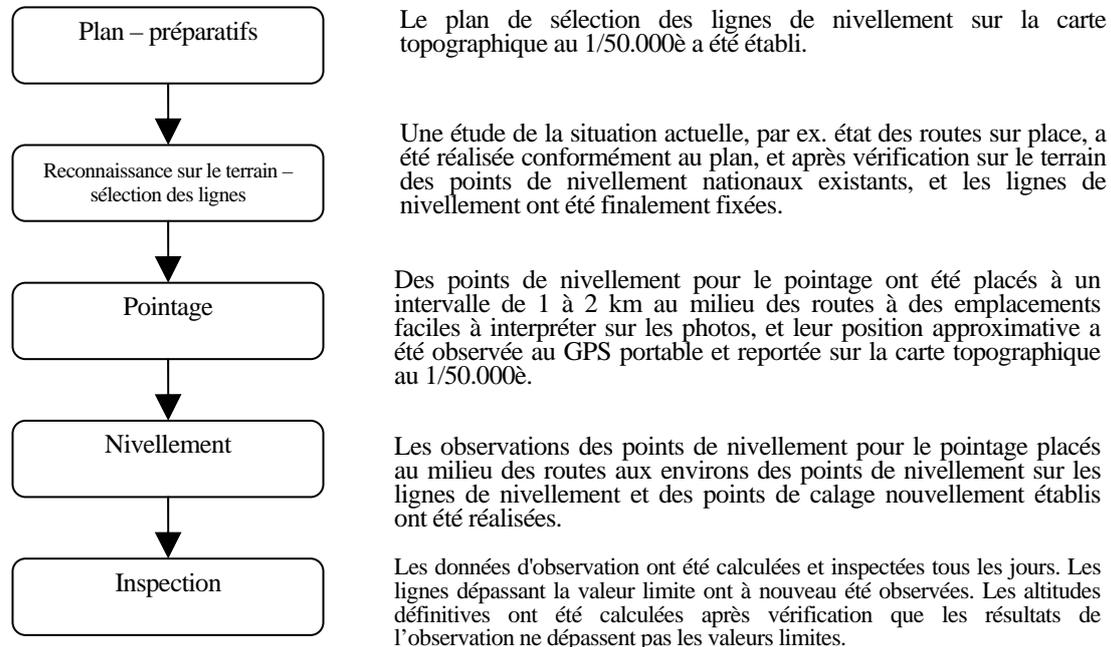


Figure. 8 Déroulement des travaux du nivellement



Figure. 9 Scènes de nivellement (à gauche : point de nivellement existant, à droite, nivellement)

3-11. Prise de vues aériennes (Travaux au Burundi)

Les prises de vues aériennes dans cette étude se sont déroulées selon le schéma ci-dessous, à l'aide d'une caméra numérique aérienne combinée à un GPS/IMU. La carte des orientations de prise et les spécifications appliquées sont indiquées ci-dessous.

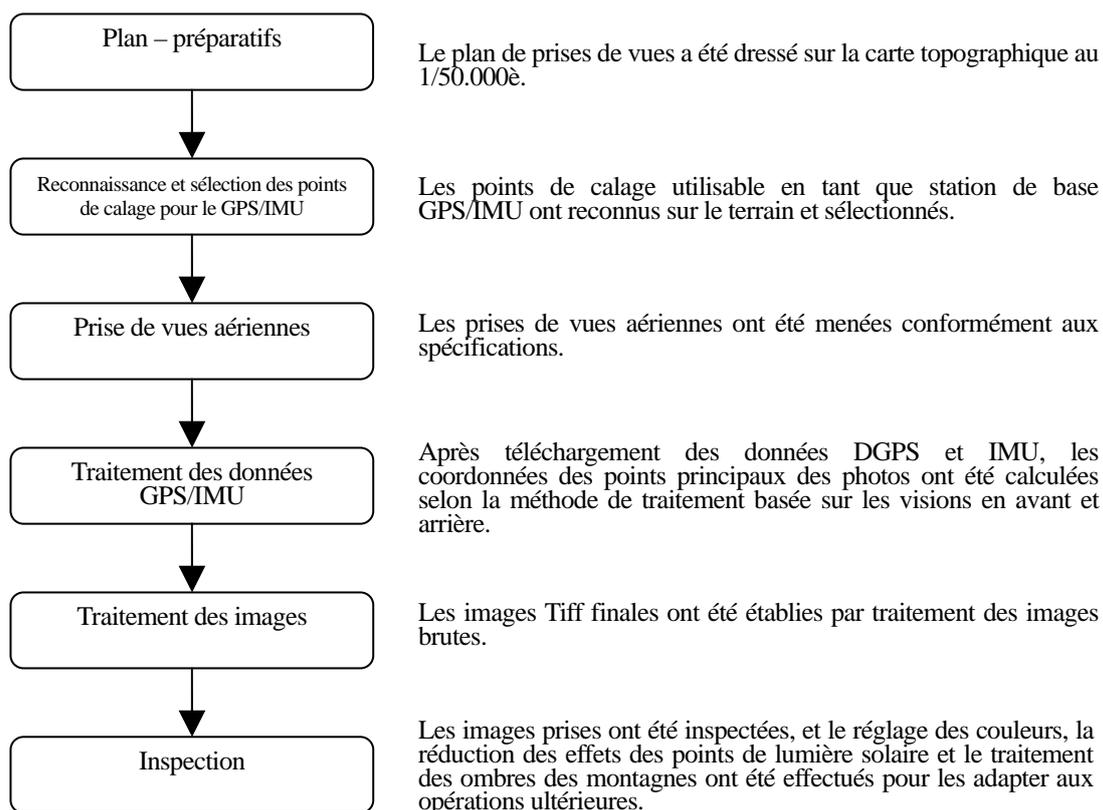


Figure. 10

Déroulement de la prise de vues aériennes



Figure. 11 Équipement des prises de vues (Gauche: avion utilisé; Droite: caméra numérique, équipement GPS/IMU)

3-12. Aérotriangulation (Travaux au Japon et au Burundi)

L'aérotriangulation s'est déroulée dans cette Étude conformément au diagramme ci-après, à l'aide des données des vues aériennes prises, des coordonnées GPS/IMU et des coordonnées des points de calage.

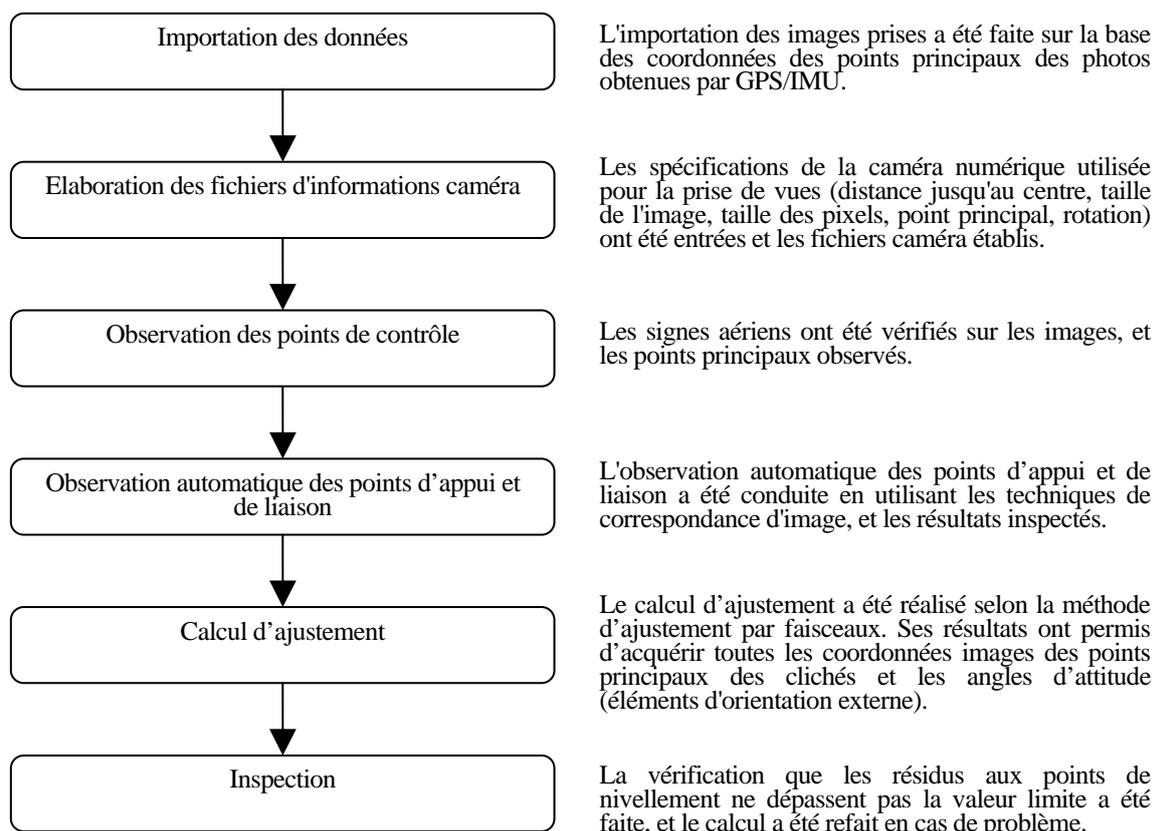


Figure. 12 Déroulement des opérations d'aérotriangulation

3-13. Élaboration du Rapport intermédiaire (IT/R) (Travaux au Japon)

Le Rapport intermédiaire a été rédigé, qui présente la synthèse des rubriques des décisions, du contenu et des résultats des travaux, ainsi que leur état d'avancement, etc. relatifs aux travaux allant du commencement de l'étude à l'aérotriangulation précitée.

3-14. Identification sur le terrain (Travaux au Burundi)

L'identification sur le terrain de la présente étude s'est déroulée dans la procédure indiquée ci-dessous en s'appuyant sur les orthophotographies ordinaires produites pour cette identification sur le terrain et les matériaux existants.

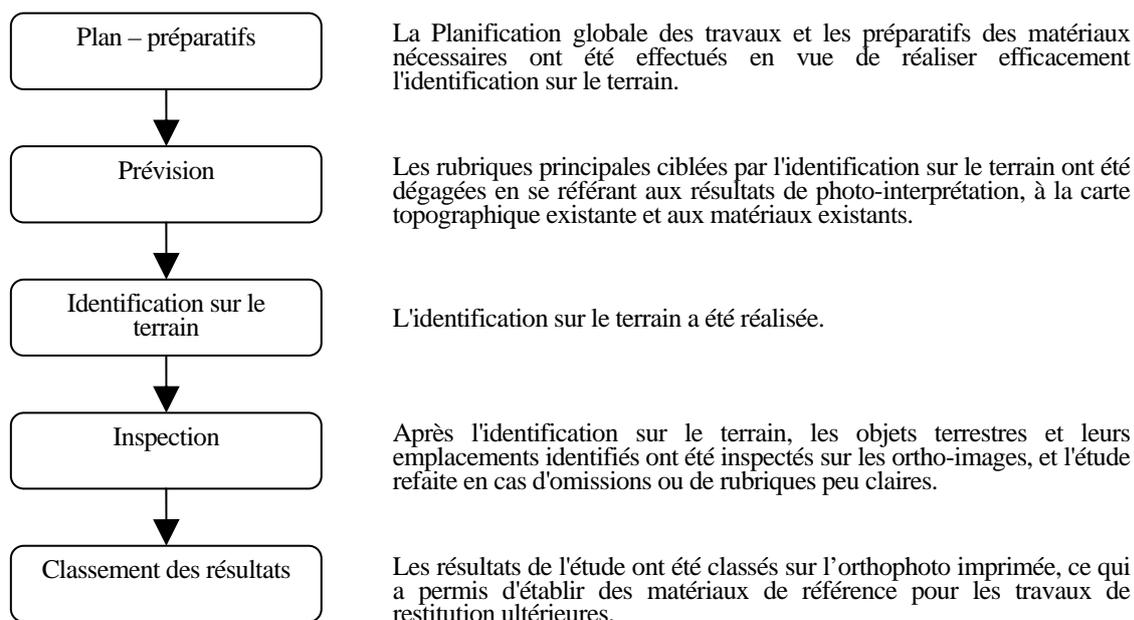


Figure. 13

Déroulement des travaux de l'identification sur le terrain

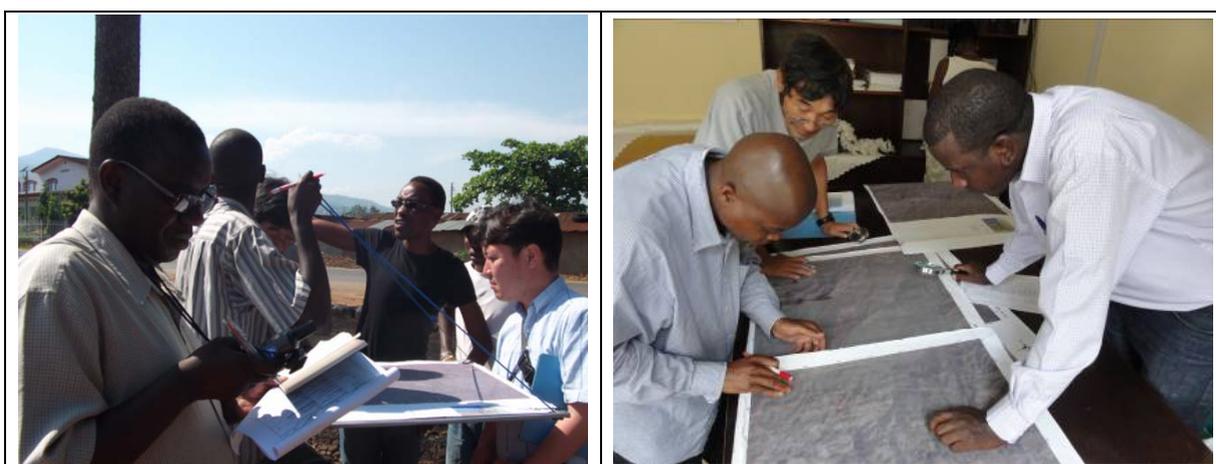


Figure. 14 l'identification sur le terrain (à gauche : acquisition d'informations de position, à droite : acquisition de photos locales)

3-15. Explication et discussion du Rapport intermédiaire (IT/R) (Travaux au Burundi)

Le Rapport intermédiaire a été expliqué à l'IGEBU, et des discussions ont eu lieu concernant les résultats obtenus jusqu'à l'étape de l'identification sur le terrain et le programme futur, les spécifications cartographiques comme le système de coordonnées, les symboles de carte et les informations marginales et l'orientation du transfert de technologies en salle, ainsi que le système de modèles SIG, etc. Un fichier Power Point a été préparé pour le contenu résumé des explications et des discussions, une présentation a été faite avant les discussions, dont le contenu des discussions a été compilé en procès-verbal, qui a été signé par les deux parties.



Figure. 15 Discussions de l'IT/R (à gauche : discussions du rapport, à droite : discussions des informations marginales)

3-16. Restitution numérique (Travaux au Japon et au Burundi)

Sur la base du modèle stéréo des vues aériennes obtenu à partir des résultats de l'aérotriangulation, en se référant aux résultats de l'identification sur le terrain, l'acquisition de la configuration et de la position des objets terrestres en tant qu'informations topographiques s'est déroulée comme indiqué ci-dessous, et les données sous forme de carte manuscrite de restitution ont été établies. Les objets terrestres ont été catégorisés selon leur type (forme) et leur genre conformément aux rubriques et normes d'acquisition de la restitution. Les points douteux de la photo-interprétation et les éléments incertains concernant les résultats de l'identification sur le terrain ont été classés en tant que rubriques à étudier dans le complètement sur le terrain.

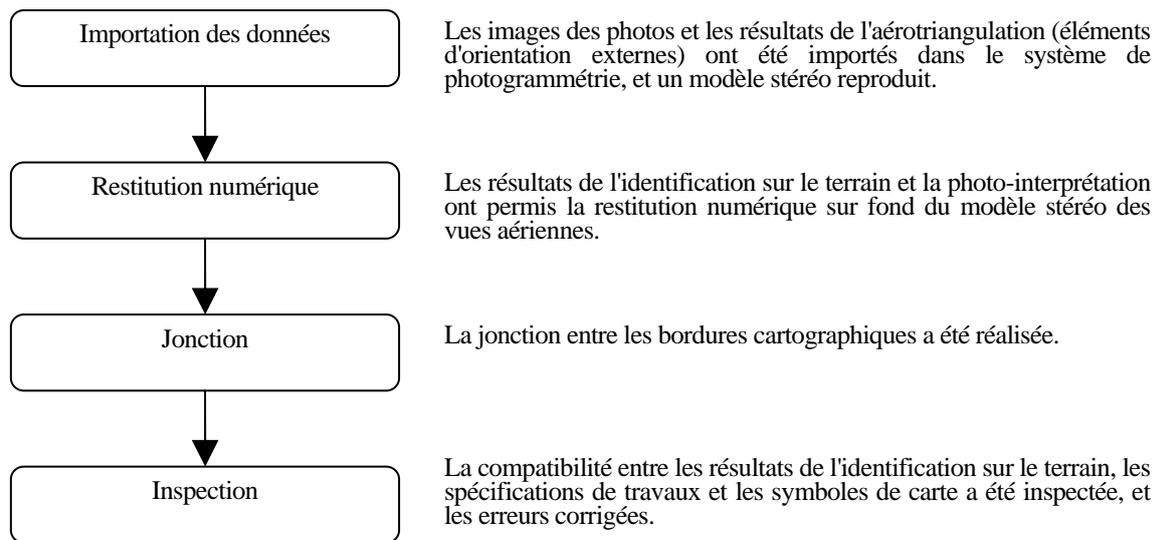


Figure. 16 **Déroulement des travaux de la restitution numérique**

Le transfert de technologies a été réalisé pour la zone déterminée suite aux discussions avec l'IGEBU, à l'aide de la station de travail et du logiciel pour photogrammétrie (LPS : Leica Photogrammetry Suite) et du logiciel CAO (MicroStation).

3-17. Compilation numérique (Travaux au Japon et au Burundi)

Pour les données restituées numériquement, après le nettoyage des données par adéquation de la forme des données et élimination des données inutiles sur la base des symboles de carte et des normes d'acquisition, la topologie sur la plage nécessitant la polygonation, ainsi que la polygonation des données ont été réalisées.

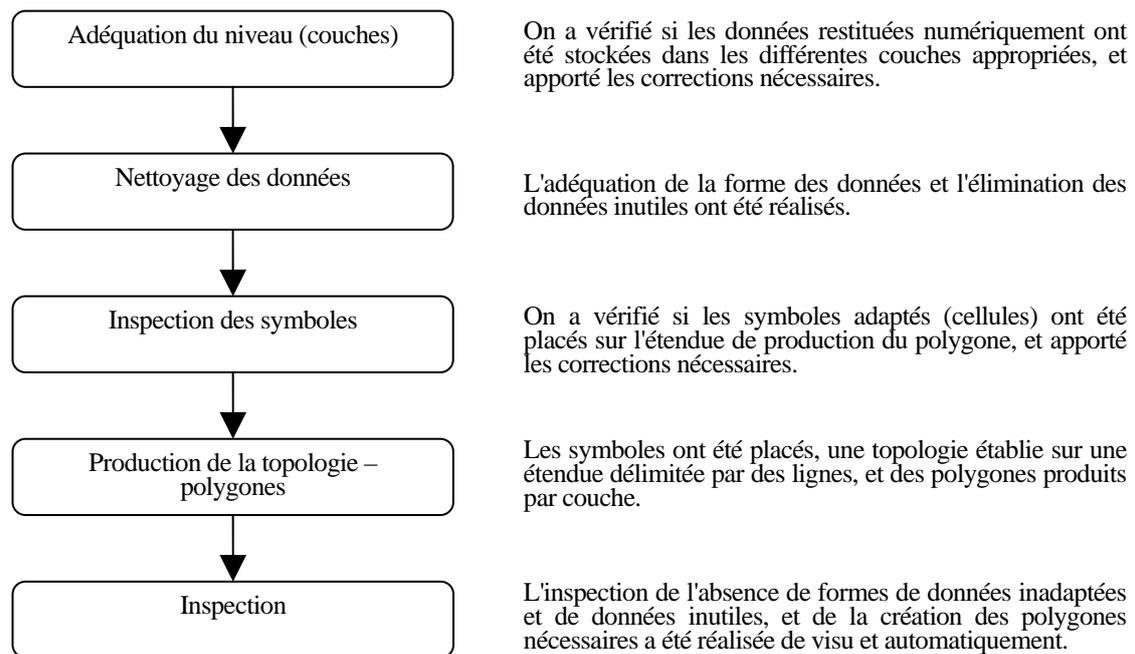


Figure. 17 Déroulement des travaux de la compilation numérique

3-18. Complètement sur le terrain (Travaux au Burundi)

Les travaux de complètement sur le terrain ont été réalisés pour rehausser la qualité des données des cartes topographiques en revérifiant sur le terrain les éléments incertains apparus pendant les travaux de restitution et de compilation numériques. Les annotations telles que toponymes par ex. rivières et noms des universités indiqués sur la carte topographique ont aussi été vérifiés à ce moment-là. L'étendue des travaux a été la même que pour les travaux de l'identification sur le terrain.

Pour ces travaux, une symbolisation ordinaire a été appliquée aux données de la carte topographique après compilation numérique, les deux cartes au 1/5.000è et au 1/25.000è ont été sorties à la même échelle et emportées sur place.

Comme pour l'identification sur le terrain, le complètement de l'étendue de la carte au 1/5.000è dans la carte au 1/25.000è a été réalisé dans le cadre de celle pour la carte au 1/25.000è.

Le déroulement des travaux a été comme suit.

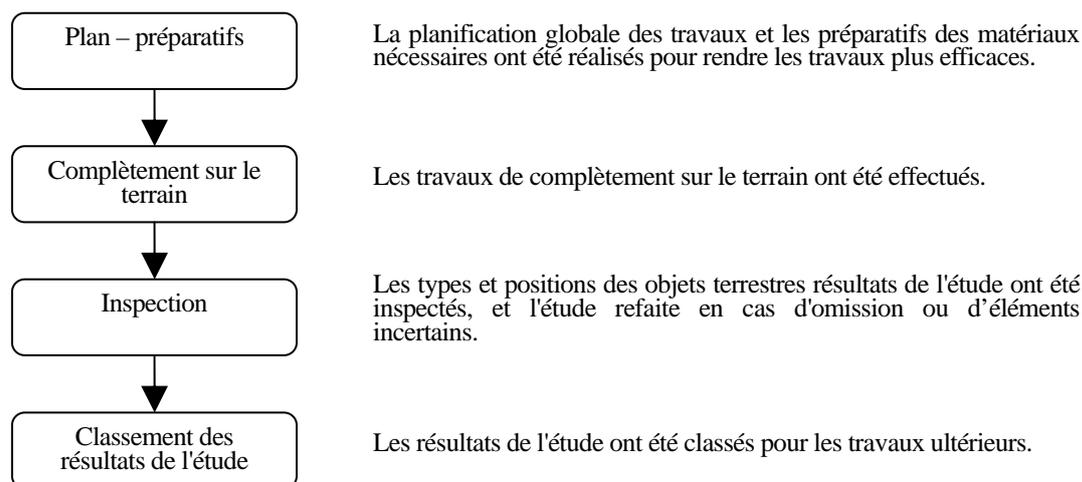


Figure. 18 Déroulement des travaux du complètement sur le terrain

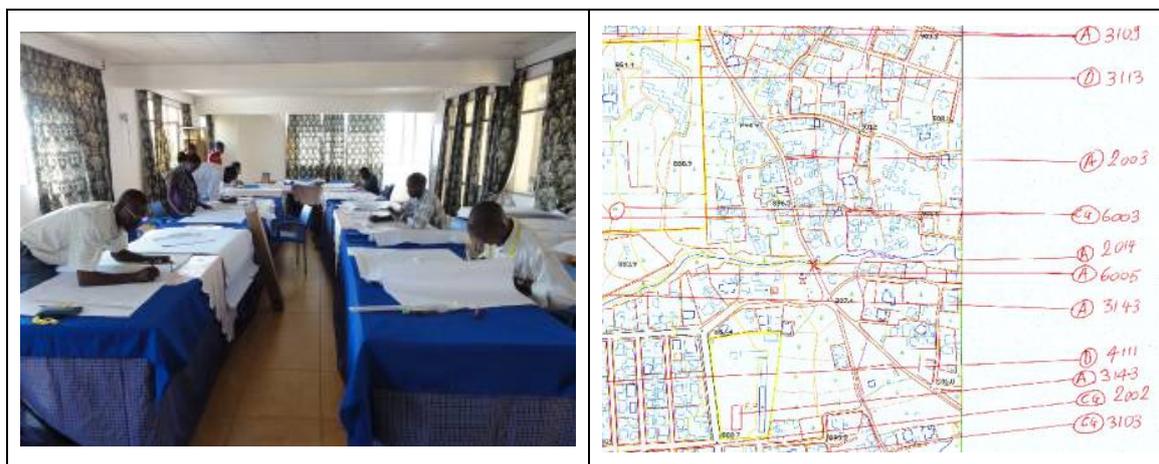


Figure. 19 Travaux de complètement sur le terrain (à gauche : travaux de classement, à droite : résultat du classement pour le complètement sur le terrain)

3-19. Compilation complémentaire (Travaux au Japon et au Burundi)

La compilation complémentaire a été réalisée pour répercuter les résultats du complètement sur le terrain sur les données de la carte topographique. Les travaux similaires ont été réalisés pour les emplacements corrigés. Les données de la carte numérique ont été établies en ajoutant les données des limites administratives et celles des annotations.

Le transfert de technologies a été réalisé avec le logiciel CAO (Bentley Map) sur les données établies par l'IGEBU, sur l'étendue cible du transfert de technologie convenue après discussions avec l'IGEBU.

3-20. Structuration des données numériques (Travaux au Japon et au Burundi)

La structuration des données numériques permettant d'en utiliser dans SIG a été réalisée sur la base des données de carte topographique élaborée au cours de la compilation complémentaire, conformément au contenu défini dans les discussions sur les spécifications. Les données de base SIG établies par cette structuration doivent être des données universelles, pratiques et faciles à utiliser pour les utilisateurs.

Les données des cartes topographiques au 1/5.000^e et au 1/25.000^e ont été structurées en 2 types de données de base SIG à échelles différentes.

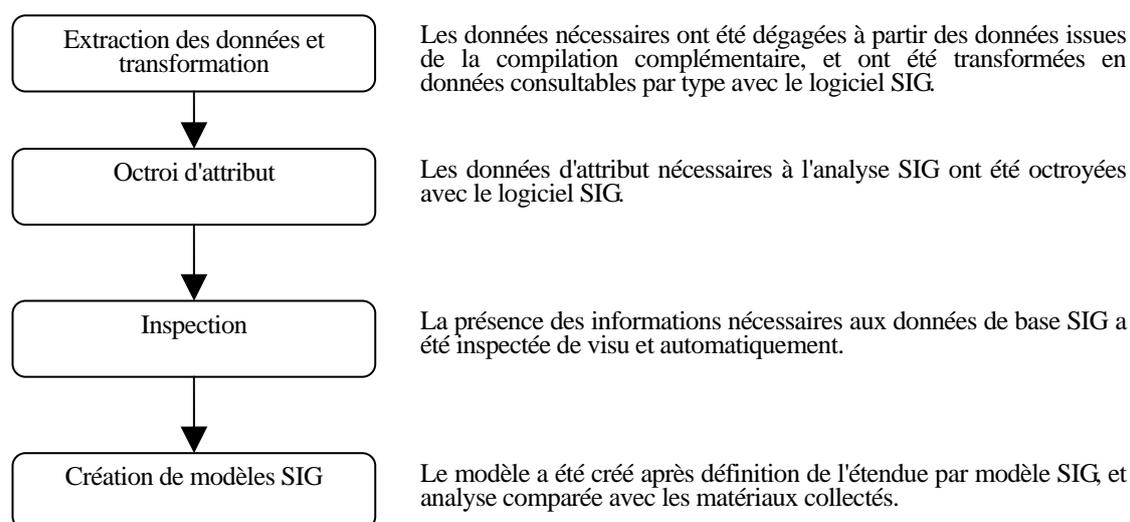


Figure. 20 Déroulement des travaux de structuration des données

Le transfert de technologies a été réalisé pour la zone déterminée suite aux discussions avec l'IGEBU, sur les données de carte topographique après compilation complémentaire établies par l'IGEBU, à l'aide du logiciel pour SIG (ArcGIS).

3-21. Symbolisation de la carte topographique (Travaux au Japon et au Burundi)

Conformément aux symboles de carte définis dans les discussions sur les spécifications, la symbolisation de la carte a été réalisée en attribuant des symboles cartographiques aux données des cartes topographiques après compilation complémentaire. La différence d'échelle des cartes topographiques conduisant à des normes d'acquisition des données et des méthodes d'expression sur carte différentes, le logiciel CAO (MicroStation) a été appliqué pour la carte topographique au 1/5.000^e et le logiciel graphique Illustrator pour la carte topographique au 1/25.000^e. Alors que beaucoup des objets terrestres sont acquis tels quels et à leur position sur la carte au 1/5.000^e, la configuration et la position d'acquisition sont omises sur la carte au 1/25.000^e, et beaucoup d'objets terrestres étant symbolisés, la symbolisation avec Illustrator qui peut créer des couleurs plus variées et avoir une

supériorité en matière d'impression est efficace. Ces 2 logiciels permettant de tirer un maximum de l'efficacité des travaux et des effets du logiciel ont donc été utilisés pour les différentes échelles.

Le transfert de technologies a été réalisé pour la zone déterminée suite aux discussions avec l'IGEBU, sur les données de carte topographique après compilation complémentaire établies par l'IGEBU.

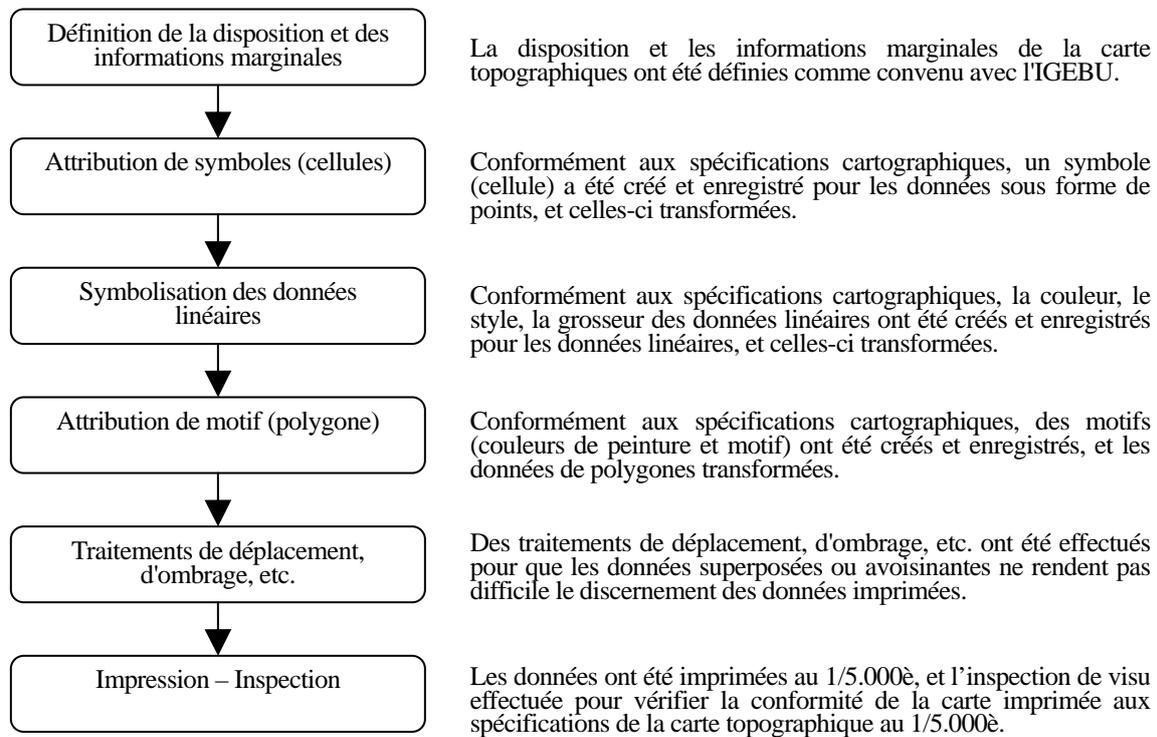


Figure. 21 Déroulement des travaux de symbolisation de la carte

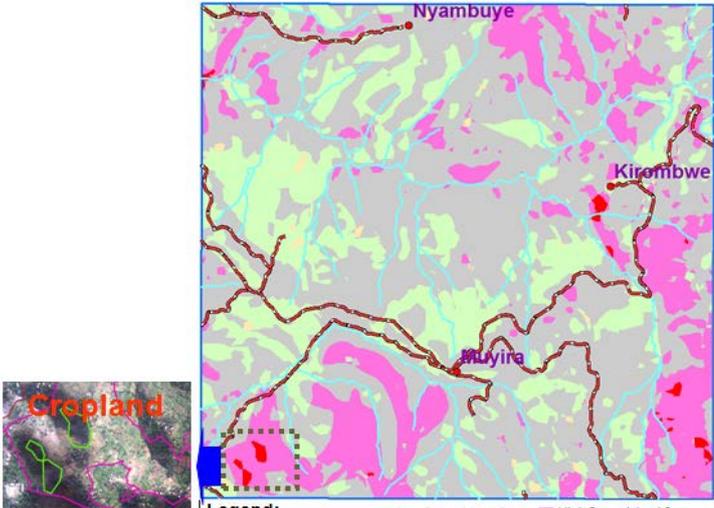
3-22. Création de modèles SIG (Travaux au Japon et au Burundi)

Les matériaux nécessaires à la création de 4 types de modèle SIG déterminés à partir des données de base SIG de la carte au 1/5.000è, des données de base SIG de la carte au 1/25.000è établies, et en tenant compte des problèmes de la partie burundaise, et des conditions réelles sur le terrain ont été recueillis.

Tableau. 8 Matériaux recueillis pour la création des modèles SIG

Matériaux	Organisme, associations fournisseurs	Modèle SIG
Carte géologique (au 1/50.000è)	Ministère de l'Énergie et des Mines	Mesures contre les glissements de terrain
Annuaire statistique 2009	Direction de la Statistique	Mesures contre les inondations Gestion des déchets Soins médicaux
Données des limites administratives burundaises	Mairie de Bujumbura	Mesures contre les inondations Gestion des déchets Soins médicaux
Liste des hôpitaux et postes de santé	Ministère de la Santé Publique	Soins médicaux
Carte des sols (au 1/50.000è)	Ministère de l'Agriculture	Mesures contre les glissements de terrain
Historique des niveaux du Lac Tanganyika	IGEBU	Mesures contre les inondations
Quantités des déchets provenant de ménages	Mairie de Bujumbura	Gestion des déchets

Les modèles d'application établis avec les 4 types de SIG élaborés à partir des matériaux collectés ci-dessus et des données des cartes topographiques sont présentés ci-dessous. Les modèles SIG créés dans cette étude ont été présentés dans le séminaire pour contribuer avec ces modèles à la présentation publique des données SIG et la diffusion des informations géographiques futures dans le pays.

<p>Mesures contre les inondations</p>	<p>L'analyse effectuée à partir des données chronologiques de niveau du Lac Tanganyika, des données de construction, ainsi que des données d'altitude permet de saisir les dégâts des inondations estimées suite à l'augmentation du niveau du Lac Tanganyika.</p>	<p>➤ Highest Water Level: 783.3m (In 1878)</p> <p>■ With Water Level up to 784.0m (10m rise than normal level), then</p>  <p>➤ 5,436 Large buildings and 2,341 Small building will be flooded.</p>
<p>Mesures contre les glissements de terrain</p>	<p>L'analyse des informations de pente établies à partir des données des sols, des données d'utilisation des terres et des données d'altitude permet de saisir les emplacements à haut risque de glissement de terrains et les emplacements où des mesures sont nécessaires d'urgence.</p>	<p>■ Potential Land Slide Area and in Existing Cultivation Areas</p>  <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> Low Potential to LS High Potential to LS Very Low Potential to LS Medium Potential to LS Very High Potential to LS

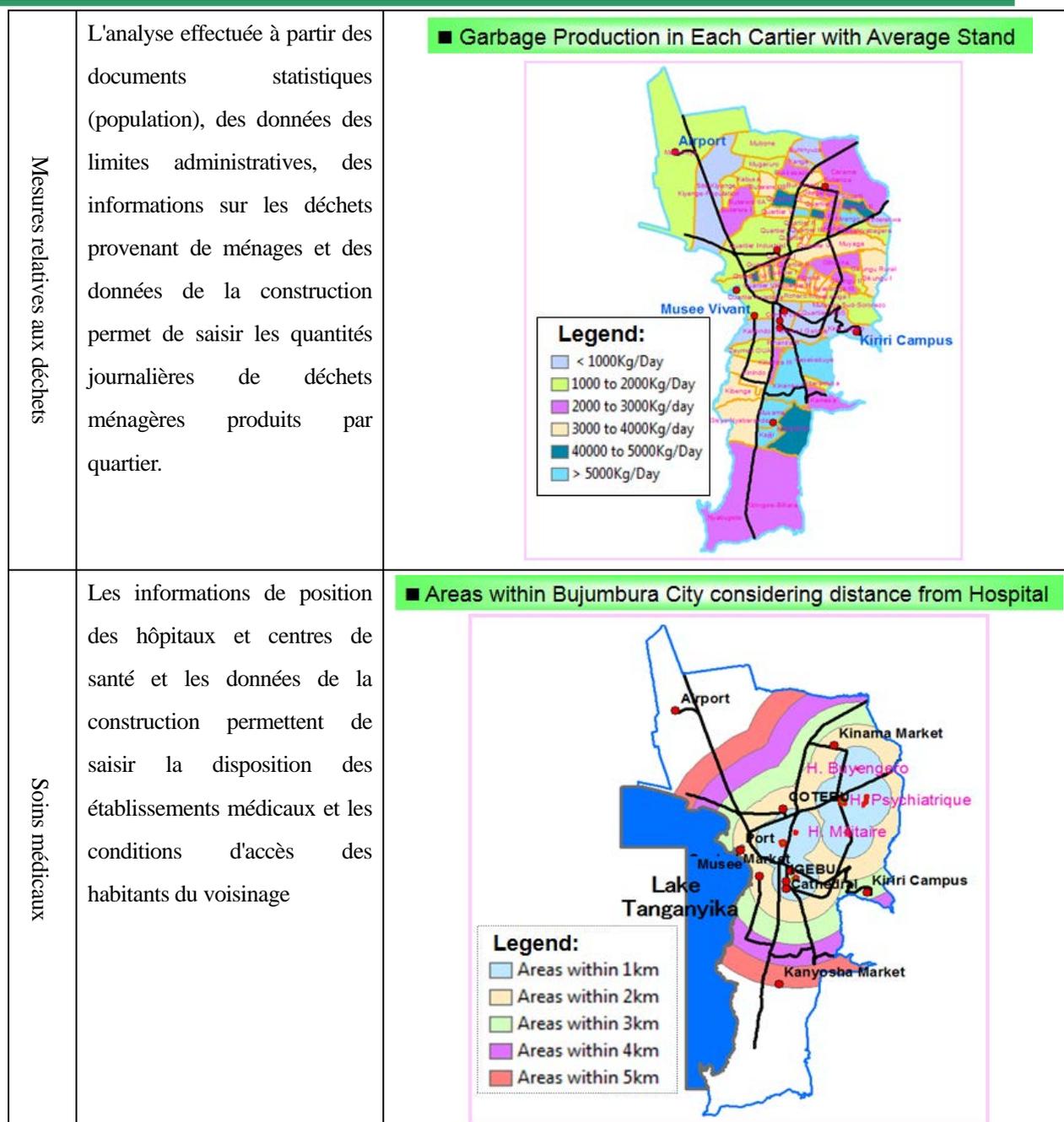


Figure. 22 Présentation générale des modèles SIG

3-23. Établissement de fichiers de données (Travaux au Japon et au Burundi)

Les données des cartes topographiques au 1/5.000^e et au 1/25.000^e établies, ainsi que les données de base SIG et des orthophotographies ont été formatées à un format adapté pour leur utilisation, et stockées sur le support de stockage le mieux approprié. Le changement de format a fait l'objet du transfert de technologies.

3-24. Établissement du projet de Rapport final (DF/R) (Travaux au Japon)

La synthèse des travaux réalisés jusque-là a été faite et le projet de Rapport final a été établi. Les manuels de travail établis au cours des travaux ont été aussi compilés. Toutefois, les manuels ont été séparés du rapport pour faciliter leur consultation.

3-25. Organisation d'un séminaire (Travaux au Burundi)

Un séminaire a été organisé le 14 février 2013 en vue de diffuser l'utilisation des cartes topographiques numériques et des données/informations géographiques SIG. 92 personnes de 23 associations y ont participé. Les organismes concernés ont posé des questions et donné leurs avis sur l'utilisation des données, les modèles SIG, etc. Après le séminaire, la cérémonie de présentation des produits a eu lieu en présence du 2^e vice-président du Burundi et de l'Ambassadeur du Japon au Kenya. Le vice-président a exprimé ses remerciements pour l'établissement des cartes topographiques numériques. Dans ses salutations, l'ambassadeur a mis l'accent sur le fait que les résultats de cette étude contribueraient au développement de l'infrastructure et à la réforme agraire au Burundi. Il a également insisté sur la nécessité des cartes topographiques.

Le séminaire et la cérémonie ont attiré de nombreux représentants des médias, et les événements de la journée ont été retransmis à la télévision et à la radio.

Le lendemain, ils ont été largement couverts par les journaux, ce qui a permis de faire connaître les grandes lignes de l'étude, ainsi que les résultats produits non seulement aux organismes concernés du Burundi, mais aussi aux populations de toutes les classes sociales. Les principales rubriques rapportées au séminaire ont été les suivantes.

- Explication des travaux de cette étude
- Explication des résultats acquis
- Explications sur la technologie numérique employée dans cette étude
- Présentation du mode d'utilisation des cartes topographiques numériques établies, des données de base SIG dans le cadre du système de modèles SIG
- Vision pour la construction d'un système relatif à l'utilisation et la diffusion des informations géographiques

Les participants au séminaire ont été les suivants.

Tableau. 9 Liste des participants au séminaire

	Appartenance	Nombre de personnes
1	Cabinet de Deuxieme Vice-président	2
2	Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement de territoire, de l'Urbanisme	10
3	Ministère de l'Interieur	1
4	Comite pilotage, Bureau de centralisation geomatique	2
5	Bureau des etudes strategiques, Presidence de la Republique	1
6	ISTEEBU(Institut de Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi)	1
7	Ministère de l'Agriculture et l'Elevage	1
8	Ministère de l'Energie et des Mines	1
9	Ministère des Travaux Publics et du Transport	1
10	Ministère des Affaires Etrangères	3
11	Mairie de Bujumbura	2
12	Province de Gitega	1
13	SETEMU(Régie des Services Techniques Municipaux)	3
14	REGIDESO (Régie de production et de distribution d'eau et d'électricité)	7
15	Université du Burundi	4
16	Cadastre national	3
17	Ambassade du Japon	2
18	JICA Kenya	1
19	JICA Burundi	6
20	JICA Rwanda	1
21	JICA Study Team	6
21	IGEBU	22
22	PROJET EUROSHA(EUROPEAN OPEN-SOURCE HUMANITARIAN AID VOLUNTEERS)	2
23	Média (5 entreprises incluant la station de télévision et de radio)	9
	Total	92

Tableau. 10 Questions-réponses dans le séminaire

Nom	Appartenance	Question et réponse
NIKOBAGOMBA Nestor	Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement de Territoire et de l'Urbanisme	1. Peut-on déjà obtenir les modèles SIG et les ortho-photos ? (réponse de M. Thomas, Directeur, Service de cartographie) : La méthode de fourniture est actuellement à l'étude. 2. Comment les échanges de données se feront-ils entre les utilisateurs potentiels ? (réponse de M. Thomas, Directeur, Service de cartographie) : A l'étude.
MINANI Bonaventure	SETEMU (Régie des Services Techniques Municipaux)	1. Quelle est la précision en position planimétrique de ces cartes ? (réponse, équipe d'étude JICA : 3 m pour la carte au 1/5.000 ^e et 15 m pour la carte au 1/25.000 ^e)
SINDAYIHEBURA Bernard	Université du Burundi	1. Quel est le système de coordonnées employé ? (réponse, M. Eugène, chef de la section Levés et nivellement) : Le système WGS84
NAHIMANA Louis	Université du Burundi	1. Quel est le nombre de couches ? (réponse, équipe d'étude JICA) : 170 2. Les cartes établies dans cette étude peuvent-elles être superposées à la carte au 1/50.000 ^e existante ? (réponse, équipe d'étude JICA) : Oui
NGENDAKURIYO Daniel	Université du Burundi	1. Pourquoi les directions des vols de prise des vues aériennes sont-elles différentes entre Bujumbura et Gitega ? (réponse, équipe d'étude JICA) : Comme il y a des montagnes aux environs de Bujumbura, il a été décidé d'utiliser des vols parallèles à ces montagnes. 2. Vous êtes-vous référés à la carte existante pour les données des courbes de niveau ? (réponse, équipe d'étude JICA) : Non
RASTRY Florent	Cellule de la surveillance centralisée de la cartographie informatique, Bureaux du 2 ^e Vice-président	1. Comment peut-on accéder à ces données ? (réponse de M. Thomas, Directeur, Service de cartographie) : A l'étude.
SINDAYIHEBURA Bernard	Université du Burundi	1. Vous êtes-vous référés aux données existantes pour l'établissement du modèle SIG des inondations ? (réponse, M. Eugène, chef de la section Levés et nivellement) : Oui



Figure. 23 Scène du séminaire

3-26. Explication et discussion sur le projet de Rapport final (DF/R) (Travaux au Burundi)

Le projet du Rapport final a été expliqué à l'IGEBU, et des discussions ont eu lieu concernant le contenu de l'étude sur l'établissement des cartes topographiques numériques (du début à la fin), les transferts de technologies, la symbolisation de cartes, etc. Le détail des discussions a été récapitulé en procès-verbal, qui a été signé par les deux parties (PV, Annexe 3).

3-27. Établissement du Rapport final (Travaux au Japon)

Après réception des commentaires de la partie burundaise sur le projet de Rapport final, les ajouts et modifications nécessaires y ont été apportés pour établir la version définitive du rapport.

4. Transfert de technologies

Dans cette étude, le transfert de technologies a porté sur la série des travaux relatifs à l'établissement de données de la carte topographique.

4-1. Transfert de technologies portant sur les levés des points de calage et le balisage des points

Le transfert de technologies portant sur les levés des points de calage et le balisage des points a été réalisé sur le tas en même temps que les travaux programmés.

4-1-1. Objectifs et points essentiels

Le transfert de technologies portant sur les levés des points de calage et le balisage des signes aériens a été réalisé en mettant l'accent sur les points essentiels ci-dessous.

Tableau. 11 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur les levés des points de calage et le balisage des signes aériens

Rubrique	Points essentiels	Effets apparus chez l'IGEBU
Reconnaissance sur le terrain, sélection des points, mise en place	Compréhension des bases des levés des points de contrôle	Application à d'autres activités
	Disposition des points conformément au programme de prise de vues	Application à d'autres activités
	Manipulation du GPS portable	Application à d'autres activités (Découverte et enregistrement d'objets terrestres au cours de l'identification sur le terrain)
	Sélection d'emplacements facilement identifiables sur les images	Application à d'autres activités (Renforcement des capacités de photo-interprétation etc.)
Observation GPS	Compréhension des levés des points de contrôle Manipulation des appareils GPS	Reconstruction du réseau de points de contrôle Promotion de l'utilisation des données GPS
Analyse GPS	Manipulation du logiciel d'analyse Compréhension des résultats de l'analyse	
Balisage des signes aériens	Compréhension de la prise de vues aériennes	Compréhension de la photo-interprétation Renforcement des capacités de photo-interprétation
	Sélection des matériaux de base	
	Sélection de la taille, de la forme et de la couleur	

4-1-2. Participants au transfert de technologies

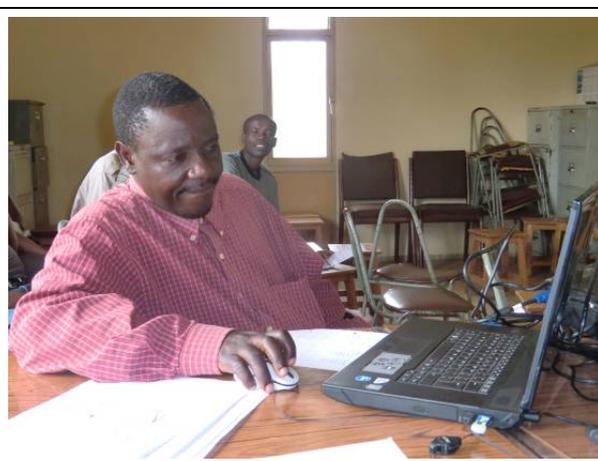
Suivant les conseils de l'équipe de l'étude, le transfert de technologies portant sur les levés GPS et le balisage des signes aériens a été réalisé vis-à-vis de 8 techniciens de levés de l'IGEBU et des assistants pour les levés recrutés sur place. 4 brigades des travaux ont été constituées, chacune composée de 2 techniciens de levés de l'IGEBU et de 2 assistants. Une formation à la manipulation du récepteur GPS a été effectuée vis-à-vis des techniciens de levés de l'IGEBU avant le commencement de l'observation GPS.

Lors de l'observation GPS, l'accent a été mis sur la manipulation de base des différents appareils, en plus des bases théoriques des «levés des points de contrôle» et de l'«analyse des levés GPS».

Tableau. 12 Participants au transfert de technologies

	Nom	Expérience des travaux concernés	Remarques
1	NIYUNGEKO Eugene	Non	Brigade 1
2	NKUNZIMANA Didace	Non	
3	SYORI Aloys	Non	Brigade 2
4	BARIVUMA Tharcisse	Non	
5	NSABIMANA Etienne	Non	Brigade 3
6	HAJAYANDI Gaspard	Non	
7	NTAKARATSA Apollinaire	Non	Brigade 4
8	NDAYISABA Elkana	Non	
9	BANZIRUMUHITO Léopold	Non	

Le transfert de technologies portant sur les généralités et la théorie GNSS (GPS) ainsi que la conversion des coordonnées a été réalisé en réponse à la demande de l'IGEBU. En plus des généralités des levés GNSS (GPS) récents utilisant des satellites artificiels, des cours concernant l'évolution historique des systèmes de coordonnées, le système de coordonnées des cartes existantes du Burundi, et les systèmes de coordonnées ordinaires récents ont été donnés par les membres de l'équipe de l'étude.



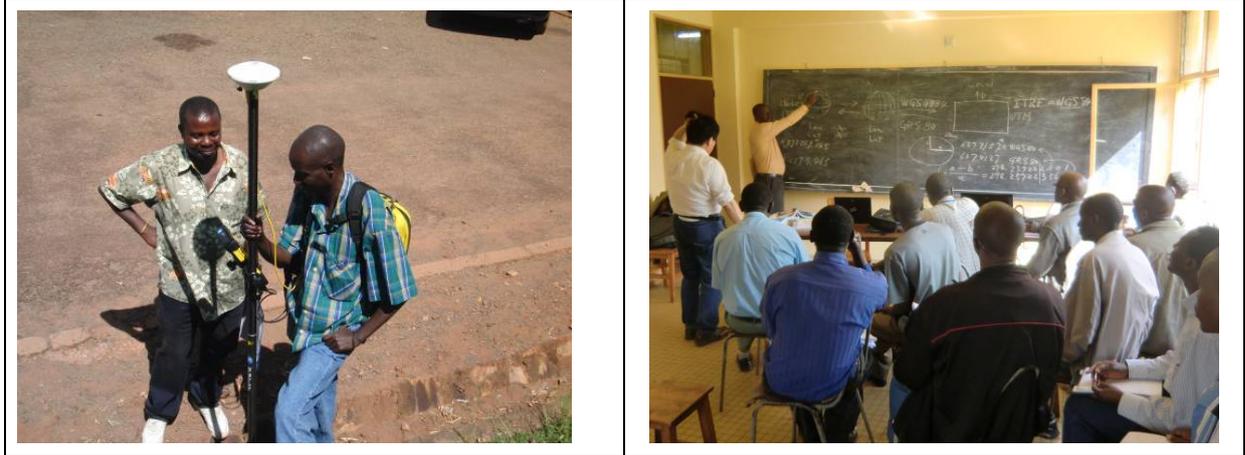


Figure. 24 Scènes du transfert de technologies relatif aux levés des points de calage

4-1-3. Résultats du transfert de technologies et effets apparus chez l'IGEBU et ses problèmes à résoudre

Après le retour au Japon des membres de l'équipe en charge une fois le transfert de technologies achevé, il nous a été rapporté que les employés de l'IGEBU utilisaient positivement eux-mêmes les équipements fournis pour d'autres activités, et que les contenus de leurs travaux autonomes, à savoir la définition du système de coordonnées, la mise en place des équipements, la technique d'observation et les résultats des analyses étaient tous bons.

Il a été vérifié que les employés de l'IGEBU pouvaient effectuer d'autres travaux que ceux enseignés de manière autonome avec les techniques transférées, ce qui permet de dire que le transfert de technologies de cette étude a atteint ses objectifs.

4-2. Transfert de technologies portant sur l'identification sur le terrain

4-2-1. Objectifs et points essentiels

Le transfert de technologies portant sur l'identification sur le terrain a été réalisé en mettant l'accent sur les points essentiels ci-dessous.

Tableau. 13 I Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur l'identification sur le terrain

Rubrique	Points essentiels	Effets apparus chez l'IGEBU
Prévision	Compréhension de l'identification sur le terrain Extraction des cibles de l'identification sur le terrain	Élaboration d'un plan d'opérations efficace Amélioration de la compréhension des rubriques cibles de l'étude
Identification sur le terrain	Manipulation du GPS portable Comparaison éléments sur le terrain et photos Amélioration de la capacité de photo-interprétation	Maîtrise d'une technique d'utilisation efficace du GPS portable Amélioration de la capacité d'interprétation spatiale Application à la restitution numérique
Classement des résultats de l'identification sur le terrain	Maîtrise d'une technique d'inspection et de classement des résultats de l'étude	Amélioration de la qualité

4-2-2. Participants au transfert de technologies

8 personnes sélectionnées côté IGEBU ont participé à l'identification sur le terrain. Les entretiens tenus avant les travaux ont révélé qu'un seul des participants avait l'expérience de ces travaux.

Tableau. 14 Participants au transfert de technologies

Nom		Expérience de l'identification sur le terrain	Remarques
1	NIYUNGEKO Eugene	Non	Brigade 1
2	KAZARI Zacharie	Non	
3	SYORI Aloys	Oui	Brigade 2
4	BARIVUMA Tharcisse	Non	
5	NSABIMANA Etienne	Non	Brigade 3
6	KAMANA Michel	Non	
7	NDAYISABA Elkana	Non	Brigade 4
8	HAYAYANA Gaspard	Non	

4-2-3. Résultats du transfert de technologies et effets apparus chez l'IGEBU et ses problèmes à résoudre

L'identification sur le terrain a été réalisée avec 4 brigades de 8 employés de l'IGEBU, et la formation sur le tas a été effectuée avec les membres de l'équipe de l'étude accompagnant une journée chaque brigade. Le degré de compréhension du contenu des travaux concernant l'identification sur le terrain des employés de l'IGEBU a été évalué selon le comportement sur le terrain des employés pendant la seconde moitié des travaux et lors de l'inspection du contenu des résultats de l'identification sur le terrain.

Des erreurs de numéro de code pour les rubriques de l'étude, des omissions, des erreurs de position sont apparues dans la première moitié de démarrage des travaux, mais au fur et à mesure des travaux, les instructions et les conseils donnés tous les jours par les membres de l'équipe de l'étude ont permis une augmentation du degré de compréhension des rubriques cibles de l'étude, et une diminution des omissions d'étude et des erreurs de position. Le comportement des employés n'a posé aucun problème : les conseils donnés par les membres de l'équipe ont été attentivement écoutés.

Les résultats ci-dessus nous permettent de juger que les 8 participants de cette fois-ci pourront rapidement effectuer les travaux de l'identification sur le terrain de manière autonome.



Figure. 25 Scènes du transfert de technologies relatif à l'identification sur le terrain (à gauche : Cours en salle, à droite : Comparaison de la position avec celle sur les photos)

4-3. Transfert de technologies portant sur l'aérotriangulation

4-3-1. Objectifs et points essentiels

Le transfert de technologies portant sur l'aérotriangulation a été réalisé en mettant l'accent sur les points essentiels ci-dessous.

Tableau. 15 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur l'aérotriangulation

Rubrique	Points essentiels	Effets apparus chez l'IGEBU
Aérotriangulation	Manipulation de l'ordinateur et du logiciel Compréhension du concept d'aérotriangulation numérique Compréhension de la méthode d'évaluation des résultats de l'aérotriangulation	Renforcement de l'efficacité, amélioration de la productivité et réduction des coûts par utilisation de la technologie numérique et la combinaison efficace du traitement automatique et du traitement interactif

4-3-2. Participants au transfert de technologies

La compréhension de la série des travaux concernant l'établissement de la carte topographique étant souhaitable pour les participants au transfert de technologies, 2 employés de l'IGEBU ayant participé à l'identification sur le terrain ont été sélectionnés par l'IGEBU pour la participation. Pour planifier efficacement le transfert de technologies, une enquête a été faite auprès des participants ci-dessous avant le transfert de technologies (voir l'Annexe pour les résultats de l'enquête).

Il en est ressorti que l'un des deux employés ci-dessous a de l'expérience en analogique, mais aucune expérience en numérique, ni en manipulation du logiciel de photogrammétrie utilisé pour ce transfert de technologies (LPS de la société ERDAS).

Tableau. 16 Participants au transfert de technologies

Nom	Expérience de l'aérotriangulation	Remarques
1 SYORI Aloys	Expérience en analogique	Pas d'expérience de l'aérotriangulation numérique, ni de la manipulation du logiciel concerné
2 KWITONDA Sosthène	Pas d'expérience théorique ni technique	

4-3-3. Résultats du transfert de technologies et effets apparus chez l'IGEBU et ses problèmes à résoudre

Suite au transfert de technologies, les employés de l'IGEBU sont arrivés à effectuer l'aérotriangulation eux-mêmes. Et les résultats ont été conformes aux spécifications pour l'établissement de la carte topographique au 1/5.000è.

Ce transfert de technologies a porté comme la méthodologie de l'ensemble de cette étude, sur l'aérotriangulation numérique, et l'IGEBU qui possède d'anciennes photos analogiques, a demandé s'il y a des possibilités d'en utiliser en tant que données dans l'avenir avec le traitement par l'appareil de restitution numérique. Pour cette raison, de courtes explications ont été données sur la technique d'aérotriangulation avec des photos analogiques. Vu les points ci-dessus, on peut dire que les employés de l'IGEBU ont atteint un niveau qui leur permettra dans l'avenir de réaliser un projet avec des vues aériennes analogiques et numériques. Il a été recommandé que les 2 employés formés dans ce transfert de technologies ne gardent pas pour eux seuls les connaissances et capacités acquises via le transfert de technologies, mais les mettent en commun avec d'autres employés (transfert de technologies interne), et améliorent encore leurs capacités par leurs études propres en vue d'améliorer la fonctionnalité de l'ensemble de l'IGEBU.



Figure. 26 Scènes du transfert de technologies portant sur l'aérotriangulation (à gauche : Cours de théorie, à droite : exercice pratique)

4-4. Transfert de technologies portant sur la restitution numérique

4-4-1. Objectifs et points essentiels

Le transfert de technologies portant sur la restitution numérique a été réalisé en mettant l'accent sur les points essentiels ci-dessous.

Tableau. 17 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur la restitution numérique

Rubrique	Points essentiels	Effets apparus chez l'IGEBU
Restitution numérique (carte au 1/5.000è) (carte au 1/25.000è)	Manipulation de l'ordinateur et du logiciel Manipulation de l'appareil de restitution numérique Amélioration des capacités de mesures en 3D Méthode d'acquisition des données conformément aux spécifications et à l'échelle	Renforcement de l'efficacité, amélioration de la productivité et réduction des coûts via la compréhension de la méthode d'acquisition efficace des données 2D et 3D et la méthode d'établissement de données

4-4-2. Participants au transfert de technologies

Les 2 employés de l'IGEBU ci-dessous ont participé au transfert de technologies. Les participants ont été sélectionnés par l'IGEBU parmi ses employés ayant participé à l'identification sur le terrain, comme pour le cas de l'aérotriangulation. Pour rendre ce transfert de technologies plus efficace, une enquête a été faite auprès des participants ci-dessous avant le transfert de technologies (voir l'Annexe pour les résultats de l'enquête).

Il en est ressorti que les 2 employés, comme montré dans le tableau ci-dessous, n'avaient aucune expérience de manipulation du logiciel de photogrammétrie (LPS de la société ERDAS) et du logiciel CAO (MicroStation de la société Bentley) utilisés pour ce transfert de technologies.

Tableau. 18 Participants au transfert de technologies

Nom	Expérience de la restitution numérique	Remarques
1 NDAYISABA Elkana	Non	Pas d'expérience de la manipulation de ce logiciel
2 HAJAYANDI Gaspard	Non	Avoir une bonne connaissance en informatique Pas d'expérience de la manipulation de ce logiciel

4-4-3. Résultats du transfert de technologies et effets apparus chez l'IGEBU et ses problèmes à résoudre

La manipulation de base du matériel et des logiciels, sur laquelle l'accent a été mis, a été acquise par les employés de l'IGEBU. Mais la souris spéciale (TopoMouse) utilisée pour la restitution numérique est pourvue de nombreux boutons pour renforcer l'efficacité des travaux. La vitesse des travaux augmente considérablement s'ils sont tous utilisés efficacement, mais le transfert de technologies dans le cadre de la présente formation a porté seulement sur les fonctions minimales nécessaires.

La capacité minimale nécessaire la plus importante pour les travaux de restitution numérique est les mesures précises des objets terrestres en 3D sur le modèle stéréo créé à partir de deux vues aériennes. Car, si la hauteur d'un objet terrestre, comme un bâtiment ou une route, n'est pas mesurée précisément en 3D, sa position planimétrique ne peut pas être mesurée précisément. Dans cette formation, on peut dire que les employés de l'IGEBU ont acquis des bases importantes parce qu'ils ont pu mesurer la hauteur correcte d'objets cibles en environnement 3D.

Les travaux de restitution d'1/5.000^e (env. 7 km²) de la ville de Gitega ont été effectués au cours des travaux pratiques du transfert de technologies portant sur la restitution numérique. Ainsi, il a fallu un certain temps, mais les stagiaires ont compris les méthodes d'acquisition variées selon les objets terrestres apparus. Vu ces résultats acquis, les travaux pratiques pour l'établissement des données au 1/25.000^e ont été réalisés simultanément, ce qui a permis le transfert de technologies contribuant à la compréhension des méthodes d'acquisition variées selon les échelles et les expressions utilisées.



Figure. 27 Scènes du transfert de technologies portant sur la restitution numérique (à gauche : conseils donnés par le membre de l'équipe de l'étude en charge, à droite : travaux pratiques par les employés de l'IGEBU)

4-5. Transfert de technologies portant sur le complètement sur le terrain

4-5-1. Objectifs et points essentiels

Le transfert de technologies portant sur le complètement sur le terrain a été réalisé en mettant l'accent sur les points essentiels ci-dessous.

Tableau. 19 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur le complètement sur le terrain

Rubrique	Points essentiels	Effets apparus chez l'IGEBU
Complètement sur le terrain	Compréhension des travaux du complètement sur le terrain Manipulation du GPS portable Comparaison éléments sur le terrain et carte topographique	Maîtrise des techniques relatives aux travaux Maîtrise d'une technique d'utilisation efficace du GPS portable Amélioration de la capacité d'interprétation de la carte topographique
Classement des résultats du complètement sur le terrain	Classement sur la carte	Amélioration de la qualité Application à la compilation complémentaire

4-5-2. Participants au transfert de technologies

Les participants au transfert de technologies ont été les 8 personnes (ou 9 personnes) ci-dessous sélectionnées par l'IGEBU. Les participants ont presque tous suivi l'identification sur le terrain.

Tableau. 20 Participants au transfert de technologies

Nom		Participation ou non à l'identification sur le terrain		Remarques
1	SYORI Aloys	Oui	Participation à la première moitié seulement	Brigade 1
2	KAMANA Michel	Oui	Participation à la seconde moitié seulement	
3	KWITONDA Sosthen	Non		
4	NIYUNGEKO Eugene	Oui		Brigade 2
5	SINZINKAYO Juvenal	Non		
6	NDAYISABA Elkana	Oui		Brigade 3
7	KABERA Gilbert	Non		
8	HAJAYANA Gaspard	Oui		Brigade 4
9	BARIVUMA Tharcisse	Oui		

4-5-3. Résultats du transfert de technologies et effets apparus chez l'IGEBU et ses problèmes à résoudre

Les travaux du complètement sur le terrain ne sont pas très différents des travaux de l'identification sur le terrain en ce qui concerne la méthodologie des travaux eux-mêmes. Les orthophotographies ont été utilisées pour l'identification sur le terrain, mais la carte topographique a été employée à la place pour le complètement sur le terrain.

Comme lors de l'identification sur le terrain, les membres de l'équipe de l'étude ont accompagné chaque brigade par jour et effectué la formation sur le tas. Leur degré de compréhension du contenu des travaux du complètement sur le terrain a été évalué par leur comportement sur le terrain dans la seconde moitié des travaux et lors de l'inspection du contenu des résultats du complètement sur le terrain.

Les participants ayant pratiquement tous suivi l'identification sur le terrain, il n'y a eu aucun problème pour le degré de compréhension du contenu des travaux. La comparaison avec la carte topographique a demandé un certain temps au début, mais cela s'est amélioré au fil et à mesure des travaux. Les travaux d'inspection et de classement leur ont aussi permis de comprendre ce à quoi il faut faire attention lors des travaux sur le terrain.



Figure. 28 Travaux du complètement sur le terrain (à gauche : briefing, à droite : formation conjointe)

4-6. Transfert de technologies portant sur la compilation numérique/compilation complémentaire

4-6-1. Objectifs et points essentiels

Le transfert de technologies portant sur la compilation numérique a été réalisé en mettant l'accent sur les points essentiels ci-dessous.

Tableau. 21 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur la compilation numérique

Rubrique	Points essentiels	Effets apparus chez l'IGEBU
Compilation numérique (carte au 1/5.000) (carte au 1/25.000)	Manipulation de l'ordinateur et du logiciel Compilation numérique des données restituées Nettoyage des données Production de données de polygone	Renforcement de l'efficacité, amélioration de la productivité et réduction des coûts par compréhension des diverses commandes pour la compilation numérique et compréhension de la combinaison recherche et correction d'erreurs automatique et interactive

4-6-2. Participants au transfert de technologies

Les 2 employés de l'IGEBU ci-dessous ont participé à ce transfert de technologies. Les participants ont été sélectionnés par l'IGEBU parmi ses employés ayant participé aux travaux de restitution, en vue d'approfondir la compréhension des personnes chargées de la restitution à l'égard des erreurs qui se sont souvent produites dans les travaux de restitution par corriger eux-mêmes ces erreurs, ainsi que pour leur faire réviser et mieux comprendre la manipulation du logiciel par le biais de la participation à la compilation numérique dans laquelle le même logiciel (MicroStation de Bentley) que la restitution numérique est utilisé. Pour planifier efficacement le transfert de technologies, une enquête a été faite auprès des participants ci-dessous avant le transfert de technologies (voir l'Annexe pour les résultats de l'enquête).

Il en a résulté que les 2 participants ont tous deux compris les fonctions de tracé de base à partir de la restitution numérique avec MicroStation, mais n'ont pratiquement pas compris les fonctions de compilation.

Tableau. 22 Participants au transfert de technologies

Nom		Expérience de la compilation numérique	Remarques
1	NDAYISABA Elkana	Non	Participation au transfert de technologies portant sur la restitution numérique
2	HAYAYANDI Gaspard	Non	

4-6-3. Résultats du transfert de technologies et effets apparus chez l'IGEBU et ses problèmes à résoudre

L'évaluation du transfert de technologies portant sur la compilation numérique a été faite comme suit sur la base des cartes au 1/5.000^e et au 1/25.000^e de la ville de Gitega dont les travaux de restitution ont été effectués par les homologues.

Au cours des exercices sur la carte topographique au 1/5.000^e, les homologues ont compris la compilation numérique de la carte au 1/5.000^e en corrigeant les points inutiles obtenus lors de la restitution numérique, les constructions et routes obtenues d'une forme trop détaillée pour la carte au 1/5.000^e, ce qui a leur permis la révision de la technique de restitution numérique mieux appropriée.

Au cours des exercices sur la carte topographique au 1/25.000^e, ils ont pu sélectionner les fonctions de compilation mieux appropriées tout en comprenant la différence d'échelle avec la carte au 1/5.000^e.

Quant au nettoyage des données et à la production du polygone, les exercices répétés de production de polygone à partir des données restituées des cartes au 1/5.000^e et au 1/25.000^e ont leur permis finalement l'établissement des données de polygone des limites administratives, sans aucune assistance des membres de l'équipe de l'étude.

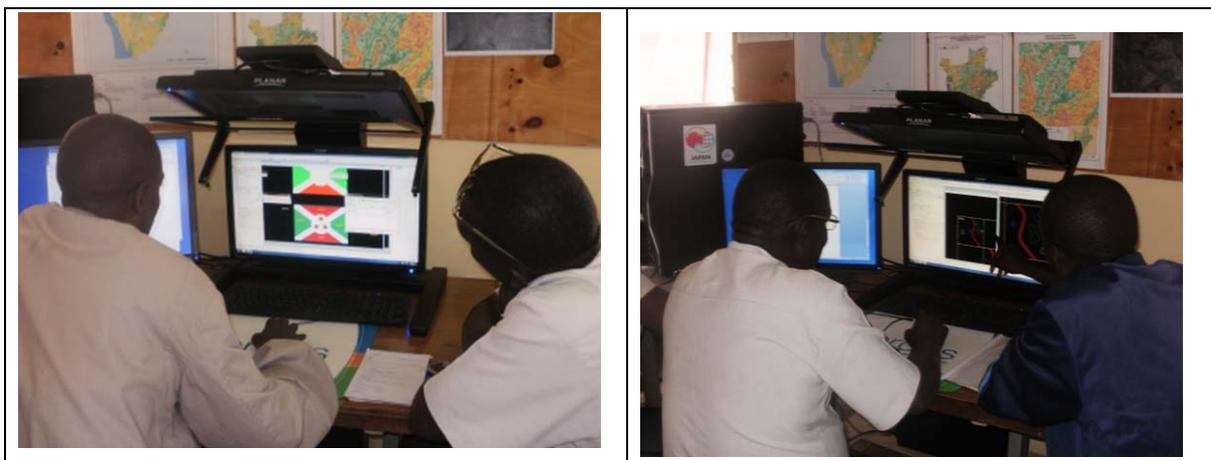


Figure. 29 Scènes du transfert de technologies portant sur la compilation numérique (à gauche : manipulation de base du logiciel, à droite : bases de la compilation numérique)

4-7. Transfert de technologies portant sur la symbolisation de la carte

4-7-1. Objectifs et points essentiels

Le transfert de technologies portant sur la symbolisation de la carte a été réalisé en mettant l'accent sur les points essentiels ci-dessous.

Tableau. 23 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur la symbolisation de la carte

Rubrique	Points essentiels	Effets apparus chez l'IGEBU
Symbolisation de la carte (carte au 1/5.000è)	Manipulation de l'ordinateur et du logiciel (MicroStation) Établissement de symboles de type (point, ligne, surface) Symbolisation des données pour l'impression de la carte au 1/5.000è	Compréhension de la symbolisation de la carte et de la carte topographique Amélioration des capacités d'établissement des données pour l'impression
Symbolisation de la carte (carte au 1/25.000è)	Manipulation du logiciel (Illustrator) Établissement de symboles de type (point, ligne, surface) Symbolisation des données pour l'impression de la carte au 1/25.000è	

4-7-2. Participants au transfert de technologies

Les 2 employés de l'IGEBU ci-dessous ont participé au transfert de technologies. Une enquête a été faite auprès des participants ci-dessous avant le transfert de technologies (voir l'Annexe pour les résultats de l'enquête).

Il a ainsi pu être vérifié que les 2 employés concernés n'ont aucune expérience de l'utilisation de MicroStation et Illustrator servant au transfert de technologies, et qu'ils ont compris le concept de la symbolisation parce qu'ils ont utilisé les symboles de carte lors de l'identification sur le terrain et du complètement sur le terrain.

Tableau. 24 Participants au transfert de technologies

Nom	Expérience de la symbolisation de la carte	Remarques
1 SYORI Aloys	Non	
2 KABERA Gilbert	Non	

4-7-3. Résultats du transfert de technologies et effets apparus chez l'IGEBU et ses problèmes à résoudre

L'évaluation du transfert de technologies suivante a été effectuée sur la base de la symbolisation de la carte effectuée par les homologues pour les cartes au 1/5.000è et au 1/25.000è de la ville de Gitega.

L'embarras, la confusion ont été visibles au commencement de la formation concernant l'emploi de logiciels

différents (MicroStation pour la carte au 1/5.000è, Illustrator pour la carte au 1/25.000è) pour la symbolisation de carte à des échelles différentes, mais par le biais du transfert de technologies de cette fois-ci, les stagiaires ont pu comprendre les avantages et les particularités de ces deux logiciels. La compréhension de la différence de l'expression cartographique selon l'échelle a aussi été approfondie.

L'un des 2 stagiaires a eu dans le passé l'expérience de l'utilisation d'un autre CAO que MicroStation, il a effectué les travaux précisément, en prenant des notes avec zèle et sans objections, sur les connaissances concernant les cartes, y compris la compréhension de la nécessité de la carte papier.

L'autre n'ayant pas l'expérience de la manipulation de l'ordinateur, la formation fondamentale a été nécessaire, mais il a attentivement pris de notes, répété les exercices et fait des progrès très rapidement. De plus, peut-être par son intérêt pour l'art, il a montré de grandes capacités dans les domaines exigeant une certaine « finesse », par exemple le déplacement de symbole, et a effectué des tâches monotones sans rien dire.

Les deux ayant montré une capacité d'application et des idées, sont prometteurs, ils pourront jouer un rôle essentiel dans les travaux de mise à jour et d'élaboration de nouvelles cartes qui suivent.



Figure. 30 Scènes du transfert de technologies portant sur la symbolisation de la carte (à gauche : bases de la symbolisation de la carte au 1/5.000è, à droite : symbolisation de la carte au 1/25.000è)

4-8. Transfert de technologies portant sur la structuration des données

4-8-1. Objectifs et points essentiels

Le transfert de technologies portant sur la structuration des données a été réalisé en mettant l'accent sur les points essentiels ci-dessous.

Tableau. 25 Effets et évaluation du transfert de technologies portant sur la structuration des données

Rubrique	Points essentiels	Effets apparus chez l'IGEBU
Définition de la structuration SIG Création de données de base SIG	Compréhension des généralités de SIG Manipulation du logiciel SIG (ArcGIS)	Promotion de la diffusion de SIG pour soutenir la planification des projets prioritaires dans le cadre du plan de développement national, et consolidation d'une base de subsistance de l'IGEBU
Création de modèles SIG	Utilisations de SIG	

4-8-2. Participants au transfert de technologies

5 employés de l'IGEBU ont participé au transfert de technologies. L'enquête réalisée auprès des participants ci-dessous avant le transfert de technologies (voir l'Annexe pour les résultats de l'enquête) a montré que 4 d'entre eux avaient déjà l'expérience de l'utilisation d'ArcGIS.

Tableau. 26 Participants au transfert de technologies

Nom	Service	Expérience de la structuration des données	Remarques
1 NTUMIGOMBA Protais	IGEBU Directeur	Non	Expérience de l'utilisation d'ArcGIS
2 NIYUNGEKO Eugene	IGEBU Planification urbaine	Non	Expérience de l'utilisation d'ArcGIS
3 BARIVUMA Tharcisse	IGEBU Géomètre - Topographe	Non	
4 NIBITEGUZA Sylvestre	IGEBU Photogrammètre	Non	Expérience de l'utilisation d'ArcGIS
5 MUCOMWIZA Jean-Marie	Bujumbura Mairie Chef Service informatique	Non	Expérience de l'utilisation d'ArcGIS

4-8-3. Résultats du transfert de technologies et effets apparus chez l'IGEBU et ses problèmes à résoudre

Les résultats concernant la structuration des données et la création de modèles ont été évalués comme suit.

Tous les stagiaires sont arrivés à effectuer les manipulations de base du logiciel, et ont atteint un niveau leur permettant d'effectuer à une vitesse convenable la structuration des données dont la compilation numérique avait été terminée et l'entrée des données. En ce qui concerne le concept de base de SIG et l'analyse des données dans SIG, des échanges de vues actifs ont eu lieu aux cours de discussions où les participants ont tous communiqué leurs avis entre eux, ce qui a permis une bonne compréhension.

Des données de présentation ont aussi été établies au cours de la formation pour les modèles SIG créés, et les stagiaires ont atteint un niveau leur permettant de faire la démonstration.



Figure. 31 Scènes du transfert de technologies portant sur la structuration des données